



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ (ΔΧΤ)

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Μαυρομιχάλης Αλέξανδρος - Α.Μ. 169477

«Ιδιοπαραγωγή, Ενεργειακός συμψηφισμός , Ταυτοχρονισμένος
Συμψηφισμός , Ευρωπαϊκές τάσεις. Οικονομική ανάλυση και σύγκριση
περιπτώσεων»

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Τσαγκαράκης

Β' Αξιολογητής: Γρηγόριος Παπαγεωργίου

Ιούνιος 2026

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εντάσσεται στο πεδίο της ιδιοπαραγωγής, του ενεργειακού συμψηφισμού και του ταυτοχρονισμένου συμψηφισμού, με έμφαση στις ευρωπαϊκές τάσεις και στην οικονομική σύγκριση εναλλακτικών περιπτώσεων. Στο τελικό ερευνητικό της μέρος εξετάζει την τεχνικοοικονομική αξιολόγηση φωτοβολταϊκού συστήματος αυτοκατανάλωσης σε περιβάλλον net billing. Η μετάβαση από το net metering στο net billing αλλάζει το κριτήριο σχεδιασμού, καθώς η αξία της παραγόμενης ενέργειας δεν εξαρτάται μόνο από το ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο αλλά και από τη χρονική σχέση παραγωγής, κατανάλωσης, αποθήκευσης και έγχυσης στο δίκτυο.

Η εφαρμογή βασίζεται σε μελέτη περίπτωσης κατοικίας στο Ωραιόκαστρο Θεσσαλονίκης. Η παραγωγή εκτιμάται με δεδομένα PVGIS, το κόστος επένδυσης τεκμηριώνεται από επιλογή εξοπλισμού, τιμές αγοράς και ανάλυση εργασιών, και η οικονομική αξιολόγηση υλοποιείται σε υπολογιστικό αρχείο ΔΕ-MAA-2026. Το μοντέλο οργανώνει διακριτά τα δεδομένα εισόδου, τους υπολογισμούς, τα αποτελέσματα και τα γραφήματα, ώστε να λειτουργεί ως εργαλείο αξιολόγησης και όχι μόνο ως βοηθητικό αρχείο.

Η εργασία εξετάζει τη βασική περίπτωση, σενάρια μπαταρίας, αναλύσεις ευαισθησίας και σύνθετα σενάρια που συνδυάζουν αύξηση κατανάλωσης και επιδότηση μπαταρίας. Οι κύριοι δείκτες αξιολόγησης είναι η καθαρή παρούσα αξία 25ετίας, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης, η απλή περίοδος αποπληρωμής και η προεξοφλημένη περίοδος αποπληρωμής. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η τιμή αγοράς kWh επηρεάζει έντονα τον DPP, επειδή καθορίζει την αξία της αυτοκατανάλωσης, ενώ το προεξοφλητικό επιτόκιο επηρεάζει περισσότερο το NPV 25ετίας.

Το βασικό συμπέρασμα είναι ότι στο net billing η εγκατεστημένη ισχύς δεν επιλέγεται ορθά μόνο με βάση την ετήσια κατανάλωση. Η βέλτιστη λύση προκύπτει από συνδυασμό τεχνικών και οικονομικών παραμέτρων, όπως ο ταυτοχρονισμός, η αποθήκευση, το CAPEX, η τιμή αγοράς, η αποζημίωση περίσσειας και ο διαθέσιμος χώρος εγκατάστασης.

Abstract

This thesis is positioned within the broader field of photovoltaic self-production, energy offsetting and net billing, with attention to European trends and the economic comparison of alternative cases. Its applied part investigates the techno-economic assessment of photovoltaic self-consumption under a net billing framework. The transition from net metering to net billing changes the design problem, because the economic value of photovoltaic generation depends on whether energy is consumed directly, stored, exported to the grid, or replaced by electricity purchased from the grid.

The applied analysis is based on a residential case study in Oreokastro, Thessaloniki. Photovoltaic generation is estimated through PVGIS data, investment cost is derived from equipment selection, market prices and work breakdown assumptions, and the financial assessment is implemented in the structured ΔE-MAA-2026 computational model. The model links energy flows, investment cost, annual benefits and financial indicators within a common assessment structure.

The study presents the base case, battery scenarios, sensitivity analyses and combined scenarios involving increased electricity consumption and battery subsidies. The main financial indicators are the 25-year net present value, internal rate of return, simple payback period and discounted payback period. The results indicate that the retail electricity price is a key driver of discounted payback, since it determines the value of each self-consumed kWh, while the discount rate has the strongest effect on long-term net present value.

The thesis concludes that net billing requires an optimization-oriented approach. Photovoltaic sizing should not be based only on annual consumption, but on the interaction between load profile, self-consumption, export compensation, storage, investment cost and spatial constraints.

Keywords: photovoltaic self-consumption, net billing, battery storage, load matching, discounted payback period, net present value, ΔE-MAA-2026 computational model.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ABSTRACT	3
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	8
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΑΦΕΤΗΡΙΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	10
1.2 ΑΠΟ ΤΟ NET METERING ΣΤΟ NET BILLING.....	11
1.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ, ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ	12
1.4 ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΙΣΜΟΣ, ΑΥΤΟΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ	14
1.5 ΣΚΟΠΟΣ, ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΟΜΗ	15
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	18
2.1 ΑΥΤΟΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ, ΑΥΤΟΕΠΑΡΚΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΦΟΡΤΙΟΥ	18
2.2 ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΦΒ–ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ.....	18
2.3 ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΤΟΝ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΙΣΜΕΝΟ ΣΥΜΨΗΦΙΣΜΟ.....	19
2.4 ΣΥΝΘΕΣΗ, ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΚΕΝΟ ΚΑΙ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	20
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	21
3.1 ΛΟΓΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΕ ΚΑΘΕΣΤΩΣ NET BILLING.....	21
3.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ.....	23
3.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ.....	26
3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕ-ΜΑΑ-2026.....	29
4. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	31
4.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ.....	31
4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΙΚΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	33
4.3 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ.....	35
4.3.1 Προεξοφλητικό επιτόκιο.....	36
4.3.2 Αρχικό κόστος ΦΒ / CAPEX.....	38
4.3.3 Τιμή αποζημίωσης περίσσειας kWh	40
4.3.4 Τιμή αγοράς kWh.....	41
4.3.5 Συντελεστής ταυτοχρονισμού.....	43

4.3.6 Σύγκριση παραγόντων ευαισθησίας	45
5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ.....	48
5.1 ΧΩΡΙΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑ.....	49
5.2 ΜΠΑΤΑΡΙΑ 2,5 kWh.....	51
5.3 ΜΠΑΤΑΡΙΑ 5 kWh	52
5.4 ΜΠΑΤΑΡΙΑ 7,5 kWh.....	54
5.5 ΜΠΑΤΑΡΙΑ 10 kWh.....	55
5.6 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	56
6. ΣΥΝΘΕΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	59
6.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	59
6.2 ΕΙΣΟΔΟΙ ΧΡΗΣΤΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ	59
6.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΩΝ.....	60
6.4 ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΥΛΛΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ.....	61
6.5 ΟΠΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	62
6.6 ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	63
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	64
7.1 ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	64
7.2 ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	65
7.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	65
7.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΈΡΕΥΝΑ.....	66
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	67
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΒΑΣΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ PVGIS.....	70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ, ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	71
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΦΥΛΛΟ	
ΙΓ_ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ_ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΤΟΥ ΔΕ-ΜΑΑ-2026	73
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ.....	74
<i>Παράρτημα Δ.1: Προεξοφλητικό επιτόκιο.....</i>	<i>74</i>
<i>Παράρτημα Δ.2: Αρχικό κόστος ΦΒ / CAPEX.....</i>	<i>74</i>
<i>Παράρτημα Δ.3: Τιμή αποζημίωσης περίσσειας kWh.....</i>	<i>75</i>
<i>Παράρτημα Δ.4: Τιμή αγοράς kWh.....</i>	<i>76</i>
<i>Παράρτημα Δ.5: Συντελεστής ταυτοχρονισμού</i>	<i>76</i>
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: ΠΛΗΡΕΙΣ ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ	78

Παράρτημα Ε.1: Χωρίς μπαταρία.....	78
Παράρτημα Ε.2: Μπαταρία 2,5 kWh.....	80
Παράρτημα Ε.3: Μπαταρία 5 kWh.....	82
Παράρτημα Ε.4: Μπαταρία 7,5 kWh.....	84
Παράρτημα Ε.5: Μπαταρία 10 kWh.....	87
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: ΣΥΝΘΕΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΦΒ, ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗΣ.....	89

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Βασικές συντομογραφίες της εργασίας.....	9
Πίνακας 2: Δεδομένα εισόδου και τεκμηρίωση παραδοχών.....	23
Πίνακας 3: Συνοπτική ροή φύλλων του ΔΕ-ΜΑΑ-2026.....	30
Πίνακας 4: Δεδομένα εισόδου βασικής περίπτωσης.....	32
Πίνακας 5: Σύνοψη τεκμηρίωσης κόστους από τα φύλλα εξοπλισμού, υλικών και εργασιών.....	32
Πίνακας 6: Μηνιαία αποτελέσματα της βασικής περίπτωσης.....	33
Πίνακας 7: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα βασικής περίπτωσης.....	34
Πίνακας 8: Παραδοχές αναλύσεων ευαισθησίας στο ΔΕ-ΜΑΑ-2026.....	36
Πίνακας 9: Βήματα υπολογισμού ευαισθησίας στο ΔΕ-ΜΑΑ-2026.....	36
Πίνακας 10: Σύγκριση παραγόντων ευαισθησίας.....	45
Πίνακας 11: Μηνιαία δεδομένα σεναρίου χωρίς μπαταρία.....	50
Πίνακας 12: Μηνιαία δεδομένα σεναρίου μπαταρίας 2,5 kWh.....	51
Πίνακας 13: Μηνιαία δεδομένα σεναρίου μπαταρίας 5 kWh.....	52
Πίνακας 14: Μηνιαία δεδομένα σεναρίου μπαταρίας 7,5 kWh.....	54
Πίνακας 15: Μηνιαία δεδομένα σεναρίου μπαταρίας 10 kWh.....	55
Πίνακας 16: Συνοπτικός πίνακας σεναρίων μπαταρίας.....	57
Πίνακας 17: Είσοδοι σύνθετων σεναρίων.....	60
Πίνακας 18: Επιλεγμένες σειρές DPP για το διάγραμμα σύνθετων σεναρίων.....	61

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Ροές ενέργειας και οικονομικής αξίας σε σύστημα net billing με μπαταρία.....	22
Σχήμα 2: Ηλιακό δυναμικό και ειδική παραγωγή ΦΒ στην Ελλάδα.....	25
Σχήμα 3: Μηνιαία παραγωγή, κατανάλωση και αυτοκατανάλωση στη βασική περίπτωση.....	34
Σχήμα 4: Εξέλιξη επένδυσης βάσης σε παρούσες αξίες.....	35
Σχήμα 5: DPP ανά προεξοφλητικό επιτόκιο.....	37
Σχήμα 6: Συντελεστής ευαισθησίας DPP ως προς το προεξοφλητικό επιτόκιο.....	38
Σχήμα 7: DPP ανά μεταβολή CAPEX.....	39
Σχήμα 8: Συντελεστής ευαισθησίας DPP ως προς το CAPEX.....	39
Σχήμα 9: DPP ανά μεταβολή τιμής αποζημίωσης περίσσειας kWh.....	40
Σχήμα 10: Συντελεστής ευαισθησίας DPP ως προς την αποζημίωση περίσσειας.....	41
Σχήμα 11: DPP ανά μεταβολή τιμής αγοράς kWh.....	42
Σχήμα 12: Συντελεστής ευαισθησίας DPP ως προς την τιμή αγοράς kWh.....	42
Σχήμα 13: DPP ανά μεταβολή ταυτοχρονισμού.....	43
Σχήμα 14: Συντελεστής ευαισθησίας DPP ως προς τον ταυτοχρονισμό.....	44
Σχήμα 15: Συγκριτικό εύρος μεταβολής DPP ανά παράγοντα ευαισθησίας.....	47
Σχήμα 16: Συντελεστής ευαισθησίας DPP ανά παράγοντα.....	47
Σχήμα 17: Μηνιαίες ροές ενέργειας σεναρίου Χωρίς μπαταρία.....	50
Σχήμα 18: Μηνιαίες ροές ενέργειας σεναρίου Μπαταρία 2,5 kWh.....	51
Σχήμα 19: Μηνιαίες ροές ενέργειας σεναρίου Μπαταρία 5 kWh.....	52
Σχήμα 20: Μηνιαίες ροές ενέργειας σεναρίου Μπαταρία 7,5 kWh.....	54
Σχήμα 21: Μηνιαίες ροές ενέργειας σεναρίου Μπαταρία 10 kWh.....	55
Σχήμα 22: Προεξοφλημένη περίοδος αποπληρωμής ανά σενάριο μπαταρίας.....	57
Σχήμα 23: Επιλεγμένες σειρές DPP για αύξηση κατανάλωσης και επιδότηση μπαταρίας.....	62

Συντομογραφίες

Πίνακας 1: Βασικές συντομογραφίες της εργασίας

Συντομογραφία	Επεξήγηση
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
CAPEX	Κεφαλαιουχική δαπάνη αρχικής επένδυσης
DPP	Προεξοφλημένη περίοδος αποπληρωμής
IRR	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης
NPV	Καθαρή παρούσα αξία
OPEX	Λειτουργικές δαπάνες
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System
SCR	Δείκτης αυτοκατανάλωσης
SSR	Δείκτης αυτοκάλυψης ή αυτάρκειας
WBS	Work Breakdown Structure για ανάλυση εργασιών

1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο και αφετηρία της εργασίας

Η εργασία εξετάζει την ιδιοπαραγωγή με φωτοβολταϊκό σύστημα σε καθεστώς net billing και τη συνδέει με μια συγκεκριμένη οικιακή εγκατάσταση. Το ενδιαφέρον δεν περιορίζεται στην ετήσια παραγωγή, αλλά επεκτείνεται στο πότε παράγεται η ενέργεια, ποιο μέρος της καταναλώνεται άμεσα και ποιο μέρος αποκτά μικρότερη οικονομική αξία ως περίσσεια.

Αφετηρία της ανάλυσης είναι η ανάγκη του μελετητή να εκτιμήσει την απόδοση μιας επένδυσης με πραγματικά τεχνικά και οικονομικά δεδομένα. Για αυτό εξετάζονται μαζί η παραγωγή, η κατανάλωση, η αυτοκατανάλωση, η αγορά από το δίκτυο, το CAPEX και οι δείκτες απόδοσης.

Η μελέτη περίπτωσης λειτουργεί ως βάση για την ανάπτυξη του ΔΕ-ΜΑΑ-2026. Από τη συγκεκριμένη κατοικία προκύπτουν οι παραδοχές κόστους, παραγωγής και κατανάλωσης, ενώ στη συνέχεια οι ίδιες σχέσεις χρησιμοποιούνται για ευαισθησίες, σενάρια μπαταρίας και σύνθετους συνδυασμούς παραμέτρων.

Σημασία και μέγεθος του προβλήματος. Η οικιακή φωτοβολταϊκή αυτοπαραγωγή αποτελεί σήμερα σημαντικό και ταχέως μεταβαλλόμενο τμήμα του ελληνικού ενεργειακού συστήματος. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών στη χώρα προσέγγισε τα 9,6–9,7 GW στο τέλος του 2024, με το ίδιο έτος να αποτελεί έτος-ρεκόρ, καθώς προστέθηκαν περίπου 2,57 GW νέας ισχύος έναντι περίπου 1,6 GW το 2023, σύμφωνα με στοιχεία του ΑΔΜΗΕ, του ΔΕΔΔΗΕ και του Συνδέσμου Εταιριών Φωτοβολταϊκών. Ειδικά τα συστήματα αυτοκατανάλωσης έφτασαν σωρευτικά περίπου τα 1,14 GW έως τα μέσα του 2026, μέγεθος που αντιστοιχεί σε δεκάδες χιλιάδες οικιακές και μικρές εγκαταστάσεις (Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, 2024· ΔΕΔΔΗΕ, 2024).

Για μια τυπική κατοικία, το μέγεθος της επένδυσης είναι της τάξης μερικών χιλιάδων ευρώ. Ένα οικιακό σύστημα ισχύος έως περίπου 10 kWp κοστίζει ενδεικτικά της τάξης των 13.000–15.000 € με ΦΠΑ σε ολοκληρωμένη εγκατάσταση, ενώ το ρυθμιστικό πλαίσιο (Ν. 4951/2022) οριοθετεί το ωφέλιμο μέγεθος για οικιακούς καταναλωτές. Η αποζημίωση

της πλεονάζουσας ενέργειας διαμορφωνόταν ιστορικά σε επίπεδο περίπου 65,74 €/MWh ($\approx 0,066$ €/kWh) και, με το ισχύον πλαίσιο, συνδέεται πλέον με τις τιμές της χονδρεμπορικής αγοράς. Επειδή η αυτοκαταναλισκόμενη και η εγγεόμενη kWh αποτιμώνται με διαφορετική τιμή, ο χρόνος απόσβεσης και η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στη σωστή διαστασιολόγηση και στον ταυτοχρονισμό (Ελληνική Δημοκρατία, 2022· Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2024).

Η μετάβαση στο net billing, υποχρεωτική για τις νέες αιτήσεις από τον Σεπτέμβριο του 2024, μετέβαλε αισθητά την εικόνα της αγοράς. Μετά την κορύφωση του 2024, η νέα ισχύς έργων αυτοπαραγωγής υποχώρησε από περίπου 373 MW το 2024 σε περίπου 265 MW το 2025 (μείωση της τάξης του 30%), ενώ οι νέες αιτήσεις μειώθηκαν περαιτέρω στις αρχές του 2026. Η επιβράδυνση αυτή αποδίδεται εν μέρει σε θεσμικές εκκρεμότητες, αλλά και στην αυξημένη πολυπλοκότητα της αξιολόγησης μιας επένδυσης υπό ταυτοχρονισμένο συμψηφισμό. Προκύπτει έτσι μια σαφής πρακτική ανάγκη: διαφανή και αξιόπιστα εργαλεία που να βοηθούν τον μελετητή και τον καταναλωτή να εκτιμούν ρεαλιστικά τη βιωσιμότητα της επένδυσης πριν την υλοποίηση (Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, 2024).

1.2 Από το net metering στο net billing

Η μετάβαση από τον ετήσιο συμψηφισμό προς τον ταυτοχρονισμένο συμψηφισμό μεταφέρει το βάρος από το συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο στη χρονική σύμπτωση παραγωγής και κατανάλωσης. Για τον αυτοπαραγωγό, αυτό σημαίνει ότι η αξία του ΦΒ δεν εξαρτάται μόνο από την ετήσια παραγωγή, αλλά και από το ποσοστό που καταναλώνεται επιτόπου ή μεταφέρεται μέσω αποθήκευσης.

Στην Ελλάδα, το πρόσφατο θεσμικό πλαίσιο για την αυτοκατανάλωση και το net billing οργανώνεται γύρω από τον ταυτοχρονισμένο συμψηφισμό, την αποζημίωση της πλεονάζουσας ενέργειας και τη δυνατότητα συνδυασμού με αποθήκευση, όπως αποτυπώνεται στη σχετική Υπουργική Απόφαση και στις ανακοινώσεις του ΔΕΔΔΗΕ (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2024; ΔΕΔΔΗΕ, 2024).

Στο net metering το βασικό κριτήριο σχεδιασμού ήταν συχνά η ετήσια ισορροπία παραγωγής και κατανάλωσης. Το δίκτυο λειτουργούσε ως μηχανισμός λογιστικής μεταφοράς ενέργειας, με αποτέλεσμα ο χρονισμός της κατανάλωσης να έχει μικρότερη οικονομική σημασία.

Στο net billing η αυτοκαταναλισκόμενη kWh έχει αξία ίση με την τιμή αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας που αποφεύγεται, ενώ η περίσσεια έχει αξία ίση με την τιμή αποζημίωσης. Επειδή οι δύο τιμές δεν είναι ίδιες, η διαστασιολόγηση λαμβάνει υπόψη τον ταυτοχρονισμό, την αποθήκευση, τη μετατόπιση φορτίων και το πραγματικό προφίλ χρήσης (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2024; Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, 2024).

Ιστορικά, η οικιακή φωτοβολταϊκή αυτοπαραγωγή αναπτύχθηκε αρχικά ως τρόπος μείωσης του ετήσιου λογαριασμού ηλεκτρικής ενέργειας. Η μείωση του κόστους ΦΒ, η ωρίμανση των inverter και η αύξηση της εμπειρίας εγκατάστασης έκαναν τις μικρές εφαρμογές πιο προσιτές.

Η μετάβαση προς το net billing αλλάζει το βασικό ερώτημα. Δεν αρκεί να γνωρίζουμε αν η ετήσια παραγωγή πλησιάζει την ετήσια κατανάλωση. Χρειάζεται να εξετάζεται ποια kWh καταναλώνεται άμεσα, ποια αποθηκεύεται και ποια εγχέεται στο δίκτυο με διαφορετική αποζημίωση.

Η αποθήκευση προσθέτει ένα δεύτερο επίπεδο σχεδιασμού. Μπορεί να αυξήσει την αξιοποίηση της παραγωγής, αλλά προσθέτει κόστος και περιορισμούς. Για τον λόγο αυτό η μπαταρία αξιολογείται ως τεχνικοοικονομική επιλογή και όχι ως αυτονόητη προσθήκη σε κάθε ΦΒ σύστημα.

1.3 Ιστορική διαδρομή, θεσμικό πλαίσιο και ευρωπαϊκές τάσεις

Η ιστορική διαδρομή των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα προηγείται του σημερινού net billing. Τα πρώτα θεσμικά βήματα για τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας εμφανίζονται ήδη από τη δεκαετία του 1980, ενώ ο Ν. 2244/1994 διαμόρφωσε σαφέστερο πλαίσιο για την ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ και για τη συμμετοχή ιδιωτικών μονάδων στην παραγωγή. Στη συνέχεια, ο Ν. 2773/1999 συνδέθηκε με την απελευθέρωση της αγοράς

ηλεκτρικής ενέργειας και άλλαξε σταδιακά το περιβάλλον μέσα στο οποίο αναπτύσσονται οι επενδύσεις ΑΠΕ (Ελληνική Δημοκρατία, 1985, 1994, 1999).

Η ουσιαστική επιτάχυνση της αγοράς ΦΒ συνδέθηκε με το πλαίσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, τα σχήματα στήριξης και την απλοποίηση διαδικασιών που ακολούθησε. Ο Ν. 3468/2006 αποτέλεσε βασικό σταθμό για την παραγωγή από ΑΠΕ, ενώ ο Ν. 3851/2010 ενίσχυσε την προτεραιότητα ανάπτυξής τους. Η γρήγορη αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος και η μείωση του κόστους τεχνολογίας οδήγησαν στη συνέχεια σε αναπροσαρμογές του μηχανισμού στήριξης, όπως αποτυπώθηκε και στον Ν. 4254/2014 (Ελληνική Δημοκρατία, 2006, 2010, 2014).

Για τις μικρές οικιακές εγκαταστάσεις, η επόμενη σημαντική φάση ήταν ο ενεργειακός συμψηφισμός. Το net metering συνέδεσε την παραγωγή του αυτοπαραγωγού με τον λογαριασμό ηλεκτρικής ενέργειας και έκανε πιο άμεση τη σχέση μεταξύ ετήσιας παραγωγής και ετήσιας κατανάλωσης. Η λογική αυτή ήταν χρήσιμη για την αρχική διάδοση της αυτοπαραγωγής, επειδή έδινε στον καταναλωτή έναν απλό τρόπο να αντιληφθεί το οικονομικό όφελος.

Το σημερινό πλαίσιο μεταφέρει το κέντρο βάρους στον ταυτοχρονισμό. Με το net billing δεν αρκεί να συγκριθεί η ετήσια παραγωγή με την ετήσια κατανάλωση. Χρειάζεται να εξεταστεί ποιο μέρος της παραγωγής καταναλώνεται την ώρα που παράγεται, ποιο μέρος αποθηκεύεται, ποιο μέρος εγχέεται στο δίκτυο και με ποια τιμή αποζημιώνεται. Η Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/93976/2772 και οι σχετικές ανακοινώσεις του ΔΕΔΔΗΕ καθορίζουν το πρακτικό πλαίσιο εφαρμογής για αυτοκατανάλωση, εικονικό συμψηφισμό και σχήματα με ή χωρίς αποθήκευση (ΔΕΔΔΗΕ, 2015, 2024; Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2024).

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η ίδια μετάβαση συνδέεται με την ενίσχυση των ενεργών καταναλωτών, των ενεργειακών κοινοτήτων και των σχημάτων αυτοκατανάλωσης. Οι οδηγίες για τις ΑΠΕ και την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας δεν αντιμετωπίζουν τον καταναλωτή μόνο ως παθητικό αγοραστή, αλλά ως μέρος ενός πιο αποκεντρωμένου ενεργειακού συστήματος (European Commission, 2022, 2026; European Parliament and Council of the European Union, 2018, 2019, 2023).

Για την παρούσα μελέτη, η ιστορική και θεσμική αυτή διαδρομή έχει άμεση μεθοδολογική σημασία. Η αξιολόγηση δεν περιορίζεται στην παραγωγή ενός ΦΒ συστήματος, αλλά εξετάζει την οικονομική αξία κάθε ενεργειακής ροής. Για αυτό το ΔΕ-ΜΑΑ-2026 οργανώνει διακριτά την άμεση αυτοκατανάλωση, την περίσσεια, την αξιοποίηση μπαταρίας, την αγορά από το δίκτυο και τους οικονομικούς δείκτες.

1.4 Ταυτοχρονισμός, αυτοκατανάλωση και αποθήκευση

Ο ταυτοχρονισμός περιγράφει τη χρονική σύμπτωση παραγωγής και κατανάλωσης. Όταν η παραγωγή καταναλώνεται άμεσα, μειώνει την αγορά ενέργειας από το δίκτυο και δημιουργεί όφελος με βάση την τιμή αγοράς kWh. Όταν η παραγωγή περισσεύει, αποζημιώνεται με διαφορετική τιμή και συνήθως χαμηλότερη αξία.

Η αυτοκατανάλωση δεν ταυτίζεται με την ετήσια παραγωγή του ΦΒ. Εκφράζει το μέρος της παραγωγής που αξιοποιείται επιτόπου, ενώ η αυτοεπάρκεια δείχνει ποιο μέρος της κατανάλωσης καλύπτεται από την τοπική παραγωγή. Η διάκριση αυτή είναι σημαντική, επειδή το οικονομικό αποτέλεσμα εξαρτάται από το αν η ενέργεια καταναλώνεται άμεσα, αποθηκεύεται, εγχέεται ως περίσσεια ή αντικαθιστά αγορά ενέργειας από το δίκτυο (Luthander et al., 2015).

Ο ταυτοχρονισμός εκφράζει τη σύμπτωση παραγωγής και κατανάλωσης. Σε μια κατοικία, η κατανάλωση μπορεί να είναι υψηλότερη νωρίς το πρωί ή το βράδυ, ενώ η ΦΒ παραγωγή κορυφώνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Όταν τα φορτία μετακινούνται σε ώρες παραγωγής ή όταν μέρος της παραγωγής αποθηκεύεται, αυξάνεται η ποσότητα ενέργειας που αποκτά αξία αυτοκατανάλωσης.

