

**Επικαιροποίηση των περιθωρίων
διείσδυσης των τεχνολογιών ΑΠΕ
στα μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά
συστήματα**

**Συστήματα
Πάτμου και Κω-Καλύμνου**

Φορέας ανάθεσης

Διεύθυνση Διαχείρισης Νησιών, ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.

Ομάδα έργου

Καθ. Στ. Παπαθανασίου

Ε. Καραμάνου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1.1. Προηγούμενες μελέτες περιθωρίων υποδοχής ΑΠΕ στα ΜΔΝ.....	4
1.2. Νέα δεδομένα αναφορικά με την εκτίμηση των περιθωρίων ΑΠΕ.....	5
1.3. Αντικείμενο το παρόντος έργου	6
2. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΥΠΟΔΟΧΗΣ ΑΠΕ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΠΑΤΜΟΥ	8
2.1. Βασικές θεωρήσεις	8
2.2. Περιθώριο Φ/Β	9
2.3. Περιθώριο Α/Π.....	9
2.4. Περιθώρια διείσδυσης ΥΒΣ	10
2.5. Καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης	13
3. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΥΠΟΔΟΧΗΣ ΑΠΕ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΩ-ΚΑΛΥΜΝΟΥ	14
3.1. Βασικές θεωρήσεις	14
3.2. Περιθώριο Φ/Β	14
3.3. Περιθώριο Α/Π.....	16
3.4. Περιθώριο ΥΒΣ	17
3.5. Καμπύλη εγγυήσεων απορρόφησης	20
3.6. Επίπτωση ανάπτυξης σταθμού Γ/Θ	23
4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΥΒΣ ΣΤΗΝ ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	25
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	30
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	32
I.1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΠΑΤΜΟΥ	32
I.1.1. Χαρακτηριστικά του Φορτίου	32
I.1.2. Χαρακτηριστικά των Συμβατικών Μονάδων	32
I.1.3. Χαρακτηριστικά Σταθμών ΑΠΕ	33
I.1.3.1. Αιολικά Πάρκα	33
I.1.3.2. Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	35
I.1.3.3. Υβριδικοί σταθμοί φωτοβολταϊκών – μπαταριών (ΥΒΣ-ΦΜ).....	35
I.1.3.4. Σταθμοί Βιομάζας-Βιοαερίου.....	37
I.2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΚΩ-ΚΑΛΥΜΝΟΥ	38
I.2.1. Χαρακτηριστικά του Φορτίου	38
I.2.2. Χαρακτηριστικά των Συμβατικών Μονάδων	38

I.2.3. Χαρακτηριστικά Σταθμών ΑΠΕ	40
I.2.3.1. Αιολικά Πάρκα	40
I.2.3.2. Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	41
I.2.3.3. Σταθμοί Βιομάζας-Βιοαερίου και Γεωθερμίας.....	41
I.2.3.4. Υβριδικοί σταθμοί φωτοβολταϊκών – μπαταριών (ΥΒΣ-ΦΜ).....	41
I.2.3.5. Υβριδικοί σταθμοί αιολικών – μπαταριών (ΥΒΣ-ΑΜ)	42
I.3. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΔΥΣΗΣ & ΣΥΜΒΟΛΑΙΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΑΠΕ	43
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	46
ΙΙ.1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΤΜΟΥ – ΈΤΟΣ 2019	46
ΙΙ.2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΩ-ΚΑΛΥΜΝΟΥ – ΈΤΟΣ 2019.....	48
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	52

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Προηγούμενες μελέτες περιθωρίων υποδοχής ΑΠΕ στα ΜΔΝ

Το διάστημα Οκτώβριος 2013 - Ιανουάριος 2015 εκπονήθηκε η αρχική μελέτη διερεύνησης των δυνατοτήτων διείσδυσης σταθμών ΑΠΕ στα συστήματα ΜΔΝ, με έτος αναφοράς το 2018. Η μελέτη αφορούσε οκτώ (8) μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά συστήματα ΜΔΝ (Κρήτη, Ρόδος, Λέσβος, Κως-Κάλυμνος, Σάμος, Κάσος-Κάρπαθος, Πάτμος, Σέριφος) και τα αποτελέσματά της γενικεύθηκαν με προεκβολή στα υπόλοιπα 24 συστήματα ΜΔΝ, χωρίς να πραγματοποιηθεί αντίστοιχη αναλυτική εξέταση όπως για τα πρώτα 8 ΜΔΝ. Στα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης βασίστηκε η απόφαση 616/2016 της ΡΑΕ, η οποία καθόρισε τα περιθώρια υποδοχής και εγγυήσεις απορρόφησης διαφόρων τεχνολογιών ΑΠΕ σε συστήματα ΜΔΝ¹.