Η φυσική σημασία του ταυτοχρονισμού είναι ότι περιορίζει την ανάγκη αγοράς ενέργειας από το δίκτυο. Η οικονομική σημασία του είναι ότι κάθε kWh που καταναλώνεται επιτόπου αποφεύγει την τιμή αγοράς, ενώ κάθε kWh που εγχέεται ως περίσσεια αποζημιώνεται με χαμηλότερη ή διαφορετική αξία. Έτσι, ο ίδιος ετήσιος όγκος παραγωγής μπορεί να οδηγεί σε διαφορετική καθαρή παρούσα αξία.

Η διεθνής βιβλιογραφία δείχνει επίσης ότι η αποθήκευση μπορεί να αυξήσει την αυτοκατανάλωση, αλλά δεν αποτελεί αυτόματα οικονομικά βέλτιστη λύση. Το αποτέλεσμα εξαρτάται από το προφίλ φορτίου, το μέγεθος της μπαταρίας, την ισχύ του

ΦΒ και το κόστος του συστήματος. Για αυτό η παρούσα εργασία συνδέει τα ενεργειακά μεγέθη με δείκτες όπως CAPEX, NPV και DPP, ακολουθώντας τη λογική τεchnικοοικονομικής αξιολόγησης που συναντάται σε μελέτες διατάξεων ΦΒ-μπαταρίας (Lopes et al., 2016; Kosmadakis et al., 2021).

Ερευνητικό κενό και πρωτοτυπία. Η διεθνής βιβλιογραφία, όπως αναλύεται στο Κεφάλαιο 2, έχει εξετάσει εκτενώς την αυτοκατανάλωση, τη διαστασιολόγηση συστημάτων φωτοβολταϊκών-μπαταρίας και τη σύγκριση των καθεστώτων net metering και net billing, αναπτύσσοντας μεθοδολογίες αξιολόγησης με δείκτες όπως NPV, IRR, DPP και LCOE. Οι εργασίες αυτές είναι μεθοδολογικά ισχυρές, αλλά συχνά απαιτούν αναλυτικά ωριαία δεδομένα φορτίου και παραγωγής, αλγορίθμους βελτιστοποίησης ή εξειδικευμένο λογισμικό, στοιχεία που δεν είναι πάντοτε προσβάσιμα στον μεμονωμένο μελετητή που καλείται να αξιολογήσει γρήγορα μια συγκεκριμένη εγκατάσταση.

Παραμένει έτσι περιορισμένη η διαθεσιμότητα ενός διαφανούς, αναπαραγωγίμου και χαμηλού κόστους εισόδου εργαλείου, προσαρμοσμένου στο ελληνικό καθεστώς net billing, το οποίο να συνδέει σε κοινή βάση τις ενεργειακές ροές, το κόστος επένδυσης και τους οικονομικούς δείκτες, και να αξιολογεί από κοινού τη διαστασιολόγηση, την αποθήκευση, την ευαισθησία των παραμέτρων και σενάρια επιδότησης. Η πρωτοτυπία της παρούσας εργασίας έγκειται ακριβώς στην ανάπτυξη ενός τέτοιου εργαλείου, του ΔΕ-MAA-2026: ενός επαναχρησιμοποιήσιμου μοντέλου σε περιβάλλον λογιστικού φύλλου, στο οποίο ο χρήστης εισάγει τα δεδομένα μιας εγκατάστασης και λαμβάνει άμεσα συγκρίσιμα αποτελέσματα, με ενσωματωμένες αναλύσεις ευαισθησίας, σενάρια μπαταρίας με βελτιστοποίηση ισχύος και σύνθετα σενάρια. Η συμβολή δεν συνίσταται σε μια νέα θεωρία, αλλά στην αποτελεσματική οργάνωση και εφαρμογή γνωστών μεθόδων σε ένα πρακτικό εργαλείο αξιολόγησης επενδύσεων, προσαρμοσμένο στα ελληνικά δεδομένα.

1.5 Σκοπός, ερευνητικά ερωτήματα και δομή

Σκοπός της εργασίας είναι να συνδέσει το γενικό ερώτημα της βιωσιμότητας της ιδιοπαραγωγής σε περιβάλλον net billing με ένα εφαρμοσμένο πλαίσιο αξιολόγησης

έργου. Η ανάλυση συνδυάζει το θεσμικό πλαίσιο, τις τεχνικές παραδοχές, την αυτοκατανάλωση, την αποθήκευση και τους οικονομικούς δείκτες.

- Πώς επηρεάζει η μετάβαση από net metering σε net billing την οικονομική απόδοση μιας οικιακής ΦΒ εγκατάστασης;
- Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν περισσότερο τον DPP και ποιοι το NPV 25ετίας;
- Πώς μεταβάλλονται τα αποτελέσματα όταν συνδυάζονται ισχύς ΦΒ, μπαταρία, αύξηση κατανάλωσης και επιδότηση μπαταρίας;
- Πώς μπορεί το ΔΕ-ΜΑΑ-2026 να λειτουργήσει ως επαναχρησιμοποιήσιμο εργαλείο αξιολόγησης επενδύσεων;

Στόχοι της εργασίας. Ο κύριος στόχος είναι η ανάπτυξη και εφαρμογή ενός τεχνικοοικονομικού εργαλείου αξιολόγησης οικιακών φωτοβολταϊκών επενδύσεων υπό καθεστώς net billing. Οι επιμέρους στόχοι είναι:

- η ποσοτικοποίηση της οικονομικής απόδοσης μιας πραγματικής οικιακής εγκατάστασης με δείκτες CAPEX, NPV, IRR και DPP·
- ο εντοπισμός των παραμέτρων που επηρεάζουν περισσότερο την απόδοση, μέσω παραμετρικής ανάλυσης ευαισθησίας·
- η αξιολόγηση της σκοπιμότητας της αποθήκευσης και της βέλτιστης φωτοβολταϊκής ισχύος μέσω διακριτών σεναρίων·
- η ανάπτυξη ενός επαναχρησιμοποιήσιμου μοντέλου που να μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλες εγκαταστάσεις με διαφορετικά δεδομένα.

Αναμενόμενα αποτελέσματα. Τα αναμενόμενα αποτελέσματα είναι κυρίως ποιοτικά: μια τεκμηριωμένη εικόνα του πώς το καθεστώς net billing, ο ταυτοχρονισμός και η αποθήκευση διαμορφώνουν τη βιωσιμότητα της οικιακής αυτοπαραγωγής, καθώς και ένα λειτουργικό, ελεγμένο εργαλείο αξιολόγησης. Δεν επιδιώκεται η εξαγωγή καθολικά ισχυόντων αριθμητικών ορίων, αλλά η ανάδειξη των σχέσεων μεταξύ των βασικών παραμέτρων και του οικονομικού αποτελέσματος.

Αξιοποίηση αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα και το εργαλείο μπορούν να αξιοποιηθούν από μελετητές και εγκαταστάτες κατά την προμελέτη μιας επένδυσης, από καταναλωτές για την κατανόηση του πραγματικού οφέλους, και από ερευνητές ή φορείς ως βάση για περαιτέρω, πιο αναλυτική διερεύνηση.

Δομή της εργασίας. Η υπόλοιπη εργασία οργανώνεται ως εξής. Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση και προσδιορίζεται το ερευνητικό κενό. Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφεται η μεθοδολογία αξιολόγησης, τα δεδομένα εισόδου, οι οικονομικοί δείκτες και η δομή του ΔΕ-ΜΑΑ-2026. Στο Κεφάλαιο 4 εφαρμόζεται η μεθοδολογία στη μελέτη περίπτωσης και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βασικής περίπτωσης μαζί με τις αναλύσεις ευαισθησίας. Στο Κεφάλαιο 5 αξιολογούνται σενάρια μπαταρίας και φωτοβολταϊκής ισχύος. Στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζεται η λειτουργία των σύνθετων σεναρίων του εργαλείου. Στο Κεφάλαιο 7 συνοψίζονται τα συμπεράσματα και διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση. Στα Παραρτήματα παρατίθενται οι αναλυτικοί πίνακες και η τεκμηρίωση των παραδοχών.

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η ανασκόπηση εστιάζει στους άξονες που στηρίζουν τη μεθοδολογία της εργασίας: στην αυτοκατανάλωση και την αντιστοίχιση φορτίου, στην τεχνικοοικονομική αξιολόγηση και διαστασιολόγηση συστημάτων φωτοβολταϊκών–μπαταρίας, και στη μετάβαση από τον ενεργειακό στον ταυτοχρονισμένο συμψηφισμό. Αξιοποιούνται κατά κύριο λόγο δημοσιευμένες εργασίες σε επιστημονικά περιοδικά με κριτές, καθώς και το ισχύον θεσμικό πλαίσιο. Για κάθε εργασία καταγράφονται η συνεισφορά και οι περιορισμοί της, ώστε στο τέλος να προσδιοριστεί το ερευνητικό κενό που καλύπτει η παρούσα εργασία.

2.1 Αυτοκατανάλωση, αυτοεπάρκεια και αντιστοίχιση φορτίου

Η διάκριση μεταξύ αυτοκατανάλωσης (self-consumption) και αυτοεπάρκειας (self-sufficiency) αποτελεί θεμελιώδη έννοια για τον σχεδιασμό οικιακών φωτοβολταϊκών. Οι Luthander et al. (2015), σε ευρέως αναγνωρισμένη ανασκόπηση, ορίζουν τα δύο μεγέθη και δείχνουν ότι τόσο η αποθήκευση όσο και η διαχείριση ζήτησης μπορούν να αυξήσουν την αυτοκατανάλωση, με διαφορετική όμως οικονομική αποδοτικότητα κατά περίπτωση. Οι Lopes et al. (2016) αντιμετωπίζουν την αντιστοίχιση φορτίου (load matching) ως μηχανισμό βελτίωσης της αξιοποίησης της παραγόμενης ενέργειας, δείχνοντας ότι η χρονική σύμπτωση παραγωγής και κατανάλωσης καθορίζει το επιτεύξιμο όφελος.

Οι έννοιες αυτές είναι κεντρικές για την παρούσα εργασία, όπου η αυτοκατανάλωση και ο ταυτοχρονισμός συνδέονται ρητά με την οικονομική αξία κάθε ενεργειακής ροής. Η βιβλιογραφία συγκλίνει στους ορισμούς, αλλά η οικονομική τους μετάφραση υπό net billing—όπου η αυτοκαταναλισκόμενη και η εγχεόμενη kWh αποτιμώνται με διαφορετική τιμή—εξετάζεται λιγότερο συστηματικά.

2.2 Τεχνικοοικονομική αξιολόγηση και διαστασιολόγηση συστημάτων ΦΒ–μπαταρίας

Η οικονομική αξιολόγηση συστημάτων φωτοβολταϊκών–μπαταρίας στηρίζεται σε κοινούς δείκτες απόδοσης. Οι Kosmadakis et al. (2021) συγκρίνουν έξι διαφορετικές διατάξεις φωτοβολταϊκών–μπαταρίας ως προς το μοναδιαίο κόστος ενέργειας, παρέχοντας

μεθοδολογική βάση για τη σύγκριση εναλλακτικών τεχνικών διαμορφώσεων με κοινά οικονομικά μεγέθη.

Ιδιαίτερα κοντά στην παρούσα εργασία βρίσκεται ο Chatzigeorgiou (2023), ο οποίος προτείνει ολιστική μεθοδολογία διαστασιολόγησης οικιακών συστημάτων φωτοβολταϊκών-μπαταρίας στη μεσογειακή περιοχή, αξιολογώντας τις λύσεις με τους ίδιους ακριβώς δείκτες που χρησιμοποιεί και η παρούσα εργασία (αυτοκατανάλωση, αυτοεπάρκεια, NPV, IRR, DPP, LCOE). Καταλήγει ότι η λιανική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας και η κατηγορία κατανάλωσης αποτελούν τους πιο καθοριστικούς παράγοντες. Οι εργασίες αυτές είναι μεθοδολογικά ισχυρές, αλλά συχνά απαιτούν αναλυτικά δεδομένα ή εξειδικευμένο υπολογιστικό περιβάλλον, στοιχείο που περιορίζει την άμεση χρήση τους από τον μεμονωμένο μελετητή.

2.3 Από τον ενεργειακό στον ταυτοχρονισμένο συμψηφισμό

Η μετάβαση από το net metering στο net billing μεταθέτει το κριτήριο σχεδιασμού από το ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο στη χρονική σύμπτωση παραγωγής και κατανάλωσης. Οι Fuster-Palop et al. (2023) αναπτύσσουν τεchnικοοικονομικό μοντέλο για μεσογειακό δήμο και συγκρίνουν την αυτοεπάρκεια υπό net metering και net billing, καταγράφοντας δυναμικό αυτοεπάρκειας μεταξύ 21,9% και 42,5% και εισάγοντας συντελεστή που ποσοτικοποιεί τη χρονική ευθυγράμμιση φορτίου και παραγωγής. Βασικό τους συμπέρασμα είναι ότι στο net billing η ορθή διαστασιολόγηση είναι κρίσιμη για ανταγωνιστικές αποδόσεις.

Σε επίπεδο πολιτικής, η ίδια μετάβαση συνδέεται με την ενίσχυση των ενεργών καταναλωτών, όπως αποτυπώνεται στις ευρωπαϊκές οδηγίες για τις ανανεώσιμες πηγές και την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (European Parliament and Council of the European Union, 2018, 2019, 2023) και στις διεθνείς τάσεις ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών (International Energy Agency, 2024· International Renewable Energy Agency, 2024). Στην Ελλάδα, το πλαίσιο διαμορφώνεται από τον Ν. 4951/2022, τη σχετική Υπουργική Απόφαση και τις ανακοινώσεις του ΔΕΔΔΗΕ (Ελληνική Δημοκρατία, 2022· Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2024· ΔΕΔΔΗΕ, 2024).

2.4 Σύνθεση, ερευνητικό κενό και θέση της παρούσας εργασίας

Από τη συνολική ανασκόπηση προκύπτει ότι το net billing μετατοπίζει το κέντρο βάρους στη χρονική αντιστοίχιση παραγωγής και κατανάλωσης, ότι η αποθήκευση αυξάνει την αξιοποίηση της παραγωγής χωρίς να είναι αυτόματα οικονομικά βέλτιστη, και ότι το αποτέλεσμα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στις τιμές ενέργειας, στο κόστος κεφαλαίου και στο πλαίσιο κινήτρων. Παράλληλα, οι ακριβέστερες μεθοδολογίες απαιτούν συχνά αναλυτικά δεδομένα και εξειδικευμένο λογισμικό.

Το ερευνητικό κενό που προκύπτει είναι η απουσία ενός διαφανούς, αναπαραγώγιμου και χαμηλού κόστους εισόδου εργαλείου τεχνικοοικονομικής αξιολόγησης, προσαρμοσμένου στο ελληνικό καθεστώς net billing, το οποίο ο μεμονωμένος μελετητής να μπορεί να χρησιμοποιήσει με ευρέως διαθέσιμα δεδομένα. Η παρούσα εργασία τοποθετείται σε αυτό το κενό: το υπολογιστικό αρχείο ΔΕ-ΜΑΑ-2026 συνδέει σε κοινή βάση τις ενεργειακές ροές, το κόστος και τους οικονομικούς δείκτες, και επιτρέπει την από κοινού αξιολόγηση της διαστασιολόγησης, της αποθήκευσης, της ευαισθησίας των παραμέτρων και σεναρίων επιδότησης, διατηρώντας τη μεθοδολογική λογική της βιβλιογραφίας.

3. Μεθοδολογία της έρευνας

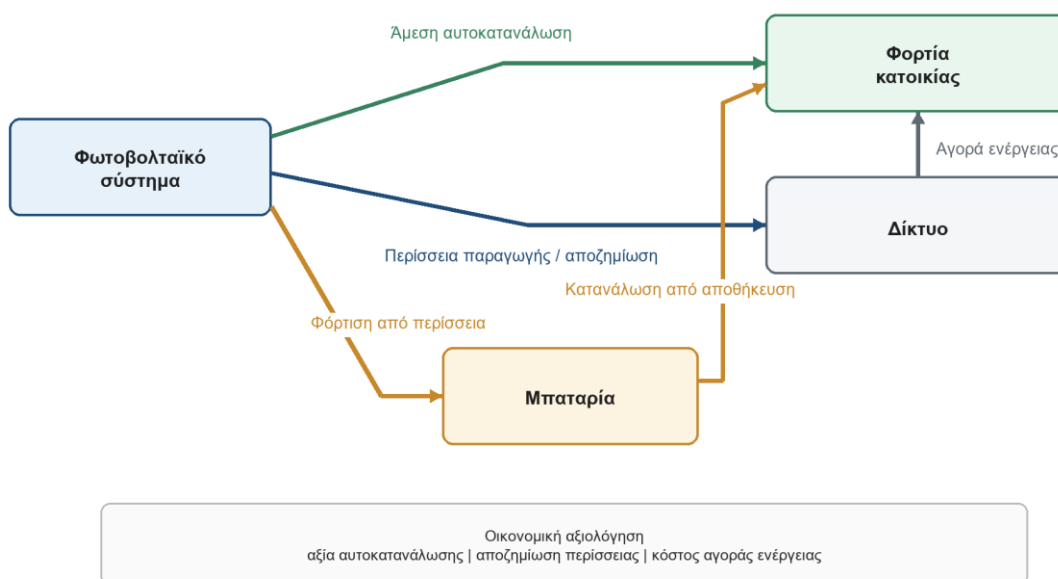
3.1 Λογική αξιολόγησης σε καθεστώς net billing

Η μεθοδολογία της παρούσας εργασίας αντιμετωπίζει το net billing ως πρόβλημα σύγκρισης ενεργειακών μεγεθών και χρηματοροών. Η παραγωγή από ΦΒ, η άμεση αυτοκατανάλωση, η αγορά από το δίκτυο, η περίσσεια και η πιθανή αποθήκευση αποτιμώνται οικονομικά και αξιολογούνται με κοινά κριτήρια.

Η μεθοδολογία οργανώνεται γύρω από την τεχνικοοικονομική προσομοίωση μιας πραγματικής περίπτωσης και την επέκτασή της σε εναλλακτικά σενάρια. Η κρίσιμη διαφορά του net billing είναι ότι το ετήσιο ισοζύγιο δεν αρκεί: για κάθε σενάριο υπολογίζεται ποια ενέργεια αυτοκαταναλώνεται, ποια αγοράζεται από το δίκτυο και ποια εγχέεται.

1. Καθορισμός βασικής περίπτωσης και τεχνικών δεδομένων εγκατάστασης.
2. Εκτίμηση παραγωγής με την πλατφόρμα PVGIS και το σχετικό εγχειρίδιο του JRC για τη θέση της εγκατάστασης (European Commission, Joint Research Centre, 2024).
3. Ανάλυση κόστους υλικών και εργασιών από το μονογραμμικό, τις τιμές αγοράς και το WBS.
4. Υπολογισμός ενεργειακών ροών, αυτοκατανάλωσης, περίσσειας και αγοράς από δίκτυο.
5. Υπολογισμός οικονομικών δεικτών και αναλύσεων ευαισθησίας.
6. Σύγκριση σύνθετων σεναρίων ΦΒ, μπαταρίας, κατανάλωσης και επιδότησης.

Η μεθοδολογία ξεκινά από την κατανομή της παραγόμενης ενέργειας. Για κάθε μήνα, η παραγωγή ΦΒ διακρίνεται σε άμεση αυτοκατανάλωση, ενέργεια που μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω μπαταρίας, περίσσεια προς το δίκτυο και υπολειπόμενη αγορά από το δίκτυο. Κάθε κατηγορία έχει διαφορετική οικονομική αξία.

Ροές ενέργειας και οικονομικής αξίας σε σύστημα net billing**Σχήμα 1: Ροές ενέργειας και οικονομικής αξίας σε σύστημα net billing με μπαταρία.**

Η σύγκριση των σεναρίων γίνεται με κοινά κριτήρια. Κάθε τεχνική επιλογή μεταφράζεται σε CAPEX, ετήσια χρηματοροή, NPV, IRR, PBP και DPP. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η σύγκριση μόνο με βάση την ενεργειακή αυτάρκεια ή μόνο με βάση το αρχικό κόστος. Ένα σενάριο μπορεί να έχει υψηλότερη αυτοκατανάλωση αλλά χαμηλότερη οικονομική αποδοτικότητα, αν το πρόσθετο κόστος δεν αντισταθμίζεται.

Η χρήση παρούσας αξίας είναι κρίσιμη, επειδή τα οφέλη της επένδυσης κατανέμονται σε μεγάλο χρονικό ορίζοντα. Η οικονομική αξιολόγηση δεν συγκρίνει άμεσα σημερινό κόστος με μελλοντικά ποσά στην ονομαστική τους τιμή, αλλά προεξοφλεί τις χρηματοροές. Έτσι λαμβάνεται υπόψη ότι ένα μελλοντικό όφελος έχει μικρότερη αξία από ένα άμεσο όφελος.

Η ανάλυση ευαισθησίας οργανώνεται ως μονοπαραμετρική μεταβολή. Κάθε φορά μεταβάλλεται ένας παράγοντας και οι υπόλοιπες παραδοχές διατηρούνται σταθερές. Αυτή η επιλογή επιτρέπει να απομονωθεί η επίδραση του κάθε παράγοντα στον DPP και στο NPV, χωρίς να μπερδεύεται με ταυτόχρονες αλλαγές άλλων παραμέτρων.

3.2 Δεδομένα εισόδου και τεκμηρίωση κόστους

Τα δεδομένα εισόδου οργανώνονται σε ενεργειακά, τεχνικά και οικονομικά μεγέθη. Η παραγωγή και η κατανάλωση καθορίζουν το ενεργειακό ισοζύγιο, η διαστασιολόγηση καθορίζει το μέγεθος του συστήματος, ενώ το κόστος επένδυσης και οι τιμές kWh καθορίζουν τις χρηματοροές.

Για τα ημερομίσθια και τις εργοδοτικές επιβαρύνσεις, το κατώτατο επίπεδο τεκμηρίωσης προέρχεται από τις επίσημες πληροφορίες του Υπουργείου Εργασίας και Κοινωνικής Ασφάλισης για μισθούς, ημερομίσθια και ασφαλιστικές εισφορές (Υπουργείο Εργασίας και Κοινωνικής Ασφάλισης, 2026). Όταν απαιτείται τεχνικό ημερομίσθιο αγοράς, η τιμή υποστηρίζεται από προσφορές συνεργείων ή συγκριτικές τιμές αγοράς.

Πίνακας 2: Δεδομένα εισόδου και τεκμηρίωση παραδοχών

Κατηγορία δεδομένων	Πηγή τεκμηρίωσης	Χρήση στο μοντέλο
Παραγωγή ΦΒ	PVGIS/JRC για θέση, κλίση και προσανατολισμό	Ετήσια παραγωγή ανά kWp και σενάριο ισχύος
Κατανάλωση	Προφίλ κατοικίας και παραμετροποίηση αύξησης φορτίου	Αυτοκατανάλωση, αγορά από δίκτυο και SSR
Υλικά	Τιμές αγοράς, προσφορές, φύλλο Υλικά	CAPEX ΦΒ, CAPEX μπαταρίας, τεχνικές εναλλακτικές
Εργασίες	WBS, ημερομίσθια, εισφορές	Κόστος εγκατάστασης και συνολικό CAPEX
Τιμές kWh	Τιμή αγοράς και αποζημίωση περίσσειας	Ετήσια χρηματοροή, NPV, IRR, DPP
Χρηματοοικονομικά	Ορίζοντας 25ετίας και προεξοφλητικό επιτόκιο	Σύγκριση βάσης και ευαισθησίας

Η τεκμηρίωση των δεδομένων εισόδου διακρίνει μεταξύ τεχνικών, οικονομικών και θεσμικών παραδοχών. Τεχνικά δεδομένα είναι η ισχύς ΦΒ, η μηνιαία παραγωγή, η κατανάλωση, ο ταυτοχρονισμός και η χωρητικότητα μπαταρίας. Οικονομικά δεδομένα

είναι το CAPEX, η τιμή αγοράς kWh, η αποζημίωση περίσσειας και το προεξοφλητικό επιτόκιο.

Η παραγωγή ΦΒ προκύπτει από την πλατφόρμα PVGIS και το σχετικό εγχειρίδιο του JRC για τη θέση της εγκατάστασης (European Commission, Joint Research Centre, 2024). Έτσι η εκτίμηση παραγωγής συνδέεται με συγκεκριμένη γεωγραφική θέση, κλίση, προσανατολισμό και τεχνική διαμόρφωση, αντί να βασίζεται σε γενική παραδοχή παραγωγής ανά kWp.

Η θέση της κατοικίας εξετάζεται μέσα στο ευρύτερο ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας. Οι χάρτες PVGIS/JRC και Global Solar Atlas 2.0 δείχνουν ότι η ειδική παραγωγή ΦΒ διαφέρει γεωγραφικά, με υψηλότερες τιμές στη νότια και νησιωτική χώρα και χαμηλότερες, αλλά επαρκείς για οικιακές εφαρμογές, τιμές στη βόρεια Ελλάδα. Για αυτό η εργασία δεν χρησιμοποιεί έναν γενικό εθνικό μέσο όρο, αλλά παραγωγή υπολογισμένη για τη συγκεκριμένη θέση του Ωραιοκάστρου.

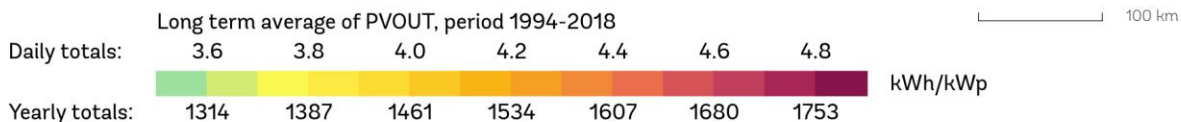
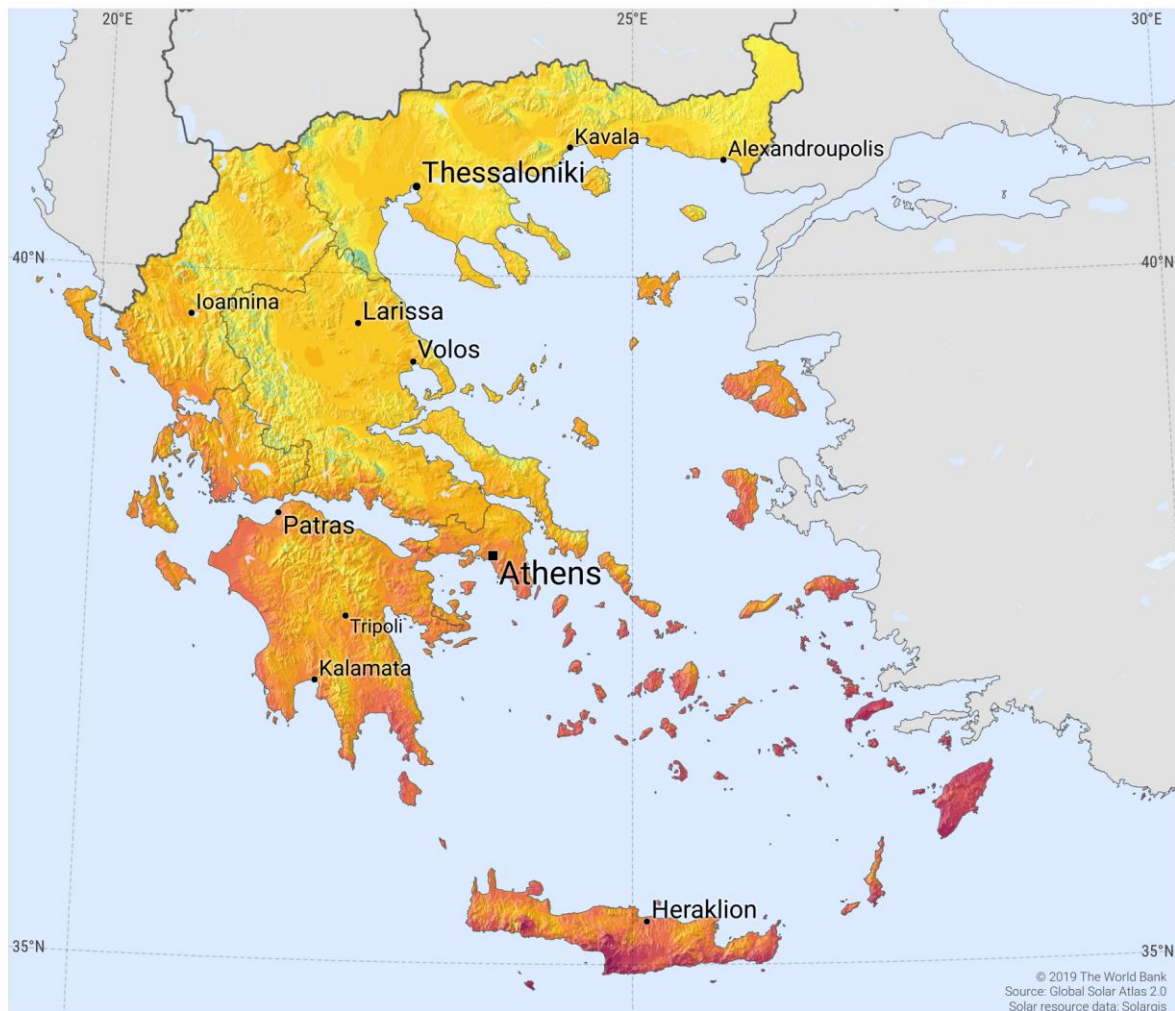
SOLAR RESOURCE MAP

PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL GREECE



ESMAP

SOLARGIS



This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit <http://globalsolaratlas.info>.

Σχήμα 2: Ηλιακό δυναμικό και ειδική παραγωγή ΦΒ στην Ελλάδα.

Πηγή: Global Solar Atlas 2.0, © The World Bank / ESMAP, δεδομένα ηλιακού πόρου: Solargis..

Η κατανάλωση της βασικής περίπτωσης χρησιμοποιείται ως φορτίο αναφοράς για όλες τις επόμενες συγκρίσεις. Η σημασία της δεν περιορίζεται στην ετήσια τιμή, επειδή η εποχικότητα επηρεάζει τον ταυτοχρονισμό. Για παράδειγμα, υψηλότερη κατανάλωση σε

μήνες χαμηλής παραγωγής μπορεί να αυξήσει την αγορά από το δίκτυο, ακόμη και αν η ετήσια παραγωγή φαίνεται επαρκής.

Το CAPEX τεκμηριώνεται από τον εξοπλισμό, τα υλικά και τις εργασίες. Η χρήση αναλυτικής δομής κόστους είναι σημαντική επειδή το αρχικό κόστος εμφανίζεται ως ένας από τους πιο κρίσιμους παράγοντες για τον χρόνο αποπληρωμής. Αν το CAPEX υποεκτιμηθεί, ο DPP γίνεται τεχνητά χαμηλός. Αν υπερεκτιμηθεί, μπορεί να απορριφθεί μια τεχνικά λειτουργική λύση.

3.3 Οικονομικοί δείκτες και υπολογιστικοί τύποι

Οι βασικοί δείκτες είναι η καθαρή παρούσα αξία, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης, η απλή περίοδος αποπληρωμής και η προεξοφλημένη περίοδος αποπληρωμής. Οι τύποι παρουσιάζονται σε ξεχωριστές γραμμές και αριθμούνται, ώστε να μπορούν να αναφέρονται στο κείμενο.

$$NPV = -CAPEX + \sum_{t=1..n} CF_t / (1 + r)^t \quad (2.1)$$

$$0 = -CAPEX + \sum_{t=1..n} CF_t / (1 + IRR)^t \quad (2.2)$$

$$PBP = CAPEX / CF_1 \quad (2.3)$$

$$DPP = y + |\sum_{t=0..y} PVCF_t| / PVCF_{(y+1)} \quad (2.4)$$

Η σχέση (2.1) υπολογίζει την καθαρή παρούσα αξία NPV. Το CAPEX είναι η αρχική κεφαλαιουχική δαπάνη της επένδυσης σε ευρώ, το CF_t είναι η καθαρή χρηματορροή του έτους t σε ευρώ ανά έτος, το r είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο και το n είναι ο ορίζοντας αξιολόγησης. Φυσικά, το μέγεθος αποτυπώνει αν η παρούσα αξία των μελλοντικών οφελών υπερκαλύπτει το αρχικό κόστος.

Η σχέση (2.2) ορίζει τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης IRR. Το IRR είναι η τιμή του προεξοφλητικού επιτοκίου που μηδενίζει το NPV, δηλαδή το σημείο στο οποίο η επένδυση

ισορροπεί οικονομικά. Όσο υψηλότερο είναι το IRR σε σχέση με το απαιτούμενο κόστος κεφαλαίου, τόσο μεγαλύτερο περιθώριο οικονομικής βιωσιμότητας εμφανίζει το έργο.

Η σχέση (2.3) υπολογίζει την απλή περίοδο αποπληρωμής PBP. Το CAPEX εκφράζει το αρχικό κόστος και το CF₁ την ετήσια καθαρή χρηματορροή του πρώτου έτους. Το μέγεθος δίνει μια πρώτη ένδειξη χρόνου ανάκτησης του κεφαλαίου, χωρίς όμως να λαμβάνει υπόψη την προεξόφληση και τη χρονική αξία του χρήματος.

Η σχέση (2.4) υπολογίζει την προεξοφλημένη περίοδο αποπληρωμής DPP. Το y είναι το τελευταίο έτος στο οποίο το σωρευτικό προεξοφλημένο υπόλοιπο παραμένει αρνητικό και το PVCF_(y+1) είναι η προεξοφλημένη χρηματορροή του επόμενου έτους. Η σχέση παρεμβάλλει γραμμικά το τμήμα του έτους που απαιτείται για να μηδενιστεί το υπόλοιπο.

$$SC_{dir,m} = \min(PV_m, L_m \times \tau_m) \quad (2.5)$$

$$SC_{bat,m} = \min(B_m, \max(PV_m - SC_{dir,m}, 0), \max(L_m - SC_{dir,m}, 0)) \quad (2.6)$$

$$SC_{year} = \sum_{m=1..12} (SC_{dir,m} + SC_{bat,m}) \quad (2.7)$$

$$CF_t = (SC_{year} \times P_{buy}) + (EX_{year} \times P_{sell}) - OPEX_t \quad (2.8)$$

Η σχέση (2.5) υπολογίζει την άμεση μηνιαία αυτοκατανάλωση SC_{dir,m}. Το PV_m είναι η μηνιαία παραγωγή ΦΒ σε kWh, το L_m είναι η μηνιαία κατανάλωση σε kWh και το τ_m είναι ο συντελεστής ταυτοχρονισμού. Η σχέση περιορίζει την άμεση αυτοκατανάλωση στο μικρότερο από την παραγόμενη ενέργεια και το μέρος του φορτίου που συμπίπτει χρονικά με την παραγωγή.

Η σχέση (2.6) υπολογίζει την πρόσθετη αυτοκατανάλωση μέσω μπαταρίας SC_{bat,m}. Το B_m είναι το διαθέσιμο μηνιαίο όριο αξιοποίησης της μπαταρίας, ενώ οι δύο όροι max εκφράζουν αντίστοιχα την περίσσεια παραγωγής και την υπόλοιπη κατανάλωση μετά την άμεση αυτοκατανάλωση. Έτσι η αποθήκευση δεν μπορεί να αξιοποιήσει περισσότερη ενέργεια από όση περισσεύει ούτε να καλύψει φορτίο που δεν υπάρχει.

Η σχέση (2.7) αθροίζει σε ετήσια βάση την άμεση και την αποθηκευμένη αυτοκατανάλωση. Το SC_{year} εκφράζεται σε kWh/έτος και αποτελεί βασικό φυσικό μέγεθος του μοντέλου, επειδή μετατρέπει τη χρονική αξιοποίηση της παραγωγής σε οικονομική αξία αποφυγής αγοράς ενέργειας.

Η σχέση (2.8) συνδέει τις ενεργειακές ροές με την ετήσια χρηματοροή. Το P_{buy} είναι η τιμή αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, το P_{sell} η τιμή αποζημίωσης της περίσσειας, το EX_{year} η ετήσια εγχεόμενη ενέργεια και το $OPEX_t$ οι λειτουργικές δαπάνες. Η σχέση δείχνει ότι η οικονομική αξία δεν εξαρτάται μόνο από την παραγωγή, αλλά από το αν η ενέργεια αυτοκαταναλώνεται ή αποζημιώνεται ως πλεόνασμα.

Στον τύπο της καθαρής παρούσας αξίας, το CAPEX εκφράζει το αρχικό κόστος επένδυσης και έχει αρνητικό πρόσημο επειδή καταβάλλεται στην αρχή. Το CF_t εκφράζει τη χρηματοροή του έτους t , δηλαδή το καθαρό οικονομικό όφελος που προκύπτει από την αυτοκατανάλωση, την αποζημίωση περίσσειας και τις αντίστοιχες παραδοχές κόστους. Το r είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο και μετατρέπει κάθε μελλοντική ροή σε σημερινή αξία.

Η φυσική σημασία του NPV είναι οικονομική και όχι ενεργειακή. Δεν μετρά kWh, αλλά ευρώ παρούσας αξίας. Θετικό NPV σημαίνει ότι, με τις συγκεκριμένες παραδοχές, η επένδυση δημιουργεί αξία πάνω από το προεξοφλητικό κόστος κεφαλαίου. Αρνητικό NPV δείχνει ότι οι προεξοφλημένες ωφέλειες δεν καλύπτουν το αρχικό κόστος.

Ο IRR είναι το επιτόκιο που μηδενίζει το NPV. Υπολογιστικά, το μοντέλο αναζητά την τιμή του επιτοκίου στην οποία η παρούσα αξία των μελλοντικών χρηματοροών ισούται με το CAPEX. Η ερμηνεία του είναι ποσοστιαία: δείχνει την εσωτερική απόδοση της επένδυσης με βάση τις παραγόμενες χρηματοροές.

Ο DPP διορθώνει τον απλό χρόνο αποπληρωμής με προεξόφληση. Υπολογίζει το έτος στο οποίο οι προεξοφλημένες χρηματοροές καλύπτουν το αρχικό κόστος και, όταν η κάλυψη συμβαίνει εντός έτους, υπολογίζει το κλασματικό μέρος με βάση το υπόλοιπο ποσό και την επόμενη προεξοφλημένη ροή. Έτσι ο DPP είναι πιο συντηρητικός και πιο κατάλληλος για σύγκριση σεναρίων με διαφορετικό χρονισμό ωφελειών.

Οι δείκτες SCR και SSR εκφράζουν διαφορετικές όψεις της ενεργειακής αξιοποίησης. Ο SCR δείχνει ποιο μέρος της παραγωγής αυτοκαταναλώνεται, ενώ ο SSR δείχνει ποιο μέρος της κατανάλωσης καλύπτεται από το σύστημα. Ένα σενάριο μπορεί να έχει υψηλό SCR αλλά χαμηλότερο SSR, αν η εγκατεστημένη ισχύς είναι μικρή. Αντίστροφα, πολύ μεγάλη ισχύς μπορεί να αυξήσει την αυτάρκεια αλλά να μειώσει την αναλογία αυτοκατανάλωσης.

3.4 Υπολογιστικό αρχείο ΔΕ-MAA-2026

Το ΔΕ-MAA-2026 χρησιμοποιείται ως ενιαίο υπολογιστικό περιβάλλον για τη μετάβαση από τη βασική περίπτωση σε συγκρίσιμη αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων. Η βασική περίπτωση ορίζει το σημείο αναφοράς, ενώ οι ίδιες τεχνικές και οικονομικές σχέσεις εφαρμόζονται σε ευαισθησίες, σενάρια μπαταρίας και σύνθετους συνδυασμούς παραδοχών.

Η συμβολή του ΔΕ-MAA-2026 είναι ότι συνδέει τα ενεργειακά μεγέθη με τους οικονομικούς δείκτες σε κοινή βάση υπολογισμού. Έτσι η παραγωγή, η αυτοκατανάλωση, η περίσσεια, η αγορά από το δίκτυο, το CAPEX και οι χρηματορροές διαβάζονται ως μέρη της ίδιας αξιολόγησης έργου. Ειδικά η ανάλυση ευαισθησίας του συντελεστή ταυτοχρονισμού υλοποιείται με τρεις προσαρμοσμένες συναρτήσεις (VBA) στο φύλλο «η_Ευαισθησία_Ταυτοχρονισμού»· για τον λόγο αυτό το αρχείο παραδίδεται σε μορφή .xlsm και απαιτεί ενεργοποίηση των μακροεντολών.

Η πρακτική δομή του αρχείου συνοψίζεται στον Πίνακα 3. Ο πίνακας δείχνει ποια ομάδα φύλλων χρησιμοποιείται σε κάθε στάδιο και ποιο παραδοτέο τροφοδοτεί το σώμα της διπλωματικής. Με βάση αυτή τη ροή, το Κεφάλαιο 4 παρουσιάζει τη βασική περίπτωση και τις ευαισθησίες, το Κεφάλαιο 5 τα σενάρια μπαταρίας και το Κεφάλαιο 6 τη λειτουργία σύνθετων σεναρίων.

Πίνακας 3: Συνοπτική ροή φύλλων του ΔΕ-ΜΑΑ-2026.

Στάδιο	Φύλλα	Ρόλος	Παραδοτέο
Είσοδοι κόστους και παραγωγής	Υλικά, Εργασίες, Σύνολική Τιμή ΦΒ, Απόδοση Εγκατάστασης	Συγκεντρώνουν εξοπλισμό, εργασίες, μηνιαία παραγωγή, κατανάλωση και βασικές τιμές.	CAPEX, μηνιαία παραγωγή, κατανάλωση αναφοράς.
Βασική οικονομική αξιολόγηση	IRR_DPP, Εξέλιξη Επένδυσης, ι_Μοντέλο_Ελέγχου_α	Υπολογίζουν χρηματοροές, NPV, IRR, PBP και DPP της βασικής περίπτωσης.	Βασικοί δείκτες και έλεγχος τύπων.
Αναλύσεις ευαισθησίας	δ, ε, ζ, ιε, η, θ	Μεταβάλλεται μία παράμετρος κάθε φορά και συγκρίνεται η επίδραση σε DPP και NPV.	Πίνακες και διαγράμματα Κεφαλαίου 4.
Σενάρια μπαταρίας και ΦΒ	ια, ιγ, κ/λ/μ/ν, ξ/ο/π/ρ/σ	Εξετάζονται χωρητικότητες μπαταρίας και υποψήφιες ισχείς ΦΒ. Τα φύλλα «Σύνοψη» παρέχουν τους συνοπτικούς πίνακες που παρατίθενται στο σώμα.	Πίνακες και διαγράμματα Κεφαλαίου 5.
Σύνθετα σενάρια	ιδ_Σενάρια_Καταν_Επιδ	Δημιουργούνται συνδυασμοί κατανάλωσης, επιδότησης και μπαταρίας.	Πίνακας 75 σεναρίων και διάγραμμα DPP Κεφαλαίου 6.

Η κοινή αυτή δομή επιτρέπει οι συγκρίσεις που ακολουθούν να γίνονται με τα ίδια μεγέθη και όχι με διαφορετικές υπολογιστικές παραδοχές.

4. Μελέτη περίπτωσης

4.1 Δεδομένα εισόδου της βασικής περίπτωσης

Οι εισοδοί της βασικής περίπτωσης προκύπτουν από τρεις ομάδες τεκμηρίωσης: ενεργειακά δεδομένα, τεχνικές παραδοχές και οικονομικά μεγέθη. Η παραγωγή ΦΒ τεκμηριώνεται από το PVGIS/JRC για τη θέση της εγκατάστασης, ενώ η κατανάλωση οργανώνεται σε μηνιαίο προφίλ ώστε να μπορεί να εξεταστεί ο ταυτοχρονισμός.

Η εγκατεστημένη ισχύς, οι μηνιαίες kWh/kWp, η τιμή αγοράς kWh και η αποζημίωση περίσσειας αποτελούν τις βασικές τεχνικές και οικονομικές παραδοχές. Η τιμή τους καθορίζει την παραγωγή, την αποτίμηση της αυτοκατανάλωσης, την αξία της περίσσειας και την οικονομική απόδοση της βασικής περίπτωσης.

Το CAPEX τεκμηριώνεται ξεχωριστά, επειδή επηρεάζει άμεσα τον DPP, το NPV και την ευαισθησία κόστους. Η βασική εικόνα κόστους προκύπτει από εξοπλισμό, υλικά και εργασίες, ώστε να είναι σαφές ποιο μέρος του αρχικού κόστους συνδέεται με κάθε κατηγορία δαπάνης.

Η βασική περίπτωση αφορά κατοικία στο Ωραιόκαστρο Θεσσαλονίκης. Η παραγωγή υπολογίζεται με εγκατεστημένη ισχύ 9,90 kWp και ετήσια ειδική παραγωγή από PVGIS. Η βασική ετήσια κατανάλωση του φύλλου απόδοσης είναι 7.500 kWh και χρησιμοποιείται για την αρχική οικονομική αξιολόγηση.

Η βασική περίπτωση έχει διπλό ρόλο. Πρώτον, δίνει σημείο εκκίνησης με συγκεκριμένη θέση, παραγωγή, κατανάλωση και κόστος. Δεύτερον, λειτουργεί ως βάση σύγκρισης για τις αναλύσεις ευαισθησίας και τα σενάρια μπαταρίας που ακολουθούν.

Πίνακας 4: Δεδομένα εισόδου βασικής περίπτωσης.

Είσοδος	Τιμή	Μονάδα	Ρόλος
Εγκατεστημένη ισχύς ΦΒ	9,90	kWp	Μέγεθος συστήματος βάσης
Ετήσιες kWh/kWp	1 445,10	kWh/kWp	Απόδοση περιοχής από PVGIS
Ετήσια κατανάλωση	7 500,00	kWh	Προφίλ κατοικίας βάσης
Τιμή αγοράς kWh	0,20	€/kWh	Αξία αυτοκατανάλωσης
Αποζημίωση περίσσειας	0,06	€/kWh	Έσοδο από εγγεόμενη ενέργεια
CAPEX	9 128,00 €	€	Αρχικό κεφάλαιο
Προεξοφλητικό επιτόκιο	2,00%	-	Προεξόφληση χρηματορροών
Ορίζοντας ανάλυσης	25	έτη	Διάρκεια οικονομικής αξιολόγησης

Πίνακας 5: Σύνοψη τεκμηρίωσης κόστους από τα φύλλα εξοπλισμού, υλικών και εργασιών

Κατηγορία	Ενδεικτικά στοιχεία από ΔΕ-ΜΑΑ-2026	Χρήση στη βασική περίπτωση
Εξοπλισμός ΦΒ	Inverter υβριδικός τριφασικός, Panel, Τεγίδες	Διαμόρφωση κόστους κυρίως εξοπλισμού
Ηλεκτρολογικά Εξοπλισμός	Ηλεκτρολογικοί Πίνακες με τα υλικά τους, Καλώδια AC/DC	Διαμόρφωση κόστους επιμέρους υλικών
Εργασίες	Τοποθέτηση στηριγμάτων, Τεγίδων, Φωτοβολταϊκών, Ηλεκτρολογική Εγκατάσταση	Διαμόρφωση κόστους εγκατάστασης

Οι δύο πίνακες λειτουργούν συμπληρωματικά. Ο Πίνακας 4 συγκεντρώνει τις βασικές παραδοχές που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς, ενώ ο Πίνακας 5 δείχνει πώς τεκμηριώνεται συνοπτικά το CAPEX από τα αντίστοιχα φύλλα του ΔΕ-ΜΑΑ-2026. Οι πλήρεις μηνιαίες τιμές της βασικής περίπτωσης παρατίθενται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ στον Πίνακα ΠΑ.1, ενώ η αναλυτική κοστολόγηση εξοπλισμού, εργασιών και υλικών παρατίθεται στους Πίνακες ΠΒ.1 έως ΠΒ.3. Με βάση αυτές τις εισόδους, η επόμενη

ενότητα παρουσιάζει τα ενεργειακά και οικονομικά αποτελέσματα της βασικής περίπτωσης.

4.2 Αποτελέσματα βασικής περίπτωσης

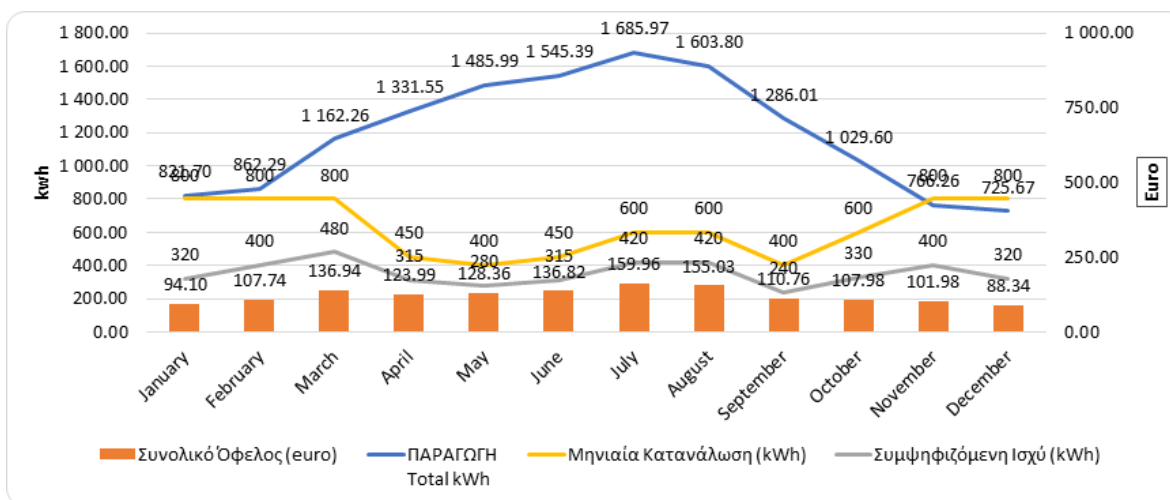
Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα βασικά outputs της αρχικής περίπτωσης. Τα μηνιαία αποτελέσματα δείχνουν πώς κατανέμονται παραγωγή, κατανάλωση, αυτοκατανάλωση και περίσσεια, ενώ ο συγκεντρωτικός πίνακας συνοψίζει την οικονομική εικόνα της επένδυσης.

Πίνακας 6: Μηνιαία αποτελέσματα της βασικής περίπτωσης.

Μήνας	Παραγωγή	Κατανάλωση	Αυτοκατανάλωση	Περίσσεια	Όφελος
Ιαν	821,70	800,00	320,00	501,70	94,10 €
Φεβ	862,29	800,00	400,00	462,29	107,74 €
Μαρ	1 162,26	800,00	480,00	682,26	136,94 €
Απρ	1 331,55	450,00	315,00	1 016,55	123,99 €
Μαι	1 485,99	400,00	280,00	1 205,99	128,36 €
Ιουν	1 545,39	450,00	315,00	1 230,39	136,82 €
Ιουλ	1 685,97	600,00	420,00	1 265,97	159,96 €
Αυγ	1 603,80	600,00	420,00	1 183,80	155,03 €
Σεπ	1 286,01	400,00	240,00	1 046,01	110,76 €
Οκτ	1 029,60	600,00	330,00	699,60	107,98 €
Νοε	766,26	800,00	400,00	366,26	101,98 €
Δεκ	725,67	800,00	320,00	405,67	88,34 €

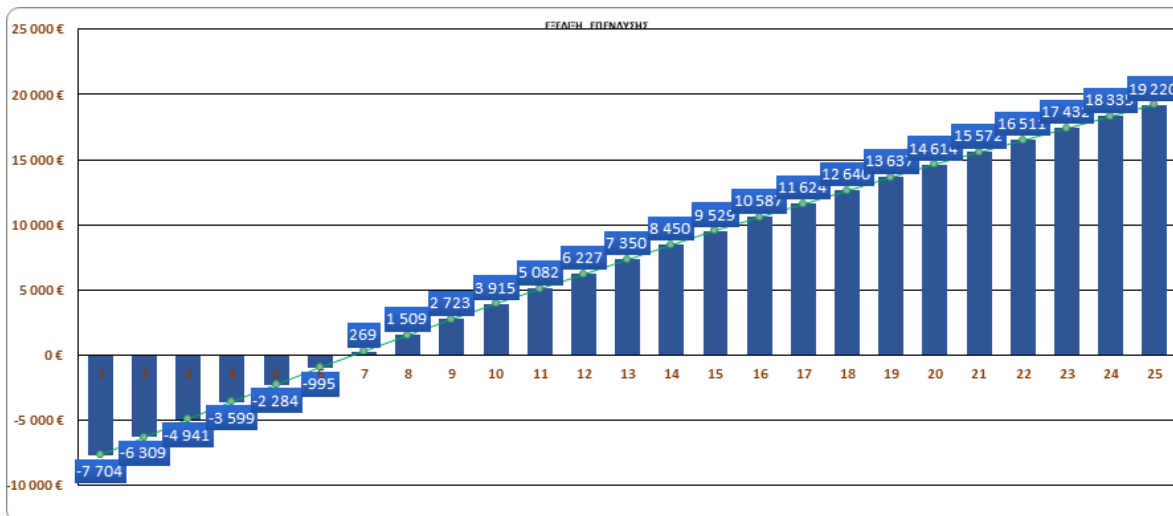
Πίνακας 7: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα βασικής περίπτωσης.

Output	Τιμή	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Ετήσια παραγωγή	14 306,49 kWh	Παραγόμενη ενέργεια ΦΒ
Ετήσια αυτοκατανάλωση	4 240,00 kWh	Ενέργεια που αποκτά αξία τιμής αγοράς
Αγορά από δίκτυο	3 260,00 kWh	Υπόλοιπη κατανάλωση μετά την αυτοκατανάλωση
Περίσσεια προς αποζημίωση	10 066,49 kWh	Ενέργεια που εγχέεται στο δίκτυο
Ετήσιο οικονομικό όφελος	1 451,99 €	Αυτοκατανάλωση και αποζημίωση περίσσειας
NPV 25ετίας	19 219,85 €	Συνολική αξία στον ορίζοντα ανάλυσης
IRR	15,47%	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης
DPP	6,79 έτη	Προεξοφλημένη περίοδος αποπληρωμής



Σχήμα 3: Μηνιαία παραγωγή, κατανάλωση και αυτοκατανάλωση στη βασική περίπτωση.

Το διάγραμμα συγκρίνει τη μηνιαία παραγωγή ΦΒ, τη μηνιαία κατανάλωση και το τμήμα της παραγωγής που αυτοκαταναλώνεται άμεσα. Η περίσσεια παραγωγής δεν αποτελεί πρόβλημα από μόνη της. Η οικονομική απόδοση εξαρτάται κυρίως από το πόσο μεγάλο μέρος της παραγωγής καταναλώνεται την ώρα που παράγεται.



Σχήμα 4: Εξέλιξη επένδυσης βάσης σε παρούσες αξίες.

Το διάγραμμα δείχνει την εξέλιξη της επένδυσης σε παρούσες αξίες. Η καμπύλη ξεκινά αρνητικά λόγω CAPEX και γίνεται θετική όταν οι προεξοφλημένες χρηματοροές καλύψουν την αρχική δαπάνη. Η τομή με το μηδέν αντιστοιχεί στον DPP και λειτουργεί ως οπτικός έλεγχος του υπολογισμού.