Η μελέτη εξέταζε τις εξής τεχνολογίες σταθμών ΑΠΕ:

- Αιολικά πάρκα (Α/Π),
- Φωτοβολταϊκά (Φ/Β),
- Υβριδικούς σταθμούς (ΥΒΣ), με συνδυασμό αιολικών και αντλησιοταμίευσης ή μπαταριών
- Ηλιοθερμικούς σταθμούς (ΗΘΣ), τεχνολογίας παραβολικών κατόπτρων και πύργου με διαφορετικά μεγέθη εσωτερικής αποθήκευσης, καθώς και χωρίς δυνατότητα αποθήκευσης
- Μικρές ανεμογεννήτριες (μΑ/Γ),
- Σταθμούς βιομάζας και βιοαερίου (ΣΒΒ),

Οι τεχνολογίες και η διαμόρφωση των ΥΒΣ και ΗΘΣ βασίζονταν στα δεδομένα των αιτήσεων και αδειών παραγωγής της περιόδου εκείνης.

Έχοντας ως στόχο τη μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ σε κάθε αυτόνομο σύστημα, κατά την εκπόνηση των μελετών υιοθετήθηκαν συγκεκριμένα κριτήρια αποδοχής των σεναρίων εγκατεστημένης ισχύος σταθμών ΑΠΕ, που αποσκοπούσαν στην υποδοχή της μέγιστης δυνατής ισχύος ΑΠΕ υπό την προϋπόθεση:

- βιωσιμότητας των επενδύσεων
- ενεργειακής αποδοτικότητας των έργων
- τήρησης συμβατικών υποχρεώσεων απορρόφησης παραγωγής ΑΠΕ
- ασφαλούς και αποδεκτής λειτουργίας των αυτόνομων ηλεκτρικών συστημάτων (ένταξη μονάδων Must run, επαρκούς στρεφόμενης εφεδρείας κλπ.).

Η ποσοτικοποίηση των παραπάνω απαιτήσεων σε ένα συνεκτικό σύνολο δεικτών κατάλληλων για εφαρμογή στο πλαίσιο της μελέτης, οδήγησε στην εισαγωγή κριτηρίων όπως τα ακόλουθα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την αποδοχή ή απόρριψη επιμέρους σεναρίων εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ:

Κριτήριο 1^ο: Ελάχιστος συντελεστής χρησιμοποίησης (CF) των Α/Π ίσος με 27.5%

Κριτήριο 2^ο: Μέγιστη ποσοστιαία μείωση των Συμβατικών Ανηγγμένων Ωρών Λειτουργίας (ΣΑΩΛ) των Α/Π σε σχέση με τις συμβολαιοποιημένες ίση με 10%-20%, με τις υψηλότερες μειώσεις για μελλοντικές καταστάσεις αυξημένης διείσδυσης ΑΠΕ μέσω κατανεμόμενων σταθμών.

¹ Τα επόμενα έτη πραγματοποιήθηκαν από τον ΔΕΔΔΗΕ ανάλογες μελέτες και για άλλα συστήματα, πέραν των αρχικών 8, αλλά δεν εκδόθηκαν αποφάσεις περιθωρίων από τη ΡΑΕ.

Κριτήριο 3^ο: Μέγιστη «στιγμιαία» διείσδυση μη ελεγχόμενων ΑΠΕ (Α/Π, μΑ/Γ και Φ/Β) ίση με ένα ποσοστό της εκάστοτε ζήτησης, ανάλογα με το εξεταζόμενο ΜΔΝ.

Κριτήριο 4^ο: Η διείσδυση των μη ελεγχόμενων μονάδων ΑΠΕ (Φ/Β, μΑ/Γ και ΣΒΒμε) περιορίζεται προκειμένου να μην προκαλείται υποφόρτιση των υποχρεωτικά ενταγμένων (must-run) συμβατικών μονάδων κάτω από τα τεχνικά τους ελάχιστα.

Κριτήριο 5^ο: Απορριπτόμενη ενέργεια κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ μικρότερη του 1/3 της πρωτογενώς διαθέσιμης.

Κριτήριο 6^ο: Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA-IRR) των επενδύσεων ΑΠΕ τουλάχιστον 8% (ως προς τα ίδια κεφάλαια).

Κριτήριο 7^ο: Στρεφόμενη εφεδρεία ελεγχόμενων μονάδων παραγωγής τουλάχιστον ίση με ένα ποσοστό της συνολικής παραγωγής των μη ελεγχόμενων μονάδων ΑΠΕ (Α/Π, Φ/Β και μΑ/Γ), εξαρτώμενο από το εξεταζόμενο ΜΔΝ.