4.3 Αναλύσεις ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας εξετάζει τη βασική περίπτωση μεταβάλλοντας μία παράμετρο κάθε φορά και κρατώντας σταθερές τις υπόλοιπες. Με αυτόν τον τρόπο απομονώνεται η επίδραση κάθε παράγοντα στον DPP και στο NPV 25ετίας, χωρίς να αναμειγνύονται ταυτόχρονα διαφορετικές αιτίες μεταβολής.

Η μεθοδολογία ακολουθεί τέσσερα βήματα: ορίζεται η τιμή βάσης, επιλέγονται διακριτές τιμές της παραμέτρου, υπολογίζονται οι νέες χρηματοροές και οι οικονομικοί δείκτες, και στο τέλος συγκρίνεται η μεταβολή του DPP, η μεταβολή του NPV και ο συντελεστής ευαισθησίας. Ο συντελεστής ευαισθησίας δείχνει πόσο έντονα αντιδρά ο DPP σε σχέση με τη μεταβολή της ίδιας της παραμέτρου. Οι αναλυτικές τιμές που τροφοδοτούν τα γραφήματα παρατίθενται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ στους Πίνακες ΠΔ.1 έως ΠΔ.5.

Πίνακας 8: Παραδοχές αναλύσεων ευαισθησίας στο ΔΕ-ΜΑΑ-2026.

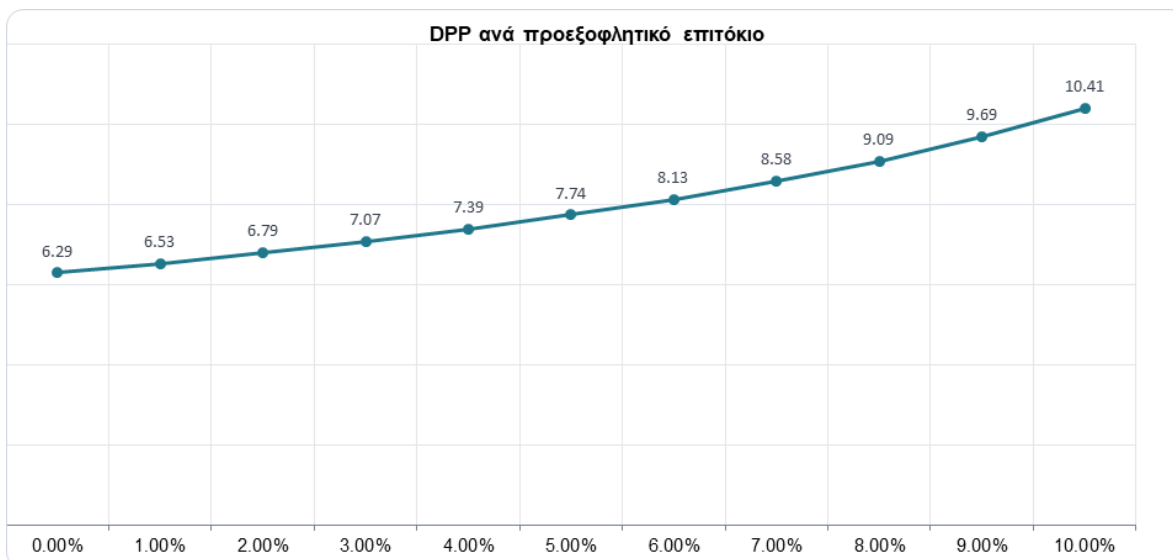
Παραδοχή	Τιμή βάσης	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
CAPEX	9 128,00 €	Αρχική δαπάνη που ανακτάται μέσω των χρηματορροών
Ετήσια χρηματορροή βάσης	1 451,99 €/έτος	Αφετηρία για NPV, IRR, PBP και DPP
Προεξοφλητικό επιτόκιο	2,00%	Μετατροπή μελλοντικών ροών σε παρούσα αξία
Τιμή αγοράς kWh	0,20 €/kWh	Αξία κάθε kWh αυτοκατανάλωσης
Αποζημίωση περίσσειας	0,06 €/kWh	Αξία της εγχέομενης παραγωγής
Ορίζοντας ανάλυσης	25 έτη	Χρονικό πλαίσιο αξιολόγησης NPV

Πίνακας 9: Βήματα υπολογισμού ευαισθησίας στο ΔΕ-ΜΑΑ-2026.

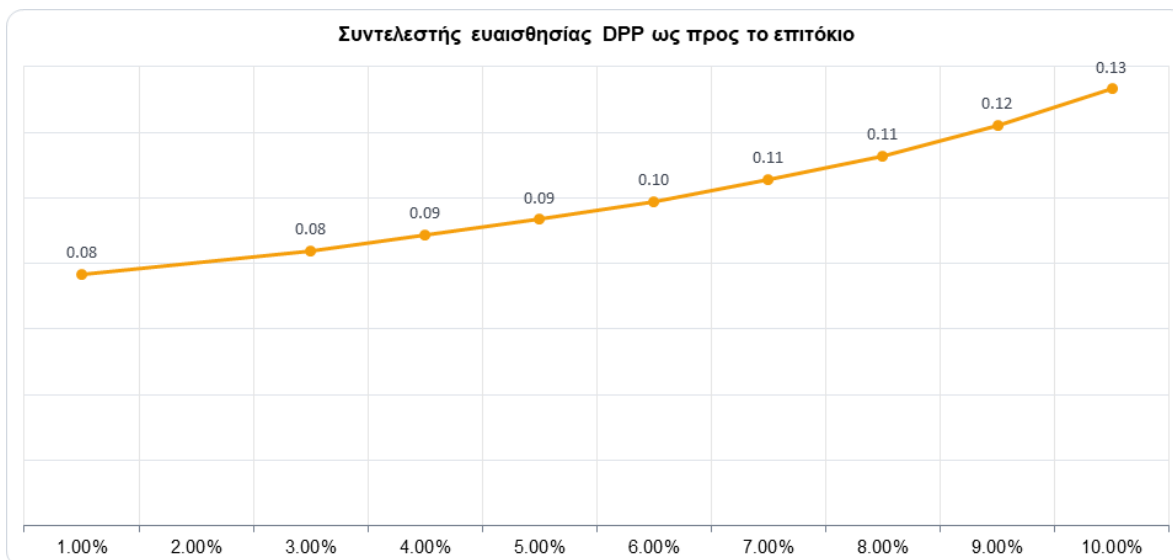
Βήμα	Περιγραφή	Έξοδος
1	Επιλογή μίας παραμέτρου και διατήρηση των υπολοίπων σταθερών	Καθαρή μονοπαραμετρική σύγκριση
2	Υπολογισμός DPP, NPV και συντελεστή ευαισθησίας	Σειρά αποτελεσμάτων ανά μεταβολή
3	Σύγκριση ακραίων τιμών και μέσης απόλυτης ευαισθησίας	Ιεράρχηση κρίσιμων παραγόντων

4.3.1 Προεξοφλητικό επιτόκιο

Το προεξοφλητικό επιτόκιο αλλάζει τη σημερινή αξία των μελλοντικών χρηματορροών, χωρίς να επηρεάζει την παραγωγή ή την κατανάλωση. Η ανάλυση εξετάζει τόσο τη μεταβολή του DPP όσο και τον συντελεστή ευαισθησίας, ώστε να φανεί όχι μόνο πόσο αλλάζει ο χρόνος αποπληρωμής, αλλά και πόσο έντονη είναι η σχετική επίδραση της παραμέτρου.



Σχήμα 5: DPP ανά προεξοφλητικό επιτόκιο.



Σχήμα 6: Συντελεστής ευαισθησίας DPP ως προς το προεξοφλητικό επιτόκιο.

Στα διαγράμματα φαίνεται ότι η αύξηση του επιτοκίου μεγαλώνει τον χρόνο αποπληρωμής, επειδή οι μελλοντικές ωφέλειες αποτιμώνται χαμηλότερα. Ο συντελεστής ευαισθησίας δείχνει ότι η επίδραση δεν είναι μόνο αριθμητικά μεγάλη, αλλά και σημαντική σε σχέση με τη μεταβολή της ίδιας της παραμέτρου.

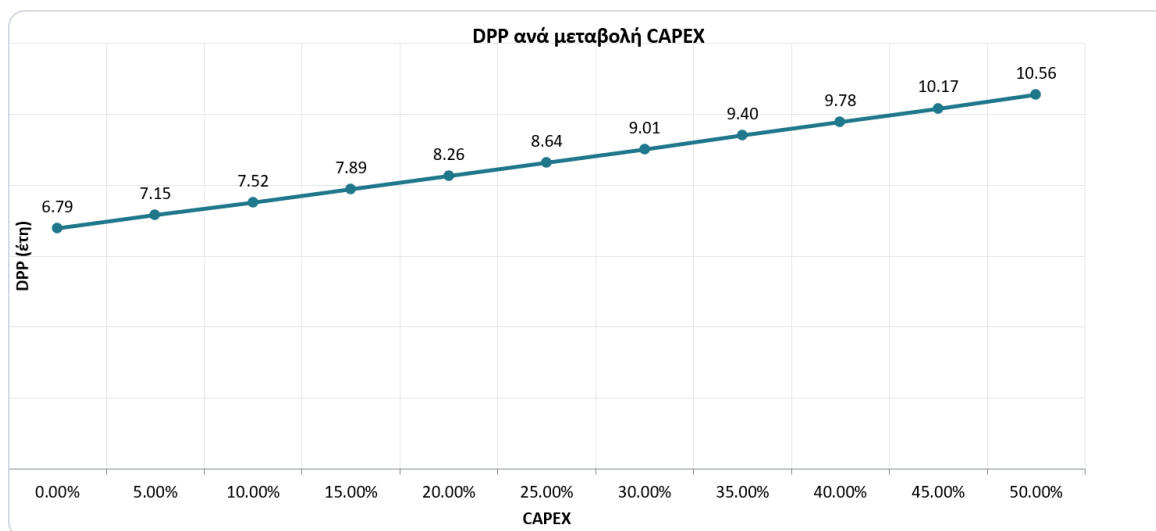
Το προεξοφλητικό επιτόκιο χρησιμοποιείται για να μετατρέψει τις μελλοντικές χρηματοροές σε σημερινή αξία. Ο DPP μεταβάλλεται κατά περίπου 4,1 έτη μεταξύ της ευνοϊκότερης και της δυσμενέστερης τιμής του επιτοκίου. Η επίδραση στον NPV είναι ακόμη εντονότερη, επειδή το επιτόκιο καθορίζει τη σημερινή αξία των μελλοντικών οικονομικών οφελών.

Από τη φύση του είναι εξωτερικός και ευμετάβλητος παράγοντας, επειδή συνδέεται με το κόστος κεφαλαίου, τον πληθωρισμό, το ρίσκο χώρας και την εναλλακτική απόδοση κεφαλαίου. Δεν μπορεί να βελτιωθεί τεχνικά από τη μελέτη, αλλά μπορεί να αντιμετωπιστεί με συντηρητική επιλογή επιτοκίου, έλεγχο σεναρίων και αποφυγή συμπερασμάτων που στηρίζονται μόνο σε πολύ χαμηλό κόστος χρήματος.

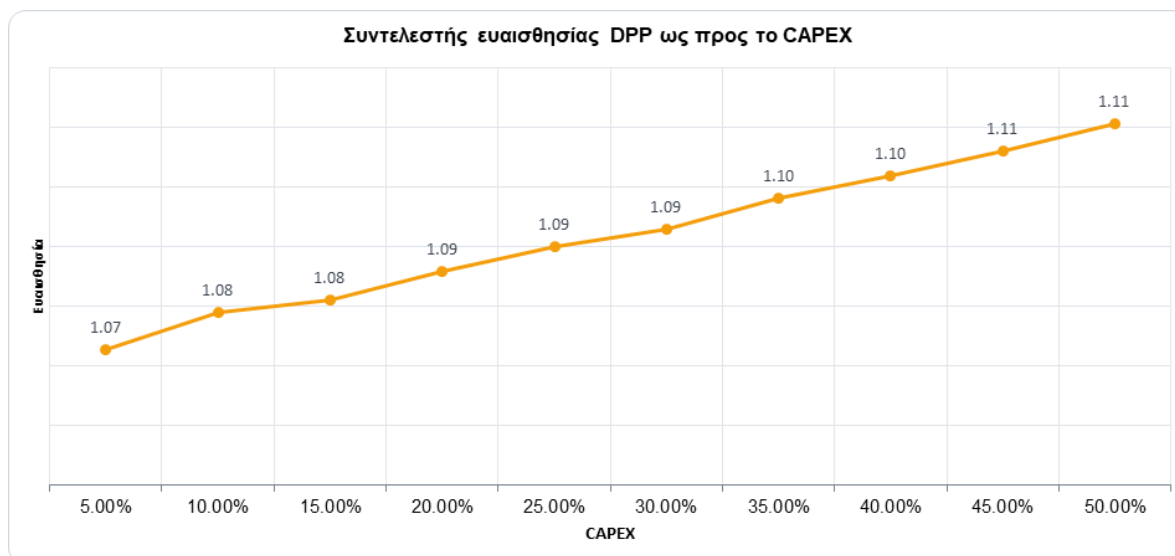
4.3.2 Αρχικό κόστος ΦΒ / CAPEX

Το CAPEX αποτελεί βασικό μέγεθος εισόδου, επειδή καθορίζει το αρχικό ύψος της επένδυσης και επηρεάζει άμεσα τον DPP. Η ανάλυσή του επιτρέπει να φανεί ποιο μέρος

του κόστους συνδέεται με τον εξοπλισμό, τις εργασίες εγκατάστασης και τις λοιπές τεχνικές δαπάνες.



Σχήμα 7: DPP ανά μεταβολή CAPEX.



Σχήμα 8: Συντελεστής ευαισθησίας DPP ως προς το CAPEX.

Στα διαγράμματα η αύξηση του CAPEX μεταφέρεται άμεσα στον DPP. Η κανονικοποιημένη σύγκριση δείχνει ότι το αρχικό κόστος είναι από τους ισχυρούς

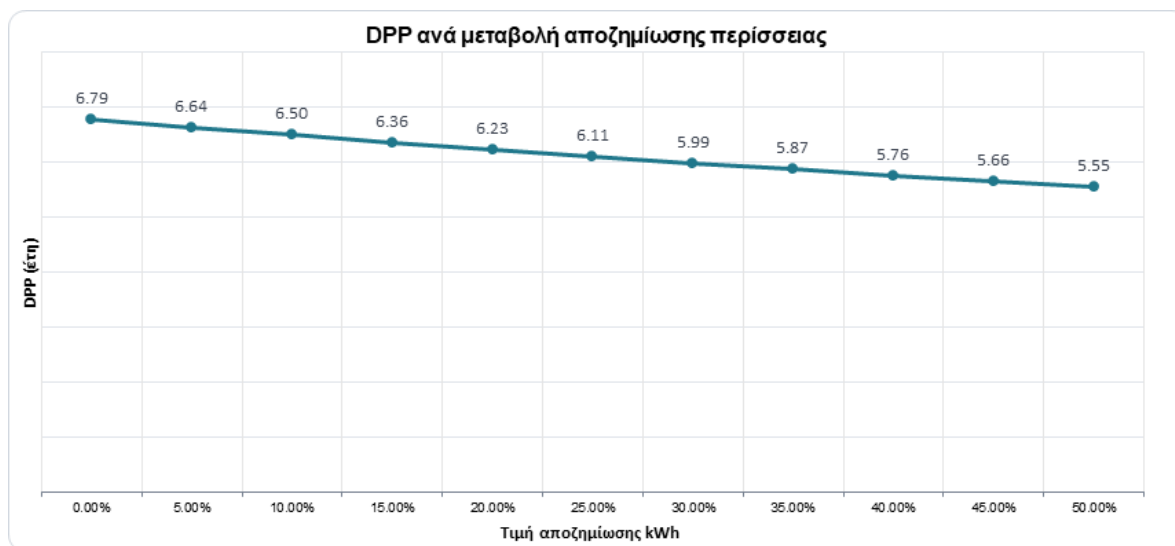
παράγοντες της ανάλυσης, επειδή κάθε αύξηση κόστους πρέπει να καλυφθεί από τις ίδιες ετήσιες ωφέλειες.

Στη συγκεκριμένη ανάλυση, ο DPP μεταβάλλεται κατά περίπου 3,8 έτη μεταξύ της χαμηλότερης και της υψηλότερης τιμής του CAPEX. Η επίδραση είναι άμεση, επειδή όσο αυξάνεται το αρχικό κόστος τόσο μεγαλύτερο ποσό ανακτάται από τα ετήσια οφέλη. Η χαμηλότερη περιοχή κόστους είναι ευνοϊκότερη, εφόσον δεν μειώνει την αξιοπιστία ή την τεχνική επάρκεια του συστήματος.

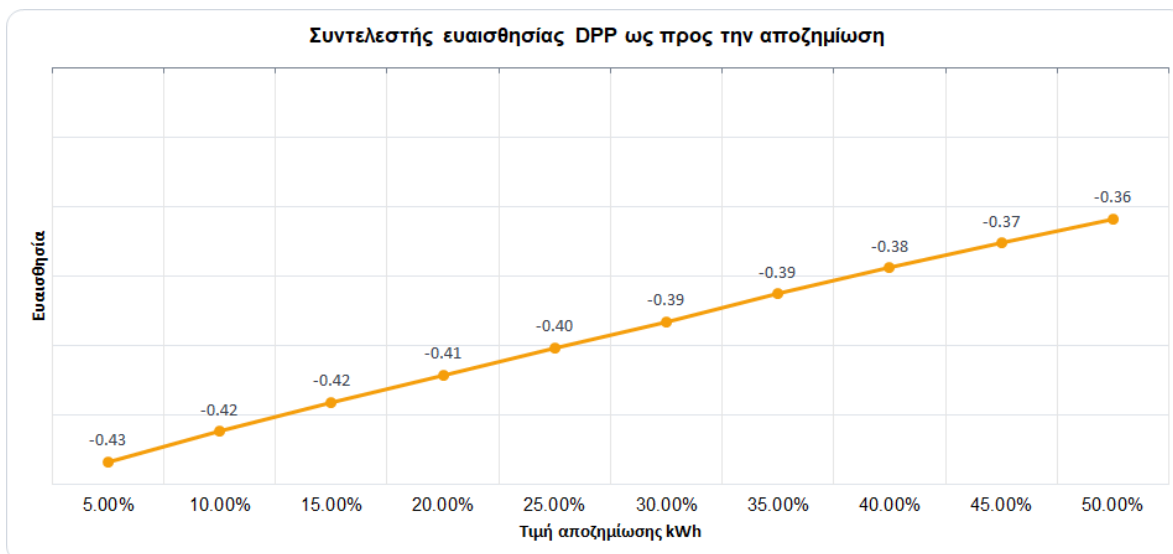
Ο παράγοντας είναι εν μέρει ελεγχόμενος, επειδή επηρεάζεται από επιλογή εξοπλισμού, προσφορές, WBS εργασιών και αποφυγή υπερδιαστασιολόγησης. Ταυτόχρονα είναι και ευμετάβλητος, διότι οι τιμές φωτοβολταϊκών, inverter, βάσεων και εργασιών αλλάζουν με την αγορά. Για τον λόγο αυτό η τεκμηρίωση του πραγματικού κόστους είναι κρίσιμη και ενημερώνεται όταν υπάρχουν νέες προσφορές.

4.3.3 Τιμή αποζημίωσης περίσσειας kWh

Στην τιμή αποζημίωσης περίσσειας, η είσοδος μεταβάλλει μόνο την αξία της ενέργειας που δεν αυτοκαταναλώνεται. Τα γραφήματα δείχνουν αν η αύξηση της αποζημίωσης βελτιώνει ουσιαστικά την οικονομική εικόνα ή αν η επίδραση παραμένει δευτερεύουσα σε σχέση με την άμεση αυτοκατανάλωση.



Σχήμα 9: DPP ανά μεταβολή τιμής αποζημίωσης περίσσειας kWh.



Σχήμα 10: Συντελεστής ευαισθησίας DPP ως προς την αποζημίωση περίσσειας.

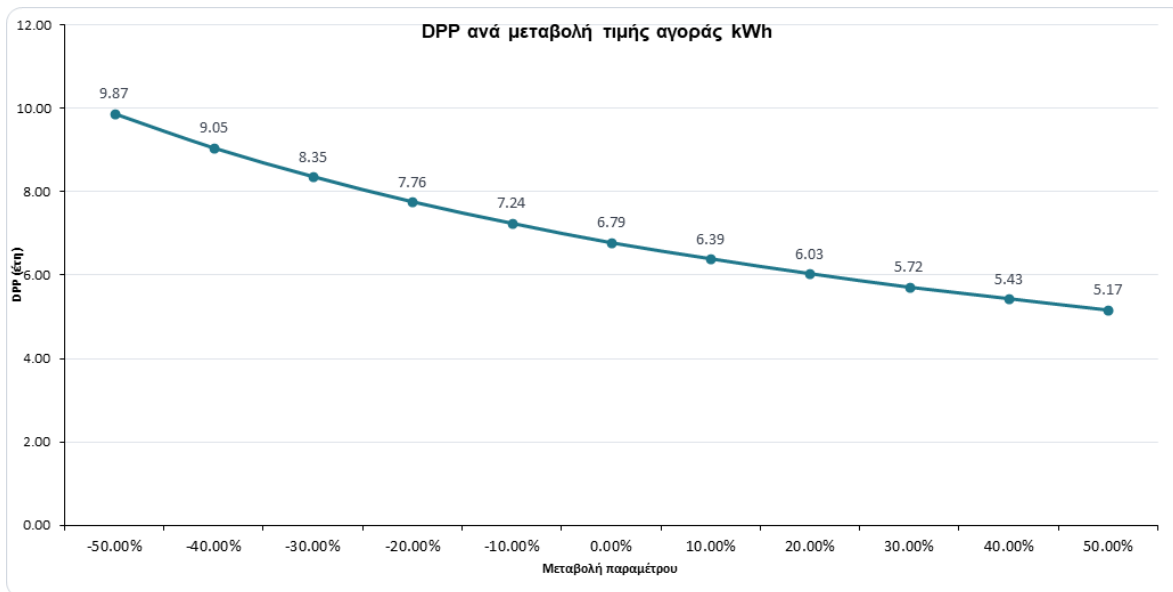
Η μεταβολή της αποζημίωσης περίσσειας επηρεάζει τον DPP πιο ήπια. Αυτό συμβαίνει επειδή αφορά μόνο την ενέργεια που δεν αυτοκαταναλώνεται. Όσο μεγαλύτερη είναι η περίσσεια, τόσο μεγαλύτερη σημασία αποκτά η συγκεκριμένη τιμή.

Η αποζημίωση περίσσειας επηρεάζει την αξία της ενέργειας που δεν αυτοκαταναλώνεται και εγχέεται στο δίκτυο. Ο DPP μεταβάλλεται κατά περίπου 1,2 έτη μεταξύ της χαμηλότερης και της υψηλότερης τιμής αποζημίωσης. Η επίδραση είναι μικρότερη από την τιμή αγοράς kWh, αλλά γίνεται σημαντικότερη όταν η εγκατάσταση παράγει μεγάλη περίσσεια ή όταν ο ταυτοχρονισμός είναι χαμηλός.

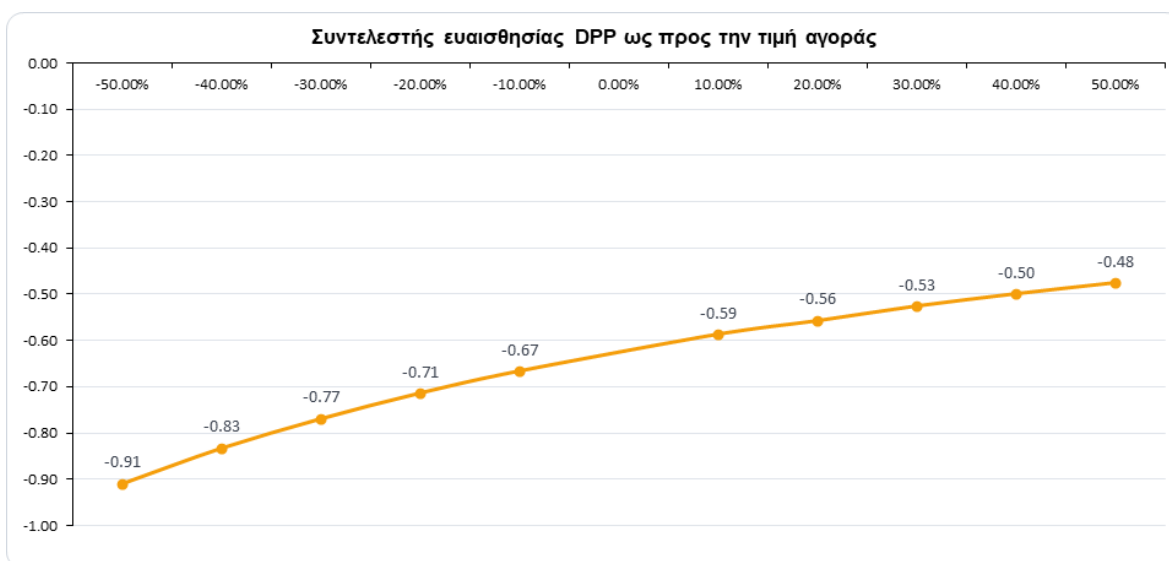
Ο παράγοντας είναι κυρίως εξωτερικός και ρυθμιστικά/αγοραία ευμετάβλητος. Ο μελετητής δεν μπορεί να τον ελέγξει, αλλά μπορεί να μειώσει την εξάρτηση από αυτόν με καλύτερη διαστασιολόγηση, βελτίωση ταυτοχρονισμού και αποφυγή μεγάλης περίσσειας όταν η αποζημίωση είναι αβέβαιη ή χαμηλή.

4.3.4 Τιμή αγοράς kWh

Στην τιμή αγοράς kWh, η είσοδος μεταβάλλει την αξία της ενέργειας που αποφεύγεται μέσω αυτοκατανάλωσης. Για τον λόγο αυτό τα αποτελέσματα παρουσιάζονται τόσο ως DPP όσο και ως συντελεστής ευαισθησίας, επειδή η παράμετρος συνδέεται άμεσα με το ετήσιο οικονομικό όφελος.



Σχήμα 11: DPP ανά μεταβολή τιμής αγοράς kWh.



Σχήμα 12: Συντελεστής ευαισθησίας DPP ως προς την τιμή αγοράς kWh.

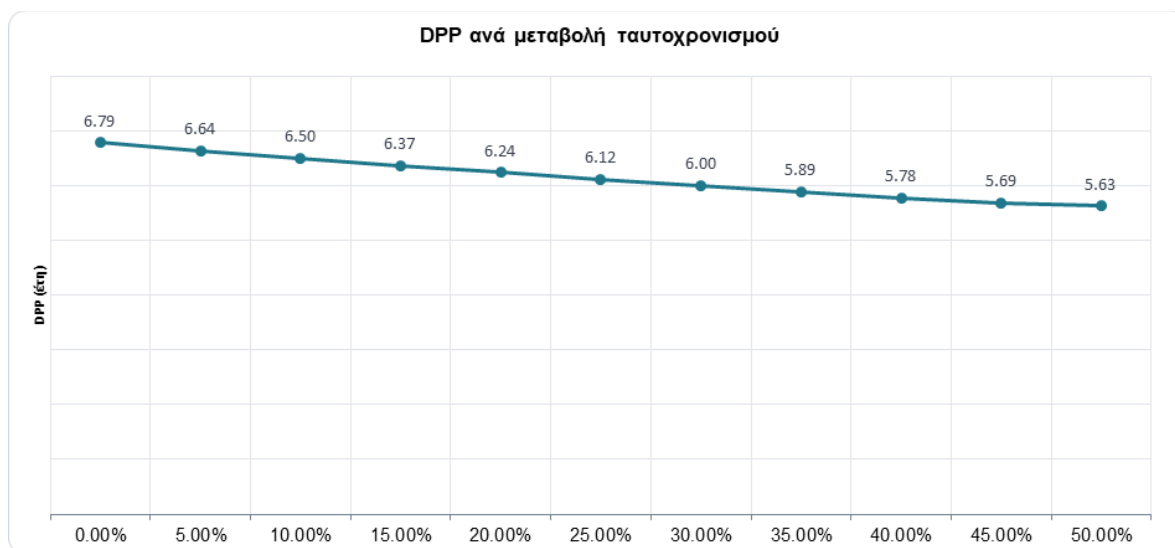
Στα διαγράμματα η τιμή αγοράς kWh εμφανίζεται ως ιδιαίτερα έντονος παράγοντας για τον DPP. Η παράμετρος συνδέεται με κάθε kWh που δεν αγοράζεται από το δίκτυο, άρα επηρεάζει απευθείας το ετήσιο οικονομικό όφελος της αυτοκατανάλωσης.

Η τιμή αγοράς kWh είναι ο παράγοντας που επηρεάζει περισσότερο τον DPP. Ο χρόνος αποπληρωμής μεταβάλλεται κατά περίπου 4,7 έτη μεταξύ της χαμηλότερης και της υψηλότερης τιμής αγοράς, επειδή η παράμετρος καθορίζει την αξία κάθε kWh που αυτοκαταναλώνεται και δεν αγοράζεται από το δίκτυο. Στο χαμηλό σενάριο τιμής αγοράς η αποπληρωμή επιμηκύνεται, ενώ στο υψηλό σενάριο η επένδυση γίνεται αισθητά πιο ελκυστική.

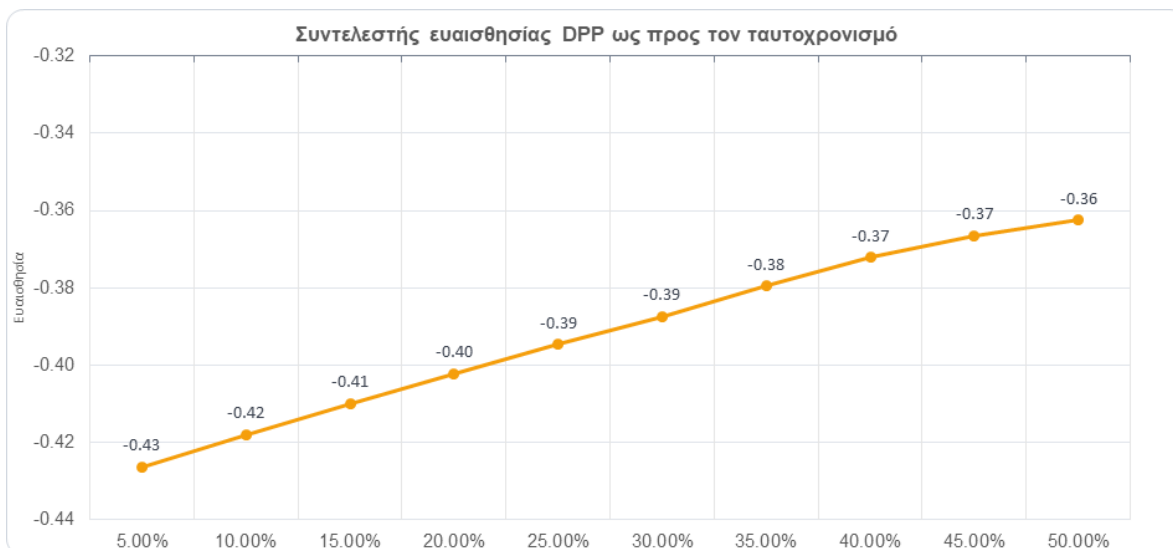
Ο παράγοντας είναι πολύ κρίσιμος αλλά εξωτερικός και έντονα ευμετάβλητος, καθώς εξαρτάται από τιμολόγια προμηθευτών, χρεώσεις ενέργειας, ρυθμιστικές χρεώσεις και γενικότερες συνθήκες αγοράς. Δεν αποτελεί τεχνικό μέγεθος που ελέγχεται από την εγκατάσταση, αλλά ο κίνδυνος του αντισταθμίζεται μέσω υψηλότερης αυτοκατανάλωσης και ορθής επιλογής μεγέθους ΦΒ/μπαταρίας.

4.3.5 Συντελεστής ταυτοχρονισμού

Στον συντελεστή ταυτοχρονισμού, η είσοδος μεταβάλλει το ποσοστό της παραγωγής που αποκτά αξία άμεσης αυτοκατανάλωσης. Τα γραφήματα που ακολουθούν αποτυπώνουν την επίδραση στον DPP και στη σχετική ευαισθησία, αναδεικνύοντας τη λειτουργική σημασία του προφίλ ζήτησης.



Σχήμα 13: DPP ανά μεταβολή ταυτοχρονισμού.



Σχήμα 14: Συντελεστής ευαισθησίας DPP ως προς τον ταυτοχρονισμό.

Η μεταβολή του ταυτοχρονισμού δείχνει πώς αλλάζει η οικονομική αξία της ίδιας παραγωγής όταν μεγαλύτερο μέρος της καταναλώνεται επιτόπου. Η αριθμητική επίδραση στον DPP είναι μικρότερη από την τιμή αγοράς kWh, αλλά η λειτουργική του σημασία παραμένει ουσιαστική.

Ο ταυτοχρονισμός καθορίζει ποιο μέρος της παραγωγής αποκτά αξία τιμής αγοράς και όχι αξία αποζημίωσης περίσσειας. Ο DPP μεταβάλλεται κατά περίπου 1,2 έτη μεταξύ της χαμηλότερης και της υψηλότερης τιμής του συντελεστή. Η μεταβολή είναι μικρότερη από την τιμή αγοράς kWh και το CAPEX, αλλά η τεχνική σημασία του παράγοντα παραμένει μεγάλη, επειδή καθορίζει την ποιότητα της ενεργειακής αξιοποίησης του ΦΒ.

Σε αντίθεση με τις τιμές αγοράς και αποζημίωσης, ο ταυτοχρονισμός είναι σε κάποιο βαθμό βελτιώσιμος. Μπορεί να αλλάξει με μετατόπιση φορτίων, επιλογή χρήσεων σε ώρες παραγωγής, αυτοματισμούς και μπαταρία. Είναι όμως και λειτουργικά ευμετάβλητος, γιατί εξαρτάται από το πραγματικό προφίλ χρήσης της κατοικίας ή του επαγγελματικού χώρου.

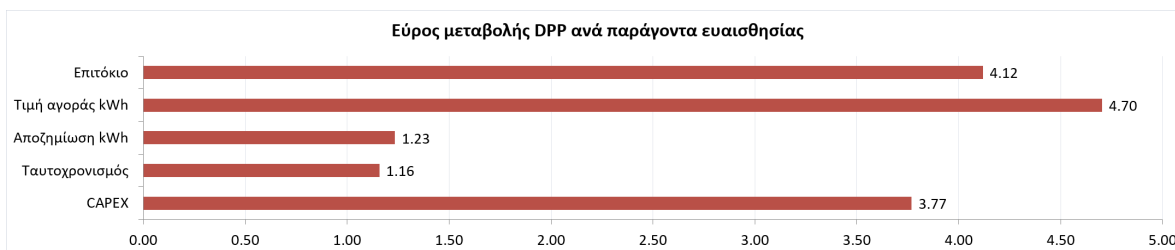
4.3.6 Σύγκριση παραγόντων ευαισθησίας

Μετά την επιμέρους εξέταση κάθε παραμέτρου, ο επόμενος πίνακας συγκεντρώνει τα εύρη μεταβολής του DPP και του NPV. Η σύγκριση βοηθά να φανεί ποιοι παράγοντες επηρεάζουν περισσότερο τους οικονομικούς δείκτες της επένδυσης.

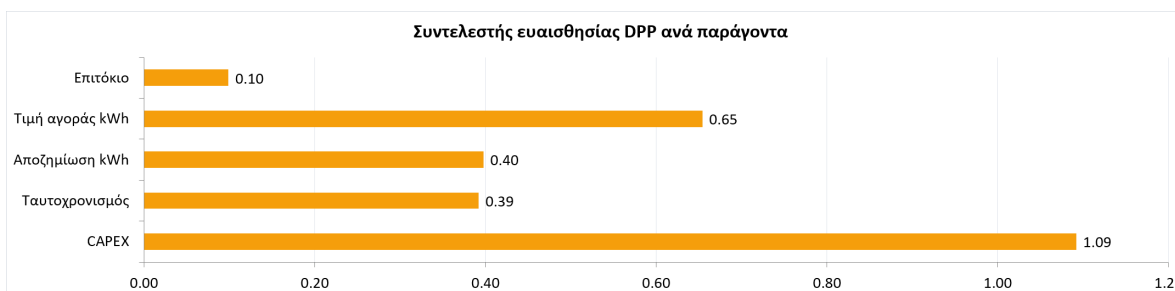
Πίνακας 10: Σύγκριση παραγόντων ευαισθησίας.

Παράμετρος	Εύρος DPP	Εύρος NPV	Αξιολόγηση
Αρχικό κόστος ΦΒ / CAPEX	3,77 έτη	4 564,00 €	Το αρχικό κόστος επηρεάζει άμεσα τον χρόνο αποπληρωμής. Είναι εν μέρει ελεγχόμενο, επειδή συνδέεται με επιλογή εξοπλισμού, προσφορές και WBS εργασιών.
Συντελεστής ταυτοχρονισμού	1,16 έτη	5 452,90 €	Η αριθμητική επίδραση στον DPP είναι μικρότερη, αλλά η λειτουργική σημασία είναι μεγάλη. Ο ταυτοχρονισμός βελτιώνει την αξία της ίδιας παραγωγής.
Τιμή αποζημίωσης περίσσειας kWh	1,23 έτη	5 895,98 €	Η επίδραση αυξάνεται όταν υπάρχει μεγάλη περίσσεια ή χαμηλός ταυτοχρονισμός. Ο παράγοντας είναι κυρίως εξωτερικός και ρυθμιστικά μεταβαλλόμενος.
Τιμή αγοράς kWh	4,70 έτη	16 555,89 €	Είναι ο ισχυρότερος παράγοντας για τον DPP, επειδή καθορίζει την αξία κάθε kWh που αυτοκαταναλώνεται και δεν αγοράζεται από το δίκτυο.

Προεξοφλητικό επιτόκιο	4,12 έτη	23 119,97 €	Δεν αλλάζει την τεχνική λειτουργία, αλλά επηρεάζει έντονα τη σημερινή αξία των μελλοντικών οφελών και κυρίως το NPV 25ετίας.
---------------------------	----------	-------------	--



Σχήμα 15: Συγκριτικό εύρος μεταβολής DPP ανά παράγοντα ευαισθησίας.



Σχήμα 16: Συντελεστής ευαισθησίας DPP ανά παράγοντα.

Τα δύο συγκεντρωτικά διαγράμματα διαβάζονται μαζί. Το εύρος DPP δείχνει τη μεταβολή σε έτη, ενώ ο συντελεστής ευαισθησίας δείχνει τη σχετική ένταση της επίδρασης κάθε παραμέτρου.

Με βάση τα αποτελέσματα, η τιμή αγοράς kWh εμφανίζει τη μεγαλύτερη επίδραση στον DPP. Το προεξοφλητικό επιτόκιο επηρεάζει περισσότερο το NPV 25ετίας, επειδή μεταβάλλει την παρούσα αξία όλων των μελλοντικών χρηματοροών. Το CAPEX παραμένει επίσης κρίσιμο, ενώ ο ταυτοχρονισμός έχει μικρότερο αριθμητικό εύρος αλλά σημαντική λειτουργική σημασία, καθώς είναι αυτός που πέρα από οικονομικό μέγεθος έχει μία ενεργειακή αξιολόγηση όπως της αυτάρκειας και της αυτονομίας μίας εγκατάστασης η οποία λειτουργικά μπορεί να είναι πολύ σημαντική.

5. Αξιολόγηση σεναρίων μπαταρίας και φωτοβολταϊκής ισχύος

Τα σενάρια μπαταρίας εξετάζουν πώς αλλάζει η τεχνική και οικονομική εικόνα όταν η αποθήκευση συνδυάζεται με διαφορετική ισχύ ΦΒ. Κάθε σενάριο αντιμετωπίζεται ως διαφορετική τεχνικοοικονομική διαμόρφωση και συγκρίνεται με κοινά μεγέθη: ισχύ ΦΒ, αυτοκατανάλωση, CAPEX, ετήσιο όφελος, NPV και DPP.

Ο συνοπτικός πίνακας σεναρίων δείχνει, για κάθε χωρητικότητα μπαταρίας, ποια ισχύς ΦΒ προκύπτει ως πιο συμφέρουσα και ποιοι είναι οι βασικοί δείκτες της αντίστοιχης λύσης. Το κριτήριο επιλογής δεν είναι μόνο το χαμηλότερο κόστος, αλλά η ισορροπία ανάμεσα στη μείωση της ισχύος, τη λειτουργική επάρκεια και τον χρόνο αποπληρωμής.

Η σύγκριση ακολουθεί την ίδια λογική που χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία για εναλλακτικές διατάξεις ΦΒ-μπαταρίας: κάθε τεχνική επιλογή μεταφράζεται σε κόστος, ενεργειακή αξιοποίηση και οικονομικό αποτέλεσμα (Kosmadakis et al., 2021). Έτσι η μπαταρία δεν εξετάζεται μόνο ως πρόσθετος εξοπλισμός, αλλά ως επιλογή που δικαιολογείται όταν το πρόσθετο κόστος μετατρέπεται σε πραγματικό όφελος.

Η ύπαρξη μπαταρίας αλλάζει την αξιοποίηση της παραγωγής, αλλά αλλάζει και το κόστος. Η πρόσθετη αυτοκατανάλωση από μπαταρία δεν υπολογίζεται ως απλή πρόσθεση ενέργειας. Περιορίζεται ταυτόχρονα από το διαθέσιμο μηνιαίο όριο της μπαταρίας, την περίσσεια ΦΒ και την κατανάλωση που απομένει μετά την άμεση αυτοκατανάλωση. Για τον λόγο αυτό η ισχύς ΦΒ δεν παραμένει υποχρεωτικά ίση με την αρχική τιμή σε όλα τα σενάρια. Εξετάζονται μικρότερες υποψήφιες ισχείς και ελέγχεται αν η μείωση διατηρεί αποδεκτή την ενεργειακή και οικονομική συμπεριφορά.

Η διαδικασία βασίζεται στη λογική ότι σε καθεστώς net billing η υπερβολική εγκατεστημένη ισχύς μπορεί να παράγει περίσσεια με περιορισμένη οικονομική αξία. Αν μέρος της ισχύος δεν συμβάλλει ουσιαστικά σε αυτοκατανάλωση ή σε οικονομικό όφελος, η μείωση της ισχύος μπορεί να βελτιώσει τον DPP μέσω χαμηλότερου CAPEX. Τα συγκεντρωτικά τεχνικά και οικονομικά αποτελέσματα των σεναρίων παρατίθενται στο Παράρτημα στους Πίνακες ΠΓ.1 και ΠΓ.2, ενώ οι πλήρεις μηνιαίοι πίνακες κάθε σεναρίου παρατίθενται στο Παράρτημα Ε.

Για αρχική ισχύ 9,90 kWp εξετάζονται δέκα υποψήφιες τιμές, από 10% έως 100% της αρχικής ισχύος. Οι τιμές αυτές είναι 0,99, 1,98, 2,97 kWp και συνεχίζουν ανά αντίστοιχο βήμα μέχρι τα 9,90 kWp. Για κάθε τιμή υπολογίζονται η παραγωγή, η άμεση αυτοκατανάλωση, η αξιοποίηση ενέργειας μέσω μπαταρίας, οι αγοραζόμενες kWh, το CAPEX, το ετήσιο όφελος και ο DPP.

Η επιλογή της κατάλληλης ισχύος δεν γίνεται μόνο με βάση το χαμηλότερο κόστος. Κάθε υποψήφια λύση ελέγχεται πρώτα ως προς τη λειτουργική της επάρκεια, οι αγοραζόμενες kWh παραμένουν ίσες ή χαμηλότερες από τη βάση του σεναρίου. Παράλληλα, ο χρόνος προεξοφλημένης αποπληρωμής δεν υπερβαίνει τη βασική περίπτωση, όπου ο DPP είναι περίπου 6,79 έτη. Από τις λύσεις που περνούν αυτούς τους δύο ελέγχους, επιλέγεται εκείνη με τον χαμηλότερο DPP.

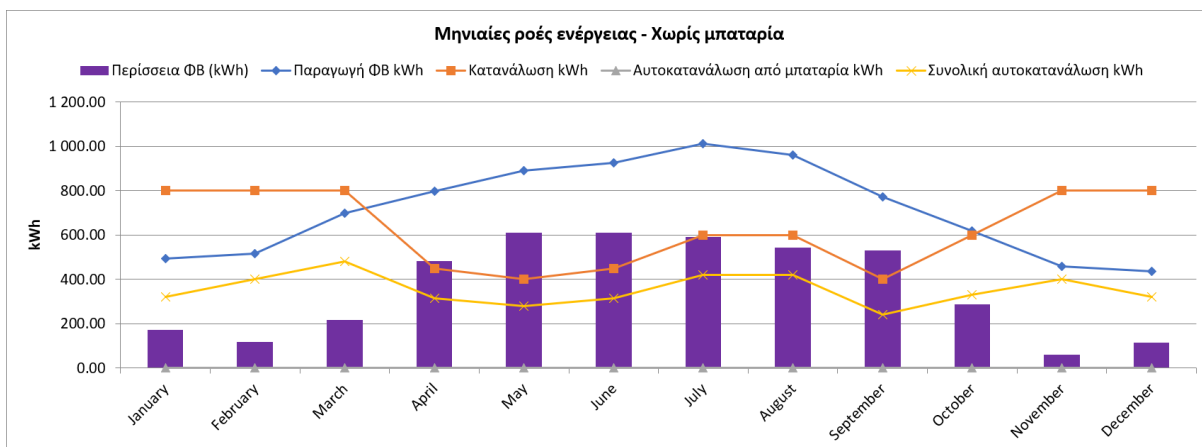
5.1 Χωρίς μπαταρία

Στο σενάριο χωρίς μπαταρία η παραγωγή μπορεί να αξιοποιηθεί μόνο όταν συμπίπτει χρονικά με την κατανάλωση. Τα μηνιαία δεδομένα δείχνουν πώς κατανέμονται η παραγωγή, η αυτοκατανάλωση, η περίσσεια και οι αγοραζόμενες kWh στη διάρκεια του έτους. Στον Πίνακα 11 εμφανίζονται τα σχετικά δεδομένα

Πίνακας 11: Μηνιαία δεδομένα σεναρίου χωρίς μπαταρία.

Προέλευση δεδομένων: ΔΕ-ΜΑΑ-2026, φύλλο ξ_Σύνοψη_Μηδενικό.

Μήνας	Παραγωγή ΦΒ kWh	Κατανάλωση kWh	Αυτοκατανάλωση από μπαταρία kWh	Συνολική αυτοκατανάλωση kWh	Περίσσεια ΦΒ (kWh)	Συνολικό όφελος €
January	493.02	800.00	0.00	320.00	173.02	74.38 €
February	517.37	800.00	0.00	400.00	117.37	87.04 €
March	697.36	800.00	0.00	480.00	217.36	109.04 €
April	798.93	450.00	0.00	315.00	483.93	92.04 €
May	891.59	400.00	0.00	280.00	611.59	92.70 €
June	927.23	450.00	0.00	315.00	612.23	99.73 €
July	1 011.58	600.00	0.00	420.00	591.58	119.49 €
August	962.28	600.00	0.00	420.00	542.28	116.54 €
September	771.61	400.00	0.00	240.00	531.61	79.90 €
October	617.76	600.00	0.00	330.00	287.76	83.27 €
November	459.76	800.00	0.00	400.00	59.76	83.59 €
December	435.40	800.00	0.00	320.00	115.40	70.92 €
Σύνολο έτους	8 583.89	7 500.00	0.00	4 240.00	4 343.89	1 108.63 €



Σχήμα 17: Μηνιαίες ροές ενέργειας σεναρίου Χωρίς μπαταρία.

Στο διάγραμμα φαίνεται ότι χωρίς αποθήκευση η παραγωγή αξιοποιείται μόνο όταν συμπίπτει με την κατανάλωση. Η περίσσεια παραμένει ορατή κυρίως στους μήνες υψηλής παραγωγής και αποτιμάται μέσω αποζημίωσης, όχι μέσω αποφυγής αγοράς ενέργειας.

Το σενάριο Χωρίς μπαταρία λειτουργεί ως σημείο αναφοράς: δεν υπάρχει πρόσθετη αυτοκατανάλωση από μπαταρία, άρα η συνολική αυτοκατανάλωση προκύπτει μόνο από τη χρονική σύμπτωση παραγωγής και φορτίου. Με DPP 5,26 έτη, δείχνει πόσο ανταγωνιστική είναι η λύση χωρίς αποθήκευση όταν το πρόσθετο κόστος μπαταρίας μηδενίζεται, αλλά δεν αξιοποιεί την περίσσεια ΦΒ για μεταγενέστερη χρήση.

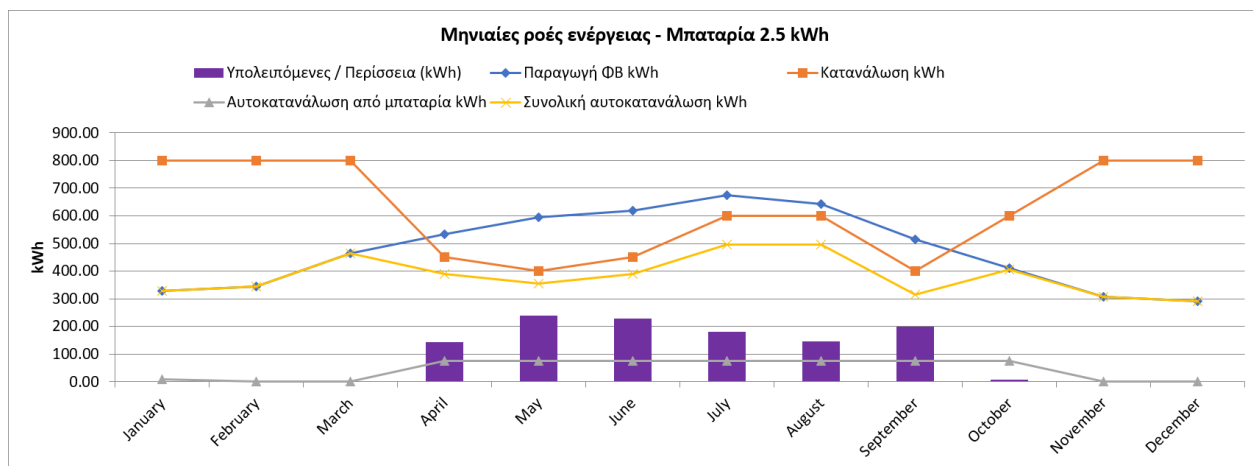
5.2 Μπαταρία 2,5 kWh

Στο σενάριο μπαταρίας 2,5 kWh εξετάζεται η πρώτη βαθμίδα αποθήκευσης. Τα μηνιαία δεδομένα δείχνουν αν η μικρή χωρητικότητα απορροφά ουσιαστικό μέρος της περίσσειας χωρίς να επιβαρύνει υπερβολικά το κόστος.

Πίνακας 12: Μηνιαία δεδομένα σεναρίου μπαταρίας 2,5 kWh.

Προέλευση δεδομένων: ΔΕ-ΜΑΑ-2026, φύλλο ο_Σύνοψη_Μπαταρία_2_5.

Μήνας	Παραγωγή ΦΒ kWh	Κατανάλωση kWh	Αυτοκατανάλωση από μπαταρία kWh	Συνολική αυτοκατανάλωση kWh	Υπολειπόμενες / Περίσσεια (kWh)	Συνολικό όφελος €
January	328.68	800.00	8.68	328.68	0.00	65.74 €
February	344.92	800.00	0.00	344.92	0.00	68.98 €
March	464.90	800.00	0.00	464.90	0.00	92.98 €
April	532.62	450.00	75.00	390.00	142.62	86.56 €
May	594.40	400.00	75.00	355.00	239.40	85.36 €
June	618.16	450.00	75.00	390.00	228.16	91.69 €
July	674.39	600.00	75.00	495.00	179.39	109.76 €
August	641.52	600.00	75.00	495.00	146.52	107.79 €
September	514.40	400.00	75.00	315.00	199.40	74.96 €
October	411.84	600.00	75.00	405.00	6.84	81.41 €
November	306.50	800.00	0.00	306.50	0.00	61.30 €
December	290.27	800.00	0.00	290.27	0.00	58.05 €
Σύνολο έτους	5 722.60	7 500.00	533.68	4 580.27	1 142.32	984.59 €



Σχήμα 18: Μηνιαίες ροές ενέργειας σεναρίου Μπαταρία 2,5 kWh.

Το διάγραμμα δείχνει ότι η μικρή μπαταρία μεταφέρει ένα μέρος της περίσσειας σε πρόσθετη αυτοκατανάλωση. Η επίδραση είναι περιορισμένη, αλλά βοηθά να φανεί πώς η αποθήκευση αρχίζει να μειώνει την ενέργεια που μένει ανεκμετάλλευτη τη στιγμή της παραγωγής.

Το σενάριο Μπαταρία 2,5 kWh προσθέτει 75,00 kWh μηνιαίου ορίου και βελτιώνει την αξιοποίηση της περίσσειας χωρίς μεγάλο πρόσθετο CAPEX. Στο ΔΕ-ΜΑΑ-2026 εμφανίζει DPP 5,24 έτη, πολύ κοντά στο μηδενικό σενάριο, επειδή το χαμηλό μέγεθος μπαταρίας περιορίζει την οικονομική επιβάρυνση. Είναι η περίπτωση που δείχνει καλύτερα την έννοια της οριακής αποθήκευσης: λίγη μπαταρία μπορεί να απορροφήσει μέρος της περίσσειας χωρίς να αλλάξει ριζικά το κόστος.

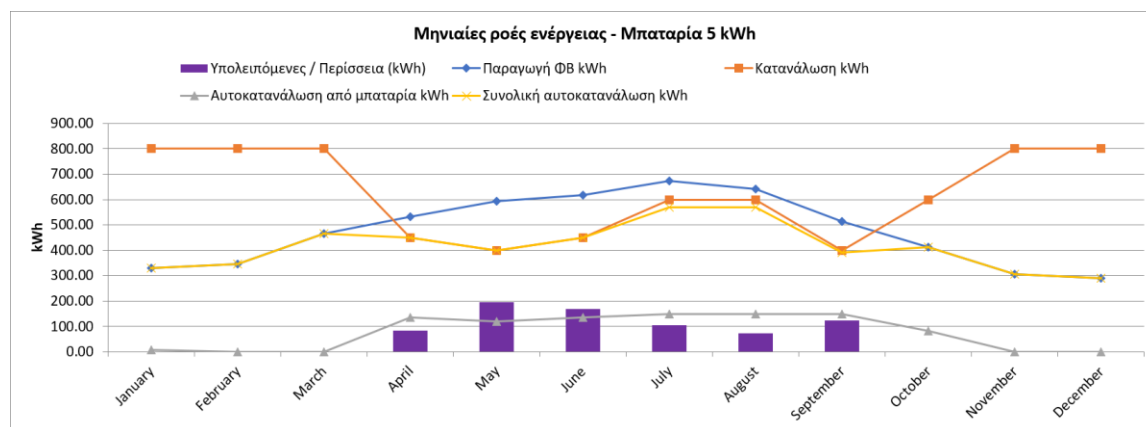
5.3 Μπαταρία 5 kWh

Στο σενάριο μπαταρίας 5 kWh η αποθήκευση αυξάνεται και επιτρέπει μεγαλύτερη μεταφορά ενέργειας σε ώρες κατανάλωσης. Τα μηνιαία δεδομένα βοηθούν να φανεί αν η πρόσθετη αξιοποίηση της παραγωγής αντισταθμίζει το υψηλότερο CAPEX.