Ορισμένα από τα κριτήρια αυτά δεν αποδείχθηκαν κατάλληλα για εφαρμογή, ενώ άλλα αποτέλεσαν τα βασικά εργαλεία καθορισμού των περιθωρίων υποδοχής ΑΠΕ των συστημάτων ΜΔΝ, όπως κυρίως τα Κριτήρια 1, 2, 4 και 5.

Στην προσπάθεια καθορισμού αυξημένων περιθωρίων, ώστε να επιτυγχάνεται ο βασικός στόχος μεγιστοποίησης της διείσδυσης των ΑΠΕ, η μελέτη υιοθέτησε ευνοϊκές παραδοχές και θεωρήσεις, όπως:

- η θεώρηση τεχνικών ελαχίστων συμβατικών μονάδων χαμηλότερων των δηλωμένων στα τεχνοοικονομικά στοιχεία (ΤΟΣ) των μονάδων και κοντά στις τιμές αναφοράς του Κώδικα ΜΔΝ,
- η υπόθεση μελλοντικής ανάπτυξης των συμβατικών σταθμών με νέες και περισσότερο ελαστικές μονάδες βάσης (μικρότερου μεγέθους και χαμηλότερου τεχνικού ελαχίστου από τις υφιστάμενες).

Οι παραδοχές αυτές ήταν καθοριστικής σημασίας για την αύξηση των δυνατοτήτων απορρόφησης ενέργειας ΑΠΕ των συστημάτων και οδήγησαν στην εξαγωγή αυξημένων περιθωρίων υποδοχής ΑΠΕ σε αρκετές περιπτώσεις.

1.2. Νέα δεδομένα αναφορικά με την εκτίμηση των περιθωρίων ΑΠΕ

Η εξέλιξη των πραγμάτων και τα δεδομένα που στο μεταξύ διαμορφώθηκαν στα ΜΔΝ δεν δικαιολογούν πλέον πολλές από τις υποθέσεις στις οποίες στηρίχθηκαν οι αρχικές μελέτες καθορισμού περιθωρίων και τα περιθώρια που εισήγαγε η απόφαση 616/2016 της ΡΑΕ. Συγκεκριμένα:

- Σε αντίθεση με τις ευμενείς θεωρήσεις των προηγούμενων μελετών, οι οποίες βασιζόταν σε ανάλογες προβλέψεις του Κώδικα ΜΔΝ, η ελάχιστη φόρτιση των υφιστάμενων θερμικών μονάδων διατηρείται σε επίπεδα υψηλότερα των τιμών αναφοράς του Κώδικα ΜΔΝ, ο δε προγραμματισμός ανάπτυξης των σταθμών παραγωγής των νησιών δεν περιλαμβάνει τις ευέλικτες μονάδες που σε ορισμένες περιπτώσεις είχαν θεωρηθεί.
- Η ρυθμιστική πραγματικότητα που έχει διαμορφωθεί δεν δικαιολογεί την υπόθεση μερικής ελαστικότητας στην τήρηση των ΣΑΩΛ των λειτουργούντων Α/Π, δεδομένου ότι δεν υλοποιήθηκε η αναμενόμενη από τον ΔΕΔΔΗΕ σχετική νομοθετική ρύθμιση. Συνεπώς, η εφαρμογή του Κριτηρίου 2 της προηγούμενης ενότητας οφείλει κατ' αρχήν να αφορά στη χωρίς έκπτωση τήρηση των συμβατικών ΑΩΛ.