Πίνακας 13: Μηνιαία δεδομένα σεναρίου μπαταρίας 5 kWh.

Προέλευση δεδομένων: ΔΕ-ΜΑΑ-2026, φύλλο π_Σύνοψη_Μπαταρία_5.

Μήνας	Παραγωγή ΦΒ kWh	Κατανάλωση kWh	Αυτοκατανάλωση από μπαταρία kWh	Συνολική αυτοκατανάλωση kWh	Υπολειπόμενες / Περίσσεια (kWh)	Συνολικό όφελος €
January	328.68	800.00	8.68	328.68	0.00	65.74 €
February	344.92	800.00	0.00	344.92	0.00	68.98 €
March	464.90	800.00	0.00	464.90	0.00	92.98 €
April	532.62	450.00	135.00	450.00	82.62	94.96 €
May	594.40	400.00	120.00	400.00	194.40	91.66 €
June	618.16	450.00	135.00	450.00	168.16	100.09 €
July	674.39	600.00	150.00	570.00	104.39	120.26 €
August	641.52	600.00	150.00	570.00	71.52	118.29 €
September	514.40	400.00	150.00	390.00	124.40	85.46 €
October	411.84	600.00	81.84	411.84	0.00	82.37 €
November	306.50	800.00	0.00	306.50	0.00	61.30 €
December	290.27	800.00	0.00	290.27	0.00	58.05 €
Σύνολο έτους	5 722.60	7 500.00	930.52	4 977.11	745.48	1 040.15 €



Σχήμα 19: Μηνιαίες ροές ενέργειας σεναρίου Μπαταρία 5 kWh.

Με μπαταρία 5 kWh αξιοποιείται μεγαλύτερο μέρος της περίσσειας και μειώνεται περισσότερο η αγορά από το δίκτυο. Η βελτίωση είναι καθαρότερη ενεργειακά, όμως πρέπει να διαβαστεί μαζί με το υψηλότερο CAPEX.

Το σενάριο Μπαταρία 5 kWh αυξάνει αισθητά την αυτοκατανάλωση μέσω αποθήκευσης, όμως το πρόσθετο κόστος ανεβάζει τον DPP σε 6,25 έτη. Το αποτέλεσμα είναι τεχνικά καλύτερο από πλευράς αξιοποίησης ενέργειας, αλλά όχι απαραίτητα οικονομικά βέλτιστο με μοναδικό κριτήριο τον χρόνο αποπληρωμής.

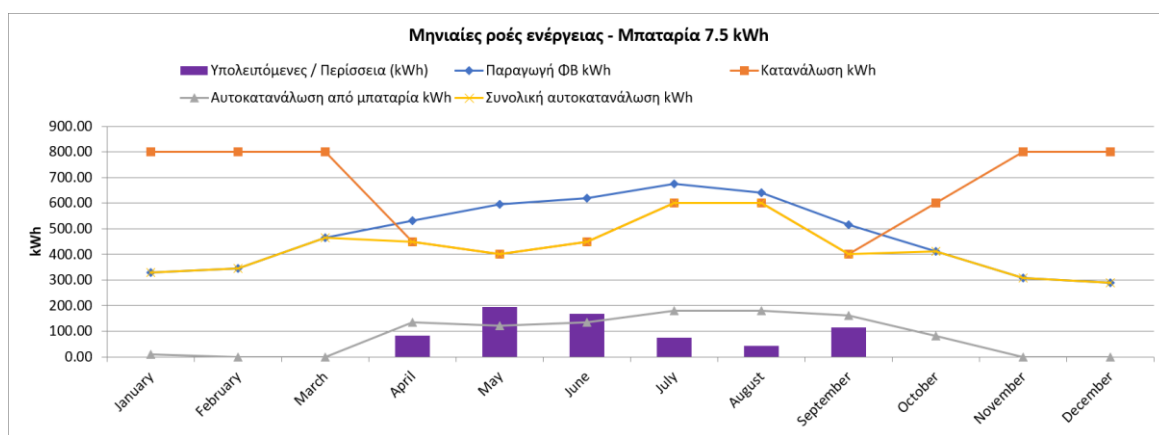
5.4 Μπαταρία 7,5 kWh

Στο σενάριο μπαταρίας 7,5 kWh εξετάζεται μεγαλύτερη χωρητικότητα, όπου η τεχνική βελτίωση της αυτοκατανάλωσης συγκρίνεται προσεκτικά με το πρόσθετο κόστος.

Πίνακας 14: Μηνιαία δεδομένα σεναρίου μπαταρίας 7,5 kWh.

Προέλευση δεδομένων: ΔΕ-ΜΑΑ-2026, φύλλο ρ_Σύνοψη_Μπαταρία_7_5.

Μήνας	Παραγωγή ΦΒ kWh	Κατανάλωση kWh	Αυτοκατανάλωση από μπαταρία kWh	Συνολική αυτοκατανάλωση kWh	Υπολειπόμενες / Περίσσεια (kWh)	Συνολικό όφελος €
January	328.68	800.00	8.68	328.68	0.00	65.74 €
February	344.92	800.00	0.00	344.92	0.00	68.98 €
March	464.90	800.00	0.00	464.90	0.00	92.98 €
April	532.62	450.00	135.00	450.00	82.62	94.96 €
May	594.40	400.00	120.00	400.00	194.40	91.66 €
June	618.16	450.00	135.00	450.00	168.16	100.09 €
July	674.39	600.00	180.00	600.00	74.39	124.46 €
August	641.52	600.00	180.00	600.00	41.52	122.49 €
September	514.40	400.00	160.00	400.00	114.40	86.86 €
October	411.84	600.00	81.84	411.84	0.00	82.37 €
November	306.50	800.00	0.00	306.50	0.00	61.30 €
December	290.27	800.00	0.00	290.27	0.00	58.05 €
Σύνολο έτους	5 722.60	7 500.00	1 000.52	5 047.11	675.48	1 049.95 €



Σχήμα 20: Μηνιαίες ροές ενέργειας σεναρίου Μπαταρία 7,5 kWh.

Στο σενάριο 7,5 kWh συνεχίζεται η βελτίωση της αυτοκατανάλωσης, αλλά η πρόσθετη χωρητικότητα δεν δίνει ανάλογη οικονομική βελτίωση. Το διάγραμμα βοηθά να φανεί ότι η μπαταρία αξιοποιείται μόνο όταν υπάρχει πραγματική περίσσεια και υπόλοιπη κατανάλωση.

Το σενάριο Μπαταρία 7,5 kWh επιβεβαιώνει ότι μετά από ένα σημείο η πρόσθετη χωρητικότητα έχει φθίνουσα οικονομική απόδοση. Παρότι αυξάνει την αυτοκατανάλωση,

ο DPP φτάνει τα 7,51 έτη, επειδή το πρόσθετο CAPEX δεν αντισταθμίζεται πλήρως από το επιπλέον ετήσιο όφελος.

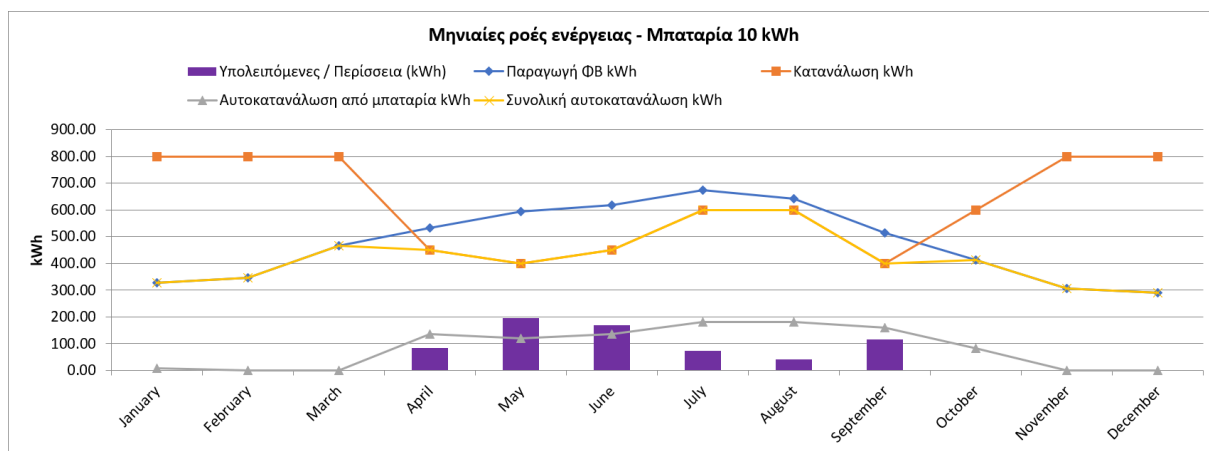
5.5 Μπαταρία 10 kWh

Στο σενάριο μπαταρίας 10 kWh εξετάζεται το ανώτερο μέγεθος αποθήκευσης της ομάδας. Τα μηνιαία δεδομένα δείχνουν αν υπάρχει αρκετή περίσσεια παραγωγής ώστε να αξιοποιηθεί πλήρως η πρόσθετη χωρητικότητα.

Πίνακας 15: Μηνιαία δεδομένα σεναρίου μπαταρίας 10 kWh.

Προέλευση δεδομένων: ΔΕ-MAA-2026, φύλλο σ_Σύνοψη_Μπαταρία_10.

Μήνας	Παραγωγή ΦΒ kWh	Κατανάλωση kWh	Αυτοκατανάλωση από μπαταρία kWh	Συνολική αυτοκατανάλωση kWh	Υπολειπόμενες / Περίσσεια (kWh)	Συνολικό όφελος €
January	328.68	800.00	8.68	328.68	0.00	65.74 €
February	344.92	800.00	0.00	344.92	0.00	68.98 €
March	464.90	800.00	0.00	464.90	0.00	92.98 €
April	532.62	450.00	135.00	450.00	82.62	94.96 €
May	594.40	400.00	120.00	400.00	194.40	91.66 €
June	618.16	450.00	135.00	450.00	168.16	100.09 €
July	674.39	600.00	180.00	600.00	74.39	124.46 €
August	641.52	600.00	180.00	600.00	41.52	122.49 €
September	514.40	400.00	160.00	400.00	114.40	86.86 €
October	411.84	600.00	81.84	411.84	0.00	82.37 €
November	306.50	800.00	0.00	306.50	0.00	61.30 €
December	290.27	800.00	0.00	290.27	0.00	58.05 €
Σύνολο έτους	5 722.60	7 500.00	1 000.52	5 047.11	675.48	1 049.95 €



Σχήμα 21: Μηνιαίες ροές ενέργειας σεναρίου Μπαταρία 10 kWh.

Το σενάριο Μπαταρία 10 kWh δίνει το μεγαλύτερο μέγεθος αποθήκευσης της ομάδας, αλλά ο DPP 8,86 έτη δείχνει ότι το πρόσθετο CAPEX δεν μετατρέπεται γραμμικά σε

οικονομικό όφελος. Η περίπτωση αυτή είναι χρήσιμη ως άνω όριο σύγκρισης και αναδεικνύει ότι η μπαταρία επιλέγεται με βάση την πραγματική περίπτωση, όχι μόνο με βάση το επιθυμητό επίπεδο αυτόρκειας.

5.6 Συνοπτική σύγκριση σεναρίων βελτιστοποίησης

Μετά την αναλυτική παρουσίαση κάθε επιλογής, τα βασικά τεχνικά και οικονομικά μεγέθη συγκρίνονται σε κοινή βάση. Η σύγκριση δείχνει ποια χωρητικότητα μπαταρίας οδηγεί σε μικρότερο χρόνο αποπληρωμής, ποια αυξάνει την αυτοκατανάλωση και ποια επιβαρύνει το CAPEX χωρίς αντίστοιχη βελτίωση.

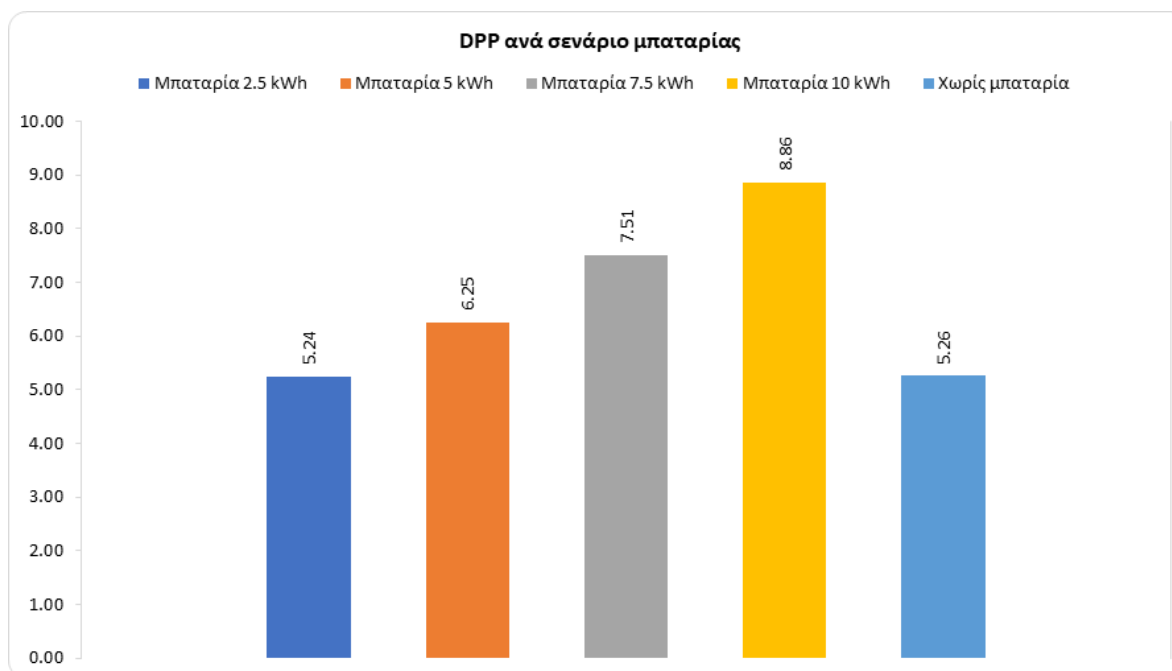
Για την αρχική ισχύ 9,90 kWp η διαδικασία εξετάζει διαδοχικά υποψήφιες τιμές 0,99, 1,98, 2,97 kWp και συνεχίζει μέχρι τα 9,90 kWp. Σε κάθε βήμα ελέγχεται αν η μείωση ισχύος διατηρεί τις αγοραζόμενες kWh και τον DPP εντός των κριτηρίων αποδοχής. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε επιλογή μπαταρίας.

Πίνακας 16: Συνοπτικός πίνακας σεναρίων μπαταρίας.

Προέλευση δεδομένων: ΔΕ-ΜΑΑ-2026, φύλλο 1α_Υπολογισμοί_Σεναρίων.

Σενάριο	ΦΒ	CAPEX	Αυτοκατ.	Ετήσιο όφελος	NPV	DPP
Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	4 851,20 €	4 580,27	984,59 €	14 371,47 €	5,24 έτη
Μπαταρία 5 kWh	3,96	6 051,20 €	4 977,11	1 040,15 €	14 256,15 €	6,25 έτη
Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	7 251,20 €	5 047,11	1 049,95 €	13 247,48 €	7,51 έτη
Μπαταρία 10 kWh	3,96	8 451,20 €	5 047,11	1 049,95 €	12 047,48 €	8,86 έτη
Χωρίς μπαταρία	5,94	5 476,80 €	4 240,00	1 108,63 €	16 167,56 €	5,26 έτη

Το διάγραμμα συγκρίνει τον DPP των σεναρίων με κοινή κλίμακα. Έτσι φαίνεται άμεσα ποια επιλογή μειώνει ή αυξάνει τον χρόνο αποπληρωμής σε σχέση με τη λύση χωρίς αποθήκευση.



Σχήμα 22: Προεξοφλημένη περίοδος αποπληρωμής ανά σενάριο μπαταρίας.

Το διάγραμμα συγκρίνει την προεξοφλημένη περίοδο αποπληρωμής των βασικών σεναρίων μπαταρίας. Οι διαφορές δείχνουν ότι η αποθήκευση δεν είναι αυτομάτως οικονομικά βέλτιστη, αλλά εξαρτάται από το πρόσθετο κόστος, τη διαθέσιμη περίσσεια και το πόσο αυξάνεται η αξιοποιήσιμη αυτοκατανάλωση.

Η σύγκριση δείχνει ότι η λύση χωρίς μπαταρία εμφανίζει πολύ χαμηλό DPP στο συγκεκριμένο σετ παραδοχών του φύλλου συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων, πολύ κοντά στο DPP της λύσης με μπαταρία 2.5kWh. Ωστόσο, η αξιολόγηση δεν περιορίζεται στον DPP, επειδή η μπαταρία μπορεί να μειώσει την ανάγκη για μεγαλύτερη ισχύ ΦΒ, γεγονός που σημαίνει οικονομία χώρου ή να βελτιώσει τη λειτουργική αξιοποίηση της παραγωγής σε σενάρια διαφορετικού φορτίου.

Η συνολική εικόνα δείχνει ότι η μπαταρία αυξάνει την αξιοποίηση της παραγωγής, αλλά η οικονομική της συμβολή εξαρτάται από το πόση πρόσθετη αυτοκατανάλωση δημιουργεί σε σχέση με το πρόσθετο CAPEX. Στη βιβλιογραφία εξετάζεται συχνά και η αναλογία χωρητικότητας μπαταρίας προς ισχύ ΦΒ, επειδή δείχνει αν η αποθήκευση είναι ανάλογη με το μέγεθος του συστήματος (Luthander et al., 2015).

6. Σύνθετα σενάρια και λειτουργία μοντελοποίησης

6.1 Σκοπός και θέση της λειτουργίας

Τα σύνθετα σενάρια αποτελούν ξεχωριστή λειτουργία μοντελοποίησης του ΔΕ-ΜΑΑ-2026. Δεν χρησιμοποιούνται για να παραχθούν τα σενάρια βελτιστοποίησης του Κεφαλαίου 4, αλλά λειτουργούν ως πρόσθετο επίπεδο διερεύνησης για περιπτώσεις όπου αλλάζει ταυτόχρονα το προφίλ κατανάλωσης, η επιλογή μπαταρίας και το ποσοστό επιδότησης.

Η λογική τους είναι πιο κοντά σε οδηγό χρήσης του υπολογιστικού αρχείου: ο χρήστης ορίζει τα επίπεδα που θέλει να εξετάσει, το ΔΕ-ΜΑΑ-2026 παράγει όλους τους συνδυασμούς και στο τέλος εμφανίζονται πίνακες και διάγραμμα κατάλληλα για ανάγνωση, αντιγραφή και παρουσίαση.

6.2 Είσοδοι χρήστη και παραμετροποίηση

Οι βασικές εισοδοι είναι οι ποσοστιαίες μεταβολές κατανάλωσης, τα ποσοστά επιδότησης μπαταρίας και οι διαθέσιμες επιλογές αποθήκευσης. Στο ΔΕ-ΜΑΑ-2026 οι εισοδοι αυτές συγκεντρώνονται στο φύλλο ιδ_Σενάρια_Καταν_Επιδ το οποίο εκτελεί και τους υπολογισμούς.

Η αύξηση κατανάλωσης δίνεται ως ποσοστό επί της βασικής περίπτωσης. Για παράδειγμα, τιμή 20% μετατρέπεται σε συντελεστή 1,20 και εφαρμόζεται στη μηνιαία κατανάλωση. Η επιδότηση δίνεται επίσης ως ποσοστό και εφαρμόζεται στο CAPEX της μπαταρίας.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τις εισόδους της λειτουργίας, δηλαδή τα επίπεδα κατανάλωσης και επιδότησης που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των συνδυασμών.

Πίνακας 17: Είσοδοι σύνθετων σεναρίων.

Προέλευση δεδομένων: ΔΕ-ΜΑΑ-2026, φύλλο ιδ_Σενάρια_Καταν_Επιδ.

Είσοδος	Τιμές που εξετάζονται
Αύξηση κατανάλωσης	0%, 20%, 40%, 60%, 150%
Συντελεστής κατανάλωσης	1,00, 1,20, 1,40, 1,60, 2,50
Επιδότηση μπαταρίας	0%, 50%, 80%
Σενάρια μπαταρίας	2,5 kWh, 5 kWh, 7,5 kWh, 10 kWh και χωρίς μπαταρία

Τα ενδιαμέσα φύλλα αναλαμβάνουν τη δημιουργία των συνδυασμών και τη μεταφορά των αποτελεσμάτων.

Η αύξηση κατανάλωσης μπορεί να προσομοιώσει νέο εξοπλισμό, αλλαγή χρήσης κατοικίας, φόρτιση ηλεκτρικού οχήματος ή γενικότερα μεγαλύτερη ζήτηση.

Η επιδότηση μπαταρίας εφαρμόζεται στο κόστος της αποθήκευσης και όχι στο σύνολο του ΦΒ συστήματος. Έτσι το μοντέλο μπορεί να δείξει πώς αλλάζει ο DPP όταν ένα πρόγραμμα ενίσχυσης μειώνει το πρόσθετο CAPEX της μπαταρίας. Η διάκριση αυτή είναι σημαντική, επειδή η ίδια μπαταρία μπορεί να είναι οικονομικά ασύμφορη χωρίς επιδότηση και ελκυστικότερη με υψηλή επιδότηση.

6.3 Αλγόριθμος δημιουργίας συνδυασμών

Ο αλγόριθμος δημιουργεί καρτεσιανό γινόμενο των διαθέσιμων παραμέτρων. Με πέντε επίπεδα κατανάλωσης, τρία επίπεδα επιδότησης και πέντε επιλογές μπαταρίας παράγονται $5 \times 3 \times 5 = 75$ γραμμές αποτελεσμάτων.

Σε κάθε γραμμή το μοντέλο αντλεί την επιλεγμένη ισχύ ΦΒ από το φύλλο ια_Υπολογισμοί_Σεναρίων, προσαρμόζει τη μηνιαία κατανάλωση με τον συντελεστή φορτίου, εφαρμόζει το ποσοστό επιδότησης στο CAPEX της μπαταρίας και υπολογίζει παραγωγή, αυτοκατανάλωση, αγοραζόμενες kWh, περίσσεια, ετήσιο όφελος, NPV και DPP.

Η διαδικασία αυτή επιτρέπει στον χρήστη να δει πώς μεταβάλλεται η οικονομική απόδοση όταν το ίδιο τεχνικό σύστημα χρησιμοποιείται σε βαρύτερο ή ελαφρύτερο φορτίο και όταν αλλάζει το χρηματοδοτικό πλαίσιο της μπαταρίας.

6.4 Παραγόμενα αποτελέσματα και φύλλο παρουσίασης

Τα αποτελέσματα των σύνθετων σεναρίων συγκεντρώνονται στο φύλλο ιδ_Σενάρια_Καταν_Επιδ. Στο φύλλο αυτό εμφανίζονται όλοι οι συνδυασμοί που υπολογίζονται, καθώς και η γραμμή με τον μικρότερο DPP. Η πλήρης ανάλυση παρατίθεται στον Πίνακα ΠΣΤ.1 του Παραρτήματος ΣΤ.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει μόνο τις γραμμές που χρησιμοποιούνται στο διάγραμμα. Με αυτόν τον τρόπο φαίνεται καθαρά ποια δεδομένα συγκρίνονται οπτικά.

Πίνακας 18: Επιλεγμένες σειρές DPP για το διάγραμμα σύνθετων σεναρίων.

Αύξηση κατανάλωσ ης %	Χωρίς μπαταρία	2,5 kWh - 0% επιδ.	2,5 kWh - 80% επιδ.	10 kWh - 0% επιδ.	10 kWh - 80% επιδ.
0%	5,25 έτη	5,24 έτη	4,16 έτη	8,86 έτη	4,64 έτη
20%	4,73 έτη	4,94 έτη	3,92 έτη	8,32 έτη	4,37 έτη
40%	4,36 έτη	4,69 έτη	3,73 έτη	8,11 έτη	4,26 έτη
60%	4,12 έτη	4,57 έτη	3,63 έτη	8,07 έτη	4,24 έτη
150%	3,48 έτη	4,47 έτη	3,56 έτη	8,07 έτη	4,24 έτη

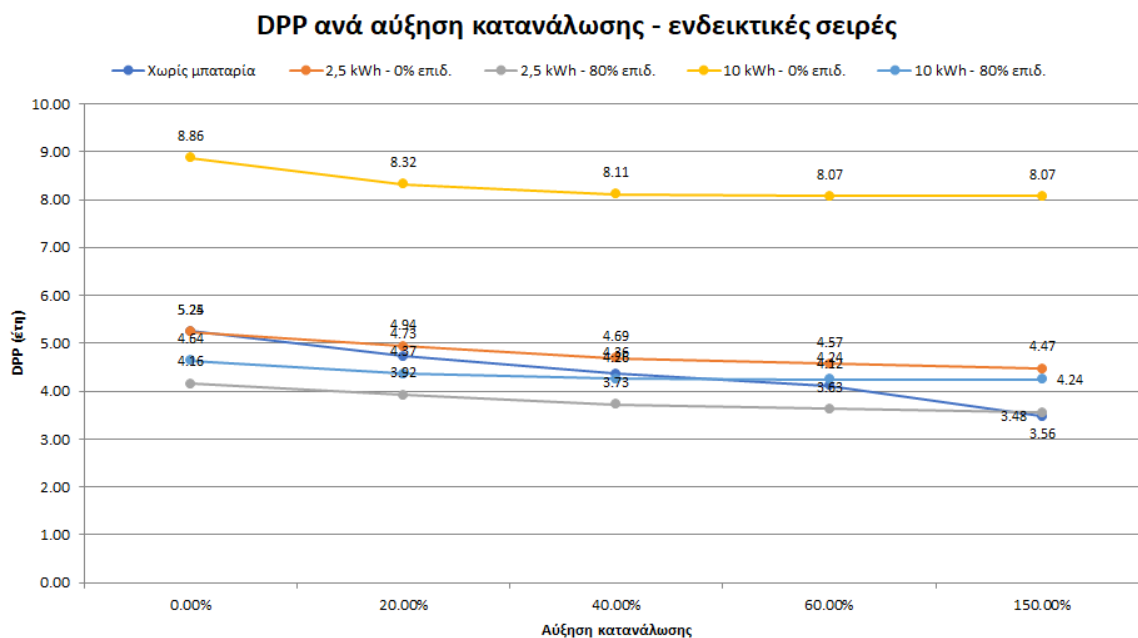
Στο κύριο σώμα κρατούνται οι επιλεγμένες γραμμές που διαβάζονται μαζί με το διάγραμμα, ώστε η οπτική σύγκριση να παραμένει σύντομη και ελέγξιμη.

Κάθε γραμμή του πίνακα αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη επιλογή κατανάλωσης, επιδότησης και μπαταρίας. Για την επιλογή αυτή υπολογίζονται η προσαρμοσμένη κατανάλωση, η αυτοκατανάλωση, η αγορά από το δίκτυο, η περίσσεια, το συνολικό κόστος και οι οικονομικοί δείκτες.

Το πρακτικό πλεονέκτημα είναι ότι μπορούν να εξεταστούν γρήγορα ερωτήματα τύπου «τι συμβαίνει αν αυξηθεί η κατανάλωση» ή «πόσο αλλάζει ο DPP αν επιδοτηθεί η μπαταρία».

6.5 Οπτική σύγκριση επιλεγμένων σύνθετων σεναρίων

Στο διάγραμμα παρουσιάζονται επιλεγμένες σειρές DPP από το φύλλο ιδ_Σενάρια_Καταν_Επιδ. Η επιλογή περιλαμβάνει περιπτώσεις χωρίς μπαταρία, με μικρή μπαταρία και με μεγαλύτερη μπαταρία, ώστε να φανεί πώς μεταβάλλεται ο DPP όταν αλλάζουν η κατανάλωση, η επιδότηση και το πρόσθετο κόστος αποθήκευσης.



Σχήμα 23: Επιλεγμένες σειρές DPP για αύξηση κατανάλωσης και επιδότηση μπαταρίας.

6.6 Πρακτική χρήση και αξιολόγηση σύνθετων σεναρίων

Η λειτουργία σύνθετων σεναρίων δείχνει πώς το ΔΕ-MAA-2026 μπορεί να χρησιμοποιηθεί πέρα από τη βασική περίπτωση και τα επιμέρους σενάρια μπαταρίας. Ο χρήστης μεταβάλλει μόνο τις εισόδους στο φύλλο ιδ_Σενάρια_Καταν_Επιδ _ όπως την κατανάλωση, την επιδότηση και την επιλογή αποθήκευσης. Οι υπόλοιποι υπολογισμοί εκτελούνται από το αρχείο.

Η πρακτική χρήση του αρχείου ξεκινά από τον καθορισμό της βασικής περίπτωσης: θέση, παραγωγή, κατανάλωση, κόστος, τιμές kWh και οικονομικές παραδοχές. Στη συνέχεια τα σενάρια μπαταρίας υπολογίζονται από τα αντίστοιχα φύλλα του ΔΕ-MAA-2026. Αν ο μελετητής θέλει να εξετάσει διαφορετική μελλοντική ζήτηση ή επιδότηση μπαταρίας, μεταβάλλει τις παραμετροποιημένες εισόδους.

7. Συμπεράσματα - Προτάσεις

7.1 Βασικά συμπεράσματα

Η εργασία δείχνει ότι στο net billing η οικονομική απόδοση ενός ΦΒ συστήματος δεν εξαρτάται μόνο από την ετήσια παραγωγή. Κρίσιμο είναι ποιο μέρος της παραγωγής καταναλώνεται άμεσα, ποιο μέρος αποθηκεύεται και ποιο μέρος εγχέεται στο δίκτυο με διαφορετική αποζημίωση.

Στη βασική περίπτωση, η παραγωγή του συστήματος δημιουργεί σημαντικό όφελος, αλλά η περίσσεια δείχνει ότι η εγκατεστημένη ισχύς πρέπει να διαβάζεται μαζί με το προφίλ κατανάλωσης. Η οικονομική αξία αυξάνεται όταν η παραγωγή συμπίπτει χρονικά με το φορτίο.

Η ανάλυση ευαισθησίας δείχνει ότι η τιμή αγοράς kWh επηρεάζει περισσότερο τον DPP, επειδή καθορίζει την αξία της αυτοκατανάλωσης. Το προεξοφλητικό επιτόκιο επηρεάζει περισσότερο το NPV 25ετίας, ενώ το CAPEX παραμένει κρίσιμη παράμετρος του χρόνου αποπληρωμής.

Ο ταυτοχρονισμός έχει μικρότερο αριθμητικό εύρος στον DPP, αλλά μεγάλη πρακτική σημασία. Είναι ο παράγοντας που συνδέει τη λειτουργία του χρήστη με την οικονομική αξία της παραγωγής και μπορεί να βελτιωθεί με μετατόπιση φορτίων, αυτοματισμούς ή αποθήκευση.

Στα σενάρια μπαταρίας, η αποθήκευση βελτιώνει την αξιοποίηση της παραγωγής, αλλά δεν είναι αυτόματα η οικονομικά καλύτερη λύση. Όσο αυξάνεται η χωρητικότητα, αυξάνεται και το CAPEX, ενώ η πρόσθετη αυτοκατανάλωση δεν αυξάνεται πάντα αναλογικά.

Το ΔΕ-MAA-2026 συμβάλλει μεθοδολογικά επειδή ενώνει σε ένα υπολογιστικό πλαίσιο παραγωγή, κατανάλωση, αυτοκατανάλωση, περίσσεια, CAPEX και οικονομικούς δείκτες. Έτσι η ίδια βάση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για βασική περίπτωση, ευαισθησίες, σενάρια μπαταρίας και σύνθετες παραμετρικές δοκιμές.

Η λειτουργία σύνθετων σεναρίων του Κεφαλαίου 5 αναδεικνύει αυτή τη δυνατότητα. Με ποσοστιαίες μεταβολές κατανάλωσης, επίπεδα επιδότησης και επιλογές μπαταρίας, το

αρχείο παράγει συγκρίσιμες γραμμές αποτελεσμάτων και βοηθά να αξιολογούνται μελλοντικές αλλαγές φορτίου ή χρηματοδοτικού πλαισίου.

7.2 Πρακτικές και πολιτικές προεκτάσεις

Για τον τελικό χρήστη, το βασικό πρακτικό συμπέρασμα είναι ότι η επένδυση σχεδιάζεται με βάση το προφίλ κατανάλωσης και όχι μόνο την ετήσια ζήτηση. Για τον μελετητή, το χρήσιμο στοιχείο είναι ένα υπολογιστικό πλαίσιο που επιτρέπει σύγκριση παραδοχών με κοινά κριτήρια.

Σε επίπεδο πολιτικής, τα κίνητρα για μπαταρίες και αυτοκατανάλωση συνδέονται ουσιαστικά με πραγματική βελτίωση ταυτοχρονισμού και αποσυμφόρηση του δικτύου. Παράλληλα, οι καταναλωτές χρειάζονται σαφή ενημέρωση για τη διαφορά net metering και net billing.

7.3 Περιορισμοί της μελέτης

Τα αποτελέσματα εξαρτώνται από τις παραδοχές τιμών ενέργειας, κόστους εξοπλισμού, κόστους εργασίας και προφίλ κατανάλωσης. Για αυτό δεν διαβάζονται ως μόνιμη πρόβλεψη, αλλά ως αξιολόγηση υπό συγκεκριμένο τεχνικό και οικονομικό πλαίσιο.

Η ανάλυση χρησιμοποιεί μηνιαία μεγέθη και παραμετροποιημένους συντελεστές ταυτοχρονισμού. Η χρήση ωριαίων ή δεκαπεντάλεπτων δεδομένων θα επέτρεπε ακριβέστερη αποτύπωση αιχμών φορτίου, φόρτισης μπαταρίας και ενέργειας που τελικά εγχέεται στο δίκτυο.

Οι τιμές αγοράς kWh και αποζημίωσης περίσσειας μπορούν να αλλάξουν λόγω αγοράς, ρυθμιστικών αποφάσεων ή αλλαγών τιμολογίων. Οι αναλύσεις ευαισθησίας περιορίζουν αυτή την αβεβαιότητα, χωρίς να την εξαλείφουν.

Η αποθήκευση αποτιμάται με βάση χωρητικότητα, κόστος και ενεργειακή αξιοποίηση. Δεν αναλύονται αναλυτικά η γήρανση, οι απώλειες κύκλου, η θερμοκρασιακή συμπεριφορά ή πιθανή αντικατάσταση μπαταρίας σε βάθος χρόνου.

7.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

- Χρήση ωριαίων ή δεκαπεντάλεπτων πραγματικών δεδομένων κατανάλωσης για ακριβέστερο ταυτοχρονισμό.
- Σύγκριση οικιακού προφίλ με επαγγελματικά προφίλ, όπως γραφείο, κατάστημα ή supermarket.
- Ενσωμάτωση δυναμικών τιμολογίων και διαφορετικών σχημάτων αποζημίωσης περίσσειας.
- Προσθήκη περιβαλλοντικών δεικτών, όπως αποφυγή εκπομπών CO₂ και τοπική προστιθέμενη αξία.

Βιβλιογραφία

- ΔΕΔΔΗΕ. (2015). Συχνές ερωτήσεις και απαντήσεις για την εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού από αυτοπαραγωγούς. Ανακτήθηκε από <https://www.deddie.gr/el/support/sychnes-erotiseis-apantiseis-gia-tin-efarmogi-energeiakou-sympsisifismou-apo-aftoparagogous/>
- ΔΕΔΔΗΕ. (2024). Ανακοίνωση του ΔΕΔΔΗΕ σε εφαρμογή του Ν. 5106/2024, ΦΕΚ 63/Α/01.05.2024. Ανακτήθηκε από <https://www.deddie.gr/el/ypiresies/ananeosimes-piges-energeias/syndeseis-stathmon-ananeosimon-pigon-energeias-ape/anakoinosi-tou-deddie-se-efarmogi-tou-n-5106-2024-fek-63-a-01-05-2024/>
- Ελληνική Δημοκρατία. (1985). Νόμος 1559/1985, ΦΕΚ Α' 135/25.07.1985: Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις.
- Ελληνική Δημοκρατία. (1994). Νόμος 2244/1994, ΦΕΚ Α' 168/07.10.1994: Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις.
- Ελληνική Δημοκρατία. (1999). Νόμος 2773/1999, ΦΕΚ Α' 286/22.12.1999: Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις.
- Ελληνική Δημοκρατία. (2006). Νόμος 3468/2006, ΦΕΚ Α' 129/27.06.2006: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης και λοιπές διατάξεις.
- Ελληνική Δημοκρατία. (2010). Νόμος 3851/2010, ΦΕΚ Α' 85/04.06.2010: Επιτάχυνση της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις.
- Ελληνική Δημοκρατία. (2014). Νόμος 4254/2014, ΦΕΚ Α' 85/07.04.2014: Μέτρα στήριξης και ανάπτυξης της ελληνικής οικονομίας στο πλαίσιο εφαρμογής του Ν. 4046/2012 και άλλες διατάξεις.
- Ελληνική Δημοκρατία. (2022). Νόμος 4951/2022, ΦΕΚ Α' 129/04.07.2022: Εκσυγχρονισμός της αδειοδοτικής διαδικασίας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και άλλες διατάξεις.

- Ελληνική Δημοκρατία. (2023). Νόμος 5037/2023, ΦΕΚ Α' 78/28.03.2023: Εκσυγχρονισμός της νομοθεσίας για τη χρήση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ μέσω της ενσωμάτωσης των Οδηγιών 2018/2001 και 2019/944.
- Ελληνική Δημοκρατία. (2024). Νόμος 5106/2024, ΦΕΚ Α' 63/01.05.2024: Ρυθμίσεις για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, την ενεργειακή ασφάλεια και άλλες επείγουσες διατάξεις.
- Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ). (2024). Αυτοκατανάλωση ενέργειας: Net billing και zero feed-in με ή χωρίς αποθήκευση. Ανακτήθηκε από https://helapco.gr/xorigle/2024/10/HELAPCO_Self_Consumption_29Oct2024.pdf
- Υπουργείο Εργασίας και Κοινωνικής Ασφάλισης. (2026). Κατώτατος μισθός, ημερομίσθιο και ασφαλιστικές εισφορές. Ανακτήθηκε από <https://ypergasias.gov.gr/se-ischy-apo-simera-o-neos-katotatos-misthos-ofelei-15-ekatommyrio-polites/>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2024). Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/93976/2772, ΦΕΚ 5074/Β/05.09.2024: Ρυθμίσεις για την αυτοκατανάλωση ενέργειας, τον ταυτοχρονισμένο συμψηφισμό και σχήματα με ή χωρίς αποθήκευση.
- Chatzigeorgiou, N. G. (2023). Evaluating the techno-economic effect of pricing and consumption parameters on the power-to-energy ratio for sizing photovoltaic-battery systems: An assessment of prosumers in the Mediterranean area. *Energies*, 16(10), 4073. <https://doi.org/10.3390/en16104073>
- Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). (2020). Global photovoltaic power potential by country. Washington, DC: World Bank. <https://globalsolaratlas.info>
- European Commission. (2022). EU solar energy strategy and REPowerEU plan. Ανακτήθηκε από <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52022DC0221>
- European Commission. (2026). Energy communities. Ανακτήθηκε από https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/energy-consumers-and-prosumers/energy-communities_en
- European Commission, Joint Research Centre, Gounari, O., Martinez, A., Taylor, N., & Alexandris, N. (2024). PVGIS 5.3 Dataset Update (JRC139355). European Commission.
- European Parliament and Council of the European Union. (2018). Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources. Official Journal of the European Union.

- European Parliament and Council of the European Union. (2019). Directive (EU) 2019/944 on common rules for the internal market for electricity. Official Journal of the European Union.
- European Parliament and Council of the European Union. (2023). Directive (EU) 2023/2413 amending Directive (EU) 2018/2001 as regards the promotion of energy from renewable sources. Official Journal of the European Union.
- Fuster-Palop, E., Prades-Gil, C., Masip, X., Viana-Fons, J. D., & Payá, J. (2023). Techno-economic potential of urban photovoltaics: Comparison of net billing and net metering in a Mediterranean municipality. *Energies*, 16(8), 3564. <https://doi.org/10.3390/en16083564>
- International Energy Agency. (2024). Renewables 2024: Analysis and forecast to 2030. IEA.
- International Renewable Energy Agency. (2024). Renewable power generation costs in 2023. IRENA.
- Kosmadakis, I. E., Elmasides, C., Koulinas, G., & Tsagarakis, K. P. (2021). Energy unit cost assessment of six photovoltaic-battery configurations. *Renewable Energy*, 173, 24–41. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.010>
- Lopes, R. A., Martins, J., Aelenei, D., & Lima, C. P. (2016). A cooperative net zero energy community to improve load matching. *Renewable Energy*, 93, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.044>
- Luthander, R., Widén, J., Nilsson, D., & Palm, J. (2015). Photovoltaic self-consumption in buildings: A review. *Applied Energy*, 142, 80–94. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.12.028>

Παραρτήματα

Τα παραρτήματα παραθέτουν τους αναλυτικούς πίνακες που υποστηρίζουν το κύριο σώμα. Οι πίνακες προέρχονται από το ΔΕ-ΜΑΑ-2026 και λειτουργούν ως τεκμηρίωση για τα αποτελέσματα και τα γραφήματα που παρουσιάστηκαν στα Κεφάλαια 3 έως 5.

Παράρτημα Α: Βασικό σενάριο και δεδομένα PVGIS

Ο παρακάτω πίνακας αντιστοιχεί στα αναλυτικά μηνιαία αποτελέσματα της βασικής περίπτωσης. Στο κύριο σώμα παρουσιάστηκε η σύνοψη, ενώ εδώ διατηρείται η πλήρης μηνιαία εικόνα για τον έλεγχο των επιμέρους μεγεθών.

Πίνακας ΠΑ.1: Πλήρης μηνιαίος πίνακας βασικής περίπτωσης.

Μήνας	Παραγωγή	Κατανάλωση	Αυτοκατανάλωση	Περίσσεια	Όφελος
Ιαν	821,70	800,00	320,00	501,70	94,10 €
Φεβ	862,29	800,00	400,00	462,29	107,74 €
Μαρ	1 162,26	800,00	480,00	682,26	136,94 €
Απρ	1 331,55	450,00	315,00	1 016,55	123,99 €
Μαι	1 485,99	400,00	280,00	1 205,99	128,36 €
Ιουν	1 545,39	450,00	315,00	1 230,39	136,82 €
Ιουλ	1 685,97	600,00	420,00	1 265,97	159,96 €
Αυγ	1 603,80	600,00	420,00	1 183,80	155,03 €
Σεπ	1 286,01	400,00	240,00	1 046,01	110,76 €
Οκτ	1 029,60	600,00	330,00	699,60	107,98 €
Νοε	766,26	800,00	400,00	366,26	101,98 €
Δεκ	725,67	800,00	320,00	405,67	88,34 €
Σύνολο	14 306,49	7 500,00	4 240,00	10 066,49	1 452,00 €

Παράρτημα Β: Κοστολόγηση εξοπλισμού, υλικών και εργασιών

Το παράρτημα Β συγκεντρώνει τις γραμμές κόστους που χρησιμοποιούνται για την τεκμηρίωση του CAPEX. Οι τιμές αυτές ενημερώνονται όταν υπάρχουν νέες προσφορές ή αλλαγές τιμών αγοράς.

Πίνακας ΠΒ.1: Αναλυτικός πίνακας βασικού εξοπλισμού ΦΒ.

Εξοπλισμός	Τύπος	Ποσότητα	Σύνολο
Inverter υβριδικός τριφασικός	IVH FR SYMO GEN24 10.0 PLUS	1	2 496,12 €
Panel	SM LUXOR	22	990,00 €
Τεγίδες	K2 MR K2L 5.50	8	304,04 €
Ενδιάμεσο τεμάχιο στήριξης πάνελ με πάχος 32-42mm	K2 MC Universal Clamp OneMid SILVER 32-42mm	32	48,88 €
Πλευρικό τεμάχιο στήριξης πάνελ με πάχος 32-42 mm	K2 EC Universal Clamp OneEnd SILVER 32-42mm	32	48,88 €
Τεμάχιο τοποθέτησης σε κεραμοσκεπή	K2 DH RF PA VARIO 2 5/6x30	24	152,88 €
Τριφασικός Μετρητής	MC HEX HXE 310	1	205,80 €

Πίνακας ΠΒ.2: Αναλυτικός πίνακας εργασιών από WBS.

Εργασία / δραστηριότητα	Ανθρωποημέρες
Τοποθέτηση στηριγμάτων	2,00
Τοποθέτηση Τεγίδων	2,00
Τοποθέτηση Φωτοβολταικών	3,00
Τοποθέτηση πίνακα AC στο χώρο	1,00
Τοποθέτηση πίνακα DC στο χώρο	1,00
Τοποθέτηση Inverter	1,00

Εργασία / δραστηριότητα	Ανθρωποημέρες
Τοποθέτηση Μετρητή Παραγωγής	0,50
Τοποθέτηση Διακόπτη Απομόνωσης	0,50
Τοποθέτηση πλαστικού καναλιού μεταξύ πινάκων, μπαταριών και Inverter	0,50
Όδευση καλωδίων AC από Μετρητή Παραγωγής με σωλήνα Κουβίδα στο Διακόπτη Απομόνωσης	0,25
Όδευση καλωδίων AC από Διακόπτη Απομόνωσης στον πίνακα διακλάδωσης	0,25
Σύνδεση καλωδίων DC Φωτοβολταϊκών στον Πίνακα DC	1,00

Πίνακας ΠΒ.3: Αναλυτικός πίνακας ηλεκτρολογικών και λοιπών υλικών.

Υλικό	Ποσότητα	Σύνολο
CU1204 ΠΙΝΑΚΑΣ 2X12M ΔΙΑΦ ΠΟΡΤ MISTRAL65	2	65,39 €
Τετραπολικοί Ραγοδιακόπτες Φορτίου 32A	2	21,17 €
F204A-25/0,03 ΑΝΤΙΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑΚΟΣ	2	98,64 €
Ασφαλαιοαποξεύκτης Ράγας Τετραπολικός	2	14,50 €
Κυλινδρική Ασφάλεια 32A 10x38 400V AC	3	1,77 €
OVR T2-T3 3N 20-275 P QS ΑΠΑΓΩΓ.ΥΠΕΡΤ	1	62,00 €
Ασφαλειοθήκη κυλινδρικής ασφάλειας 2P 10x38 32A	2	9,48 €

Παράρτημα Γ: Αναλυτικά αποτελέσματα σεναρίων μπαταρίας από το φύλλο ιγ_Αποτελέσματα_Σεναρίων του ΔΕ-ΜΑΑ-2026

Το φύλλο ιγ_Αποτελέσματα_Σεναρίων του ΔΕ-ΜΑΑ-2026 συγκεντρώνει τα βασικά αποτελέσματα των σεναρίων μπαταρίας. Παρακάτω χωρίζεται σε τεχνικό και οικονομικό τμήμα ώστε να παραμένει αναγνώσιμο σε μορφή Word.

Πίνακας ΠΓ.1: Τεχνικό τμήμα συγκεντρωτικών αποτελέσματα σεναρίων.

Σενάριο	Μπατ.	Όριο	ΦΒ	Παραγωγή	Άμεση αυτοκ.	Αυτοκ. μπατ.	Συνολική αυτοκ.
Μπαταρία 2.5 kWh	2,5	75	3,96	5 722,60	4 046,59	533,68	4 580,27
Μπαταρία 5 kWh	5,0	150	3,96	5 722,60	4 046,59	930,52	4 977,11
Μπαταρία 7.5 kWh	7,5	225	3,96	5 722,60	4 046,59	1 000,52	5 047,11
Μπαταρία 10 kWh	10,0	300	3,96	5 722,60	4 046,59	1 000,52	5 047,11
Χωρίς μπαταρία	0,0	0	5,94	8 583,89	4 240,00	0,00	4 240,00

Πίνακας ΠΓ.2: Οικονομικό τμήμα συγκεντρωτικών αποτελέσματα σεναρίων.

Σενάριο	Συνολικό CAPEX	Ετήσιο όφελος	NPV	IRR	PBP	DPP
Μπαταρία 2.5 kWh	4 851,20 €	984,59 €	14 371,47 €	20,09%	4,93 έτη	5,24 έτη
Μπαταρία 5 kWh	6 051,20 €	1 040,15 €	14 256,15 €	16,84%	5,82 έτη	6,25 έτη
Μπαταρία 7.5 kWh	7 251,20 €	1 049,95 €	13 247,48 €	13,92%	6,91 έτη	7,51 έτη
Μπαταρία 10 kWh	8 451,20 €	1 049,95 €	12 047,48 €	11,63%	8,05 έτη	8,86 έτη
Χωρίς μπαταρία	5 476,80 €	1 108,63 €	16 167,56 €	20,03%	4,94 έτη	5,26 έτη

Οι συναρτήσεις αυτοκατανάλωσης, NPV και DPP που χρησιμοποιούνται στο ΔΕ-ΜΑΑ-2026 αντιστοιχούν στις σχέσεις του Κεφαλαίου 2.

Παράρτημα Δ: Πίνακες αναλύσεων ευαισθησίας

Οι πίνακες του Παραρτήματος Δ παραθέτουν τις τιμές που παράγουν τα αντίστοιχα γραφήματα ευαισθησίας. Στο κύριο σώμα παρουσιάζεται η ερμηνεία και η σύγκριση των παραγόντων.

Παράρτημα Δ.1: Προεξοφλητικό επιτόκιο

Πίνακας ΠΔ.1: Αναλυτικές τιμές ευαισθησίας - Προεξοφλητικό επιτόκιο.

Προεξοφλητικό επιτόκιο	NPV 25ετίας €	DPP έτη	ΔDPP από βάση	%Δ επιτοκίου
0,00%	27 171,74 €	6,29 έτη	-0,50 έτη	-100,00%
1,00%	22 849,39 €	6,53 έτη	-0,26 έτη	-50,00%
2,00%	19 219,85 €	6,79 έτη	0,00 έτη	0,00%
3,00%	16 155,71 €	7,07 έτη	0,28 έτη	50,00%
4,00%	13 555,09 €	7,39 έτη	0,60 έτη	100,00%
5,00%	11 336,26 €	7,74 έτη	0,95 έτη	150,00%
6,00%	9 433,30 €	8,13 έτη	1,34 έτη	200,00%
7,00%	7 792,88 €	8,58 έτη	1,79 έτη	250,00%
8,00%	6 371,66 €	9,09 έτη	2,30 έτη	300,00%
9,00%	5 134,28 €	9,69 έτη	2,90 έτη	350,00%
10,00%	4 051,77 €	10,41 έτη	3,62 έτη	400,00%

Παράρτημα Δ.2: Αρχικό κόστος ΦΒ / CAPEX

Πίνακας ΠΔ.2: Αναλυτικές τιμές ευαισθησίας - Αρχικό κόστος ΦΒ / CAPEX.

Μεταβολή σεναρίου	CAPEX €	NPV 25ετίας €	DPP έτη	ΔDPP από βάση
0,00%	9 128,00 €	19 219,85 €	6,79 έτη	0,00 έτη
5,00%	9 584,40 €	18 763,45 €	7,15 έτη	0,36 έτη

Μεταβολή σεναρίου	CAPEX €	NPV 25ετίας €	DPP έτη	ΔDPP από βάση
10,00%	10 040,80 €	18 307,05 €	7,52 έτη	0,73 έτη
15,00%	10 497,20 €	17 850,65 €	7,89 έτη	1,10 έτη
20,00%	10 953,60 €	17 394,25 €	8,26 έτη	1,47 έτη
25,00%	11 410,00 €	16 937,85 €	8,64 έτη	1,85 έτη
30,00%	11 866,40 €	16 481,45 €	9,01 έτη	2,23 έτη
35,00%	12 322,80 €	16 025,05 €	9,40 έτη	2,61 έτη
40,00%	12 779,20 €	15 568,65 €	9,78 έτη	2,99 έτη
45,00%	13 235,60 €	15 112,25 €	10,17 έτη	3,38 έτη
50,00%	13 692,00 €	14 655,85 €	10,56 έτη	3,77 έτη

Παράρτημα Δ.3: Τιμή αποζημίωσης περίσσειας kWh

Πίνακας ΠΔ.3: Αναλυτικές τιμές ευαισθησίας - Τιμή αποζημίωσης περίσσειας kWh.

Μεταβολή σεναρίου	Τιμή αποζημίωσης €/kWh	NPV 25ετίας €	DPP έτη	ΔDPP από βάση
0,00%	0,060	19 219,85 €	6,79 έτη	0,00 έτη
5,00%	0,063	19 809,45 €	6,64 έτη	-0,15 έτη
10,00%	0,066	20 399,05 €	6,50 έτη	-0,29 έτη
15,00%	0,069	20 988,65 €	6,36 έτη	-0,42 έτη
20,00%	0,072	21 578,24 €	6,23 έτη	-0,55 έτη
25,00%	0,075	22 167,84 €	6,11 έτη	-0,68 έτη
30,00%	0,078	22 757,44 €	5,99 έτη	-0,80 έτη
35,00%	0,081	23 347,04 €	5,87 έτη	-0,92 έτη
40,00%	0,084	23 936,64 €	5,76 έτη	-1,03 έτη

Μεταβολή σεναρίου	Τιμή αποζημίωσης €/kWh	NPV 25ετίας €	DPP έτη	ΔDPP από βάση
45,00%	0,087	24 526,23 €	5,66 έτη	-1,13 έτη
50,00%	0,090	25 115,83 €	5,55 έτη	-1,23 έτη

Παράρτημα Δ.4: Τιμή αγοράς kWh

Πίνακας ΠΔ.4: Αναλυτικές τιμές ευαισθησίας - Τιμή αγοράς kWh.

Μεταβολή σεναρίου	Τιμή αγοράς €/kWh	NPV 25ετίας €	DPP έτη	ΔDPP από βάση
-50,00%	0,100	10 941,91 €	9,87 έτη	3,09 έτη
-40,00%	0,120	12 597,50 €	9,05 έτη	2,26 έτη
-30,00%	0,140	14 253,08 €	8,35 έτη	1,57 έτη
-20,00%	0,160	15 908,67 €	7,76 έτη	0,97 έτη
-10,00%	0,180	17 564,26 €	7,24 έτη	0,45 έτη
0,00%	0,200	19 219,85 €	6,79 έτη	0,00 έτη
10,00%	0,220	20 875,44 €	6,39 έτη	-0,40 έτη
20,00%	0,240	22 531,03 €	6,03 έτη	-0,76 έτη
30,00%	0,260	24 186,62 €	5,72 έτη	-1,07 έτη
40,00%	0,280	25 842,21 €	5,43 έτη	-1,36 έτη
50,00%	0,300	27 497,80 €	5,17 έτη	-1,62 έτη

Παράρτημα Δ.5: Συντελεστής ταυτοχρονισμού

Πίνακας ΠΔ.5: Αναλυτικές τιμές ευαισθησίας - Συντελεστής ταυτοχρονισμού.

Μεταβολή σεναρίου	Σταθμισμένος συντελεστής	NPV 25ετίας €	DPP έτη	ΔDPP από βάση
0,00%	0,565	19 219,85 €	6,79 έτη	0,00 έτη
5,00%	0,594	19 799,31 €	6,64 έτη	-0,14 έτη

Μεταβολή σεναρίου	Σταθμισμένος συντελεστής	NPV 25ετίας €	DPP έτη	ΔDPP από βάση
10,00%	0,622	20 378,76 €	6,50 έτη	-0,28 έτη
15,00%	0,650	20 958,22 €	6,37 έτη	-0,42 έτη
20,00%	0,678	21 537,68 €	6,24 έτη	-0,55 έτη
25,00%	0,707	22 117,13 €	6,12 έτη	-0,67 έτη
30,00%	0,735	22 696,59 €	6,00 έτη	-0,79 έτη
35,00%	0,763	23 276,05 €	5,89 έτη	-0,90 έτη
40,00%	0,791	23 855,50 €	5,78 έτη	-1,01 έτη
45,00%	0,815	24 332,46 €	5,69 έτη	-1,10 έτη
50,00%	0,831	24 672,75 €	5,63 έτη	-1,16 έτη

Παράρτημα Ε: Πλήρεις μηνιαίοι πίνακες σεναρίων μπαταρίας

Οι πίνακες του Παραρτήματος Ε παραθέτουν τα πλήρη μηνιαία δεδομένα από τα οποία προκύπτουν οι πίνακες παρουσίας και τα αντίστοιχα γραφήματα του κύριου σώματος.

Παράρτημα Ε.1: Χωρίς μπαταρία

Πίνακας ΠΕ.1.1: Σύνοψη σεναρίου Χωρίς μπαταρία.

Μέγεθος	Τιμή
Σενάριο	Χωρίς μπαταρία
Μηνιαίο όριο μπαταρίας	0,00 kWh
Ισχύς ΦΒ	5,94 kWp
Συνολικό CAPEX	5 476,80 €
CAPEX μπαταρίας	0,00 €
NPV 25ετίας	16 167,56 €
IRR	20,03%
DPP	5,26 έτη

Πίνακας ΠΕ.1.2: Πλήρης ενεργειακός πίνακας Χωρίς μπαταρία.

Μήνας	Παραγωγή	Κατανάλωση	Συντ.	Άμεση αυτοκ.	Αυτοκ. μπατ.	Συνολική αυτοκ.
Ιαν	493,02	800,00	0,400	320,00	0,00	320,00
Φεβ	517,37	800,00	0,500	400,00	0,00	400,00
Μαρ	697,36	800,00	0,600	480,00	0,00	480,00
Απρ	798,93	450,00	0,700	315,00	0,00	315,00
Μαι	891,59	400,00	0,700	280,00	0,00	280,00
Ιουν	927,23	450,00	0,700	315,00	0,00	315,00
Ιουλ	1 011,58	600,00	0,700	420,00	0,00	420,00
Αυγ	962,28	600,00	0,700	420,00	0,00	420,00

Μήνας	Παραγωγή	Κατανάλωση	Συντ.	Άμεση αυτοκ.	Αυτοκ. μπατ.	Συνολική αυτοκ.
Σεπ	771,61	400,00	0,600	240,00	0,00	240,00
Οκτ	617,76	600,00	0,550	330,00	0,00	330,00
Νοε	459,76	800,00	0,500	400,00	0,00	400,00
Δεκ	435,40	800,00	0,400	320,00	0,00	320,00
Σύνολο	8 583,89	7 500,00	0,588	4 240,00	0,00	4 240,00

Πίνακας ΠΕ.1.3: Οικονομικό τμήμα μηνιαίου πίνακα Χωρίς μπαταρία.

Μήνας	Αγορά από δίκτυο	Περίσσεια	Αποζημίωση	Όφελος
Ιαν	480,00	173,02	10,38 €	74,38 €
Φεβ	400,00	117,37	7,04 €	87,04 €
Μαρ	320,00	217,36	13,04 €	109,04 €
Απρ	135,00	483,93	29,04 €	92,04 €
Μαι	120,00	611,59	36,70 €	92,70 €
Ιουν	135,00	612,23	36,73 €	99,73 €
Ιουλ	180,00	591,58	35,49 €	119,49 €
Αυγ	180,00	542,28	32,54 €	116,54 €
Σεπ	160,00	531,61	31,90 €	79,90 €
Οκτ	270,00	287,76	17,27 €	83,27 €
Νοε	400,00	59,76	3,59 €	83,59 €
Δεκ	480,00	115,40	6,92 €	70,92 €
Σύνολο	3 260,00	4 343,89	260,63 €	1 108,63 €

Παράρτημα Ε.2: Μπαταρία 2,5 kWh

Πίνακας ΠΕ.2.1: Σύνοψη σεναρίου Μπαταρία 2,5 kWh.

Μέγεθος	Τιμή
Σενάριο	Μπαταρία 2.5 kWh
Μηνιαίο όριο μπαταρίας	75,00 kWh
Ισχύς ΦΒ	3,96 kWp
Συνολικό CAPEX	4 851,20 €
CAPEX μπαταρίας	1 200,00 €
NPV 25ετίας	14 371,47 €
IRR	20,09%
DPP	5,24 έτη

Πίνακας ΠΕ.2.2: Πλήρης ενεργειακός πίνακας Μπαταρία 2,5 kWh.

Μήνας	Παραγωγή	Κατανάλωση	Συντ.	Άμεση αυτοκ.	Αυτοκ. μπατ.	Συνολική αυτοκ.
Ιαν	328,68	800,00	0,400	320,00	8,68	328,68
Φεβ	344,92	800,00	0,500	344,92	0,00	344,92
Μαρ	464,90	800,00	0,600	464,90	0,00	464,90
Απρ	532,62	450,00	0,700	315,00	75,00	390,00
Μαι	594,40	400,00	0,700	280,00	75,00	355,00
Ιουν	618,16	450,00	0,700	315,00	75,00	390,00
Ιουλ	674,39	600,00	0,700	420,00	75,00	495,00
Αυγ	641,52	600,00	0,700	420,00	75,00	495,00
Σεπ	514,40	400,00	0,600	240,00	75,00	315,00
Οκτ	411,84	600,00	0,550	330,00	75,00	405,00
Νοε	306,50	800,00	0,500	306,50	0,00	306,50

Μήνας	Παραγωγή	Κατανάλωση	Συντ.	Άμεση αυτοκ.	Αυτοκ. μπατ.	Συνολική αυτοκ.
Δεκ	290,27	800,00	0,400	290,27	0,00	290,27
Σύνολο	5 722,60	7 500,00	0,588	4 046,59	533,68	4 580,27

Πίνακας ΠΕ.2.3: Οικονομικό τμήμα μηνιαίου πίνακα Μπαταρία 2,5 kWh.

Μήνας	Αγορά από δίκτυο	Περίσσεια	Αποζημίωση	Όφελος
Ιαν	471,32	0,00	0,00 €	65,74 €
Φεβ	455,08	0,00	0,00 €	68,98 €
Μαρ	335,10	0,00	0,00 €	92,98 €
Απρ	60,00	142,62	8,56 €	86,56 €
Μαι	45,00	239,40	14,36 €	85,36 €
Ιουν	60,00	228,16	13,69 €	91,69 €
Ιουλ	105,00	179,39	10,76 €	109,76 €
Αυγ	105,00	146,52	8,79 €	107,79 €
Σεπ	85,00	199,40	11,96 €	74,96 €
Οκτ	195,00	6,84	0,41 €	81,41 €
Νοε	493,50	0,00	0,00 €	61,30 €
Δεκ	509,73	0,00	0,00 €	58,05 €
Σύνολο	2 919,73	1 142,32	68,54 €	984,59 €

Παράρτημα Ε.3: Μπαταρία 5 kWh

Πίνακας ΠΕ.3.1: Σύνοψη σεναρίου Μπαταρία 5 kWh.

Μέγεθος	Τιμή
Σενάριο	Μπαταρία 5 kWh
Μηνιαίο όριο μπαταρίας	150,00 kWh
Ισχύς ΦΒ	3,96 kWp
Συνολικό CAPEX	6 051,20 €
CAPEX μπαταρίας	2 400,00 €

Μέγεθος	Τιμή
NPV 25ετίας	14 256,15 €
IRR	16,84%
DPP	6,25 έτη

Πίνακας ΠΕ.3.2: Πλήρης ενεργειακός πίνακας Μπαταρία 5 kWh.

Μήνας	Παραγωγή	Κατανάλωση	Συντ.	Άμεση αυτοκ.	Αυτοκ. μπατ.	Συνολική αυτοκ.
Ιαν	328,68	800,00	0,400	320,00	8,68	328,68
Φεβ	344,92	800,00	0,500	344,92	0,00	344,92
Μαρ	464,90	800,00	0,600	464,90	0,00	464,90
Απρ	532,62	450,00	0,700	315,00	135,00	450,00
Μαι	594,40	400,00	0,700	280,00	120,00	400,00
Ιουν	618,16	450,00	0,700	315,00	135,00	450,00
Ιουλ	674,39	600,00	0,700	420,00	150,00	570,00
Αυγ	641,52	600,00	0,700	420,00	150,00	570,00
Σεπ	514,40	400,00	0,600	240,00	150,00	390,00
Οκτ	411,84	600,00	0,550	330,00	81,84	411,84
Νοε	306,50	800,00	0,500	306,50	0,00	306,50
Δεκ	290,27	800,00	0,400	290,27	0,00	290,27
Σύνολο	5 722,60	7 500,00	0,588	4 046,59	930,52	4 977,11

Πίνακας ΠΕ.3.3: Οικονομικό τμήμα μηνιαίου πίνακα Μπαταρία 5 kWh.

Μήνας	Αγορά από δίκτυο	Περίσσεια	Αποζημίωση	Όφελος
Ιαν	471,32	0,00	0,00 €	65,74 €
Φεβ	455,08	0,00	0,00 €	68,98 €

Μήνας	Αγορά από δίκτυο	Περίσσεια	Αποζημίωση	Όφελος
Μαρ	335,10	0,00	0,00 €	92,98 €
Απρ	0,00	82,62	4,96 €	94,96 €
Μαι	0,00	194,40	11,66 €	91,66 €
Ιουν	0,00	168,16	10,09 €	100,09 €
Ιουλ	30,00	104,39	6,26 €	120,26 €
Αυγ	30,00	71,52	4,29 €	118,29 €
Σεπ	10,00	124,40	7,46 €	85,46 €
Οκτ	188,16	0,00	0,00 €	82,37 €
Νοε	493,50	0,00	0,00 €	61,30 €
Δεκ	509,73	0,00	0,00 €	58,05 €
Σύνολο	2 522,89	745,48	44,73 €	1 040,15 €

Παράρτημα Ε.4: Μπαταρία 7,5 kWh

Πίνακας ΠΕ.4.1: Σύνοψη σεναρίου Μπαταρία 7,5 kWh.

Μέγεθος	Τιμή
Σενάριο	Μπαταρία 7.5 kWh
Μηνιαίο όριο μπαταρίας	225,00 kWh
Ισχύς ΦΒ	3,96 kWp
Συνολικό CAPEX	7 251,20 €
CAPEX μπαταρίας	3 600,00 €
NPV 25ετίας	13 247,48 €
IRR	13,92%
DPP	7,51 έτη

Πίνακας ΠΕ.4.2: Πλήρης ενεργειακός πίνακας Μπαταρία 7,5 kWh.

Μήνας	Παραγωγή	Κατανάλωση	Συντ.	Άμεση αυτοκ.	Αυτοκ. μπατ.	Συνολική αυτοκ.
Ιαν	328,68	800,00	0,400	320,00	8,68	328,68
Φεβ	344,92	800,00	0,500	344,92	0,00	344,92
Μαρ	464,90	800,00	0,600	464,90	0,00	464,90
Απρ	532,62	450,00	0,700	315,00	135,00	450,00
Μαι	594,40	400,00	0,700	280,00	120,00	400,00
Ιουν	618,16	450,00	0,700	315,00	135,00	450,00
Ιουλ	674,39	600,00	0,700	420,00	180,00	600,00
Αυγ	641,52	600,00	0,700	420,00	180,00	600,00
Σεπ	514,40	400,00	0,600	240,00	160,00	400,00
Οκτ	411,84	600,00	0,550	330,00	81,84	411,84
Νοε	306,50	800,00	0,500	306,50	0,00	306,50
Δεκ	290,27	800,00	0,400	290,27	0,00	290,27
Σύνολο	5 722,60	7 500,00	0,588	4 046,59	1 000,52	5 047,11

Πίνακας ΠΕ.4.3: Οικονομικό τμήμα μηνιαίου πίνακα Μπαταρία 7,5 kWh.

Μήνας	Αγορά από δίκτυο	Περίσσεια	Αποζημίωση	Όφελος
Ιαν	471,32	0,00	0,00 €	65,74 €
Φεβ	455,08	0,00	0,00 €	68,98 €
Μαρ	335,10	0,00	0,00 €	92,98 €
Απρ	0,00	82,62	4,96 €	94,96 €
Μαι	0,00	194,40	11,66 €	91,66 €
Ιουν	0,00	168,16	10,09 €	100,09 €
Ιουλ	0,00	74,39	4,46 €	124,46 €

Μήνας	Αγορά από δίκτυο	Περίσσεια	Αποζημίωση	Όφελος
Αυγ	0,00	41,52	2,49 €	122,49 €
Σεπ	0,00	114,40	6,86 €	86,86 €
Οκτ	188,16	0,00	0,00 €	82,37 €
Νοε	493,50	0,00	0,00 €	61,30 €
Δεκ	509,73	0,00	0,00 €	58,05 €
Σύνολο	2 452,89	675,48	40,53 €	1 049,95 €

Παράρτημα Ε.5: Μπαταρία 10 kWh

Πίνακας ΠΕ.5.1: Σύνοψη σεναρίου Μπαταρία 10 kWh.

Μέγεθος	Τιμή
Σενάριο	Μπαταρία 10 kWh
Μηνιαίο όριο μπαταρίας	300,00 kWh
Ισχύς ΦΒ	3,96 kWp
Συνολικό CAPEX	8 451,20 €
CAPEX μπαταρίας	4 800,00 €
NPV 25ετίας	12 047,48 €
IRR	11,63%
DPP	8,86 έτη

Πίνακας ΠΕ.5.2: Πλήρης ενεργειακός πίνακας Μπαταρία 10 kWh.

Μήνας	Παραγωγή	Κατανάλωση	Συντ.	Άμεση αυτοκ.	Αυτοκ. μπατ.	Συνολική αυτοκ.
Ιαν	328,68	800,00	0,400	320,00	8,68	328,68
Φεβ	344,92	800,00	0,500	344,92	0,00	344,92
Μαρ	464,90	800,00	0,600	464,90	0,00	464,90
Απρ	532,62	450,00	0,700	315,00	135,00	450,00
Μαι	594,40	400,00	0,700	280,00	120,00	400,00
Ιουν	618,16	450,00	0,700	315,00	135,00	450,00
Ιουλ	674,39	600,00	0,700	420,00	180,00	600,00
Αυγ	641,52	600,00	0,700	420,00	180,00	600,00
Σεπ	514,40	400,00	0,600	240,00	160,00	400,00
Οκτ	411,84	600,00	0,550	330,00	81,84	411,84

Μήνας	Παραγωγή	Κατανάλωση	Συντ.	Άμεση αυτοκ.	Αυτοκ. μπατ.	Συνολική αυτοκ.
Νοε	306,50	800,00	0,500	306,50	0,00	306,50
Δεκ	290,27	800,00	0,400	290,27	0,00	290,27
Σύνολο	5 722,60	7 500,00	0,588	4 046,59	1 000,52	5 047,11

Πίνακας ΠΕ.5.3: Οικονομικό τμήμα μηνιαίου πίνακα Μπαταρία 10 kWh.

Μήνας	Αγορά από δίκτυο	Περίσσεια	Αποζημίωση	Όφελος
Ιαν	471,32	0,00	0,00 €	65,74 €
Φεβ	455,08	0,00	0,00 €	68,98 €
Μαρ	335,10	0,00	0,00 €	92,98 €
Απρ	0,00	82,62	4,96 €	94,96 €
Μαι	0,00	194,40	11,66 €	91,66 €
Ιουν	0,00	168,16	10,09 €	100,09 €
Ιουλ	0,00	74,39	4,46 €	124,46 €
Αυγ	0,00	41,52	2,49 €	122,49 €
Σεπ	0,00	114,40	6,86 €	86,86 €
Οκτ	188,16	0,00	0,00 €	82,37 €
Νοε	493,50	0,00	0,00 €	61,30 €
Δεκ	509,73	0,00	0,00 €	58,05 €
Σύνολο	2 452,89	675,48	40,53 €	1 049,95 €

Παράρτημα ΣΤ: Σύνθετα σενάρια ΦΒ, κατανάλωσης και επιδότησης

Ο παρακάτω πίνακας είναι μορφή παρουσίασης του δυναμικού πίνακα 75 σεναρίων του φύλλου ιδ. Διατηρεί τις κρίσιμες μεταβλητές που χρειάζονται για την ιχνηλασιμότητα των αποτελεσμάτων του κύριου σώματος.

Πίνακας ΠΣΤ.1: Πίνακας παρουσίασης 75 σύνθετων σεναρίων.

ID	Αύξ. καταν.	Επιδ.	Σενάριο	ΦΒ	Αυτοκ.	CAPEX	Όφελος	DPP
1	0%	0%	Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	4 580,27	4 851,20 €	984,59 €	5,24 έτη
2	0%	0%	Μπαταρία 5 kWh	3,96	4 977,11	6 051,20 €	1 040,15 €	6,25 έτη
3	0%	0%	Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	5 047,11	7 251,20 €	1 049,95 €	7,51 έτη
4	0%	0%	Μπαταρία 10 kWh	3,96	5 047,11	8 451,20 €	1 049,95 €	8,86 έτη
5	0%	0%	Χωρίς μπαταρία	5,94	4 240,00	5 476,80 €	1 108,63 €	5,25 έτη
6	0%	50%	Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	4 580,27	4 251,20 €	984,59 €	4,56 έτη
7	0%	50%	Μπαταρία 5 kWh	3,96	4 977,11	4 851,20 €	1 040,15 €	4,94 έτη
8	0%	50%	Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	5 047,11	5 451,20 €	1 049,95 €	5,54 έτη
9	0%	50%	Μπαταρία 10 kWh	3,96	5 047,11	6 051,20 €	1 049,95 €	6,18 έτη
10	0%	50%	Χωρίς μπαταρία	5,94	4 240,00	5 476,80 €	1 108,63 €	5,25 έτη
11	0%	80%	Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	4 580,27	3 891,20 €	984,59 €	4,16 έτη
12	0%	80%	Μπαταρία 5 kWh	3,96	4 977,11	4 131,20 €	1 040,15 €	4,18 έτη
13	0%	80%	Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	5 047,11	4 371,20 €	1 049,95 €	4,39 έτη
14	0%	80%	Μπαταρία 10 kWh	3,96	5 047,11	4 611,20 €	1 049,95 €	4,64 έτη
15	0%	80%	Χωρίς μπαταρία	5,94	4 240,00	5 476,80 €	1 108,63 €	5,25 έτη
16	20%	0%	Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	4 985,11	4 851,20 €	1 041,27 €	4,94 έτη
17	20%	0%	Μπαταρία 5 kWh	3,96	5 416,63	6 051,20 €	1 101,68 €	5,88 έτη
18	20%	0%	Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	5 495,64	7 251,20 €	1 112,75 €	7,05 έτη
19	20%	0%	Μπαταρία 10 kWh	3,96	5 495,64	8 451,20 €	1 112,75 €	8,32 έτη
20	20%	0%	Χωρίς μπαταρία	5,94	5 067,76	5 476,80 €	1 224,52 €	4,73 έτη

ID	Αύξ. καταν.	Επιδ.	Σενάριο	ΦΒ	Αυτοκ.	CAPEX	Όφελος	DPP
21	20%	50%	Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	4 985,11	4 251,20 €	1 041,27 €	4,30 έτη
22	20%	50%	Μπαταρία 5 kWh	3,96	5 416,63	4 851,20 €	1 101,68 €	4,66 έτη
23	20%	50%	Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	5 495,64	5 451,20 €	1 112,75 €	5,21 έτη
24	20%	50%	Μπαταρία 10 kWh	3,96	5 495,64	6 051,20 €	1 112,75 €	5,81 έτη
25	20%	50%	Χωρίς μπαταρία	5,94	5 067,76	5 476,80 €	1 224,52 €	4,73 έτη
26	20%	80%	Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	4 985,11	3 891,20 €	1 041,27 €	3,92 έτη
27	20%	80%	Μπαταρία 5 kWh	3,96	5 416,63	4 131,20 €	1 101,68 €	3,94 έτη
28	20%	80%	Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	5 495,64	4 371,20 €	1 112,75 €	4,13 έτη
29	20%	80%	Μπαταρία 10 kWh	3,96	5 495,64	4 611,20 €	1 112,75 €	4,37 έτη
30	20%	80%	Χωρίς μπαταρία	5,94	5 067,76	5 476,80 €	1 224,52 €	4,73 έτη
31	40%	0%	Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	5 361,63	4 851,20 €	1 093,98 €	4,69 έτη
32	40%	0%	Μπαταρία 5 kWh	3,96	5 614,64	6 051,20 €	1 129,41 €	5,72 έτη
33	40%	0%	Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	5 688,20	7 251,20 €	1 139,70 €	6,87 έτη
34	40%	0%	Μπαταρία 10 kWh	3,96	5 688,20	8 451,20 €	1 139,70 €	8,11 έτη
35	40%	0%	Χωρίς μπαταρία	5,94	5 780,53	5 476,80 €	1 324,31 €	4,36 έτη
36	40%	50%	Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	5 361,63	4 251,20 €	1 093,98 €	4,09 έτη
37	40%	50%	Μπαταρία 5 kWh	3,96	5 614,64	4 851,20 €	1 129,41 €	4,54 έτη
38	40%	50%	Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	5 688,20	5 451,20 €	1 139,70 €	5,08 έτη
39	40%	50%	Μπαταρία 10 kWh	3,96	5 688,20	6 051,20 €	1 139,70 €	5,67 έτη
40	40%	50%	Χωρίς μπαταρία	5,94	5 780,53	5 476,80 €	1 324,31 €	4,36 έτη
41	40%	80%	Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	5 361,63	3 891,20 €	1 093,98 €	3,73 έτη
42	40%	80%	Μπαταρία 5 kWh	3,96	5 614,64	4 131,20 €	1 129,41 €	3,84 έτη
43	40%	80%	Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	5 688,20	4 371,20 €	1 139,70 €	4,03 έτη
44	40%	80%	Μπαταρία 10 kWh	3,96	5 688,20	4 611,20 €	1 139,70 €	4,26 έτη
45	40%	80%	Χωρίς μπαταρία	5,94	5 780,53	5 476,80 €	1 324,31 €	4,36 έτη

ID	Αύξ. καταν.	Επιδ.	Σενάριο	ΦΒ	Αυτοκ.	CAPEX	Όφελος	DPP
46	60%	0%	Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	5 556,64	4 851,20 €	1 121,29 €	4,57 έτη
47	60%	0%	Μπαταρία 5 kWh	3,96	5 722,60	6 051,20 €	1 144,52 €	5,64 έτη
48	60%	0%	Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	5 722,60	7 251,20 €	1 144,52 €	6,84 έτη
49	60%	0%	Μπαταρία 10 kWh	3,96	5 722,60	8 451,20 €	1 144,52 €	8,07 έτη
50	60%	0%	Χωρίς μπαταρία	5,94	6 314,91	5 476,80 €	1 399,12 €	4,12 έτη
51	60%	50%	Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	5 556,64	4 251,20 €	1 121,29 €	3,98 έτη
52	60%	50%	Μπαταρία 5 kWh	3,96	5 722,60	4 851,20 €	1 144,52 €	4,47 έτη
53	60%	50%	Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	5 722,60	5 451,20 €	1 144,52 €	5,06 έτη
54	60%	50%	Μπαταρία 10 kWh	3,96	5 722,60	6 051,20 €	1 144,52 €	5,64 έτη
55	60%	50%	Χωρίς μπαταρία	5,94	6 314,91	5 476,80 €	1 399,12 €	4,12 έτη
56	60%	80%	Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	5 556,64	3 891,20 €	1 121,29 €	3,63 έτη
57	60%	80%	Μπαταρία 5 kWh	3,96	5 722,60	4 131,20 €	1 144,52 €	3,78 έτη
58	60%	80%	Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	5 722,60	4 371,20 €	1 144,52 €	4,01 έτη
59	60%	80%	Μπαταρία 10 kWh	3,96	5 722,60	4 611,20 €	1 144,52 €	4,24 έτη
60	60%	80%	Χωρίς μπαταρία	5,94	6 314,91	5 476,80 €	1 399,12 €	4,12 έτη
61	150%	0%	Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	5 722,60	4 851,20 €	1 144,52 €	4,47 έτη
62	150%	0%	Μπαταρία 5 kWh	3,96	5 722,60	6 051,20 €	1 144,52 €	5,64 έτη
63	150%	0%	Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	5 722,60	7 251,20 €	1 144,52 €	6,84 έτη
64	150%	0%	Μπαταρία 10 kWh	3,96	5 722,60	8 451,20 €	1 144,52 €	8,07 έτη
65	150%	0%	Χωρίς μπαταρία	5,94	8 069,53	5 476,80 €	1 644,77 €	3,48 έτη
66	150%	50%	Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	5 722,60	4 251,20 €	1 144,52 €	3,90 έτη
67	150%	50%	Μπαταρία 5 kWh	3,96	5 722,60	4 851,20 €	1 144,52 €	4,47 έτη
68	150%	50%	Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	5 722,60	5 451,20 €	1 144,52 €	5,06 έτη
69	150%	50%	Μπαταρία 10 kWh	3,96	5 722,60	6 051,20 €	1 144,52 €	5,64 έτη
70	150%	50%	Χωρίς μπαταρία	5,94	8 069,53	5 476,80 €	1 644,77 €	3,48 έτη

ID	Αύξ. καταν.	Επιδ.	Σενάριο	ΦΒ	Αυτοκ.	CAPEX	Όφελος	DPP
71	150%	80%	Μπαταρία 2.5 kWh	3,96	5 722,60	3 891,20 €	1 144,52 €	3,56 έτη
72	150%	80%	Μπαταρία 5 kWh	3,96	5 722,60	4 131,20 €	1 144,52 €	3,78 έτη
73	150%	80%	Μπαταρία 7.5 kWh	3,96	5 722,60	4 371,20 €	1 144,52 €	4,01 έτη
74	150%	80%	Μπαταρία 10 kWh	3,96	5 722,60	4 611,20 €	1 144,52 €	4,24 έτη
75	150%	80%	Χωρίς μπαταρία	5,94	8 069,53	5 476,80 €	1 644,77 €	3,48 έτη