- Για τεχνολογίες κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ όπως οι ΗΘΣ δεν υπάρχει πλέον κανένα επενδυτικό ενδιαφέρον στα ΜΔΝ (πλην Κρήτης που διασυνδέεται οσονούπω), ενώ για άλλες όπως οι ΣΒΒ το ενδιαφέρον είναι υποτυπώδες και υπολειπόμενο των ήδη εγκεκριμένων περιθωρίων.
- Σε ό,τι αφορά τους ΥΒΣ, οι υποθέσεις διαστασιολόγησης των συνιστωσών τους βασίζονταν στα τότε διαθέσιμα δεδομένα από τις σχετικά λίγες αιτήσεις και άδειες παραγωγής που είχαν εκδοθεί, από τις οποίες απουσίαζαν εντελώς ΥΒΣ με Φ/Β ως μονάδες ΑΠΕ. Οι αιτήσεις που στο μεταξύ υποβλήθηκαν, ιδίως μετά το έτος 2016, και οι άδειες που πρόσφατα εκδόθηκαν βάσει αυτών, περιλαμβάνουν μια πολύ διαφορετική διαστασιολόγηση των σταθμών, με μονάδες ΑΠΕ υπερμεγέθεις σε σχέση με την εγγυημένη ισχύ των σταθμών, σε επίπεδα περίπου διπλάσια των θεωρηθέντων στις αρχικές μελέτες. Οι σταθμοί αυτοί αφενός αναλώνουν μεγαλύτερο μέρος περιθωρίου, ανά MW εγγυημένης ισχύος, και αφετέρου χαρακτηρίζονται από μεγάλες εσωτερικές απορρίψεις σε συνθήκες συμφόρησης, καθιστώντας την εφαρμογή του Κριτηρίου 5 προβληματική.
- Η εξέλιξη της ζήτησης των νησιών είναι ένας ακόμη παράγοντας διαφοροποίησης των περιθωρίων, αλλά όχι σημαντικός.
- Τέλος, ιδιαίτερης σημασίας δεδομένο αποτελεί η διαγραφόμενη προοπτική διασύνδεσης με το ηπειρωτικό ΣΗΕ του συνόλου σχεδόν των συστημάτων ΜΔΝ, εντός της τρέχουσας 10ετίας. Το δεδομένο αυτό αφαιρεί την πίεση για επίτευξη υψηλών διεισδύσεων ΑΠΕ το ταχύτερο δυνατό, υιοθετώντας λύσεις υψηλού κόστους και διαχειριστικής πολυπλοκότητας. Ιδίως στον βαθμό που εγκαταστάσεις που αναπτύσσονται σε συνθήκες ΜΔΝ χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος παραγωγής και μη συμβατότητα με το καθεστώς των αγορών του ΕΔΣ (όπως χαρακτηριστικά συμβαίνει με τους ΥΒΣ). Στις περιπτώσεις αυτές και παρ' ότι ο Κώδικας ΜΔΝ δεν το προβλέπει, είναι ορθολογικό η όποια εκτίμηση περιθωρίων να λάβει υπόψη την πιθανή αξία των εγκαταστάσεων μετά τη διασύνδεση των συστημάτων.

1.3. Αντικείμενο το παρόντος έργου

Με βάση τα παραπάνω είναι σαφές ότι η βάση εκτίμησης των περιθωρίων υποδοχής ισχύος ΑΠΕ στα συστήματα των νησιών έχει μεταβληθεί ουσιαστικά και ο ΔΕΔΔΗΕ δικαιολογημένα προκρίνει ως αναγκαία την αναθεώρηση των παραδοχών κατά την επικαιροποίηση των μελετών, οι οποίες είναι αναμενόμενο ότι θα οδηγήσουν σε μειωμένα περιθώρια, ιδίως για τις κατανεμόμενες τεχνολογίες παραγωγής όπως οι ΥΒΣ.

Αντικείμενο του παρόντος έργου αποτελεί η επανεκτίμηση των περιθωρίων υποδοχής ισχύος σταθμών ΑΠΕ σε συστήματα ΜΔΝ για τα οποία είχαν πραγματοποιηθεί ανάλογες μελέτες στο παρελθόν, λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνολογίες σταθμών ΑΠΕ για τις οποίες υπάρχει επενδυτικό ενδιαφέρον βάσει των αιτήσεων που έχουν κατατεθεί και των αδειών παραγωγής που έχουν εκδοθεί, καθώς και το σύνολο των νέων δεδομένων που έχουν διαμορφωθεί στο διάστημα από την εκπόνηση των προηγούμενων μελετών. Τα εξεταζόμενα στην παρούσα μελέτη συστήματα είναι αυτά της Πάτμου και της Κω-Καλύμνου, ενώ ως έτος αναφοράς για την εκπόνηση της μελέτης επιλέγεται το 2022, δεδομένου του 2ετούς κύκλου αναθεώρησης των μελετών ανάπτυξης δυναμικού ΑΠΕ που επιβάλλει ο Κώδικας ΜΔΝ (άρθρο 223).

Στη μελέτη αρχικά επανεξετάζονται τα όρια διείσδυσης των βασικών τεχνολογιών ΑΠΕ, όπως τα Α/Π και τα Φ/Β, με κύριο στόχο την επανεπιβεβαίωση των αποτελεσμάτων της αρχικής μελέτης, δεδομένου ότι τα ήδη εγκεκριμένα περιθώρια δεν έχουν ακόμη αξιοποιηθεί. Έμφαση δίνεται στην εκτίμηση νέων περιθωρίων υποδοχής ΥΒΣ, όπου τα δεδομένα έχουν πλέον διαφοροποιηθεί σημαντικά. Η ανάλυση αφορά ΥΒΣ με μπαταρίες και αιολικά ή Φ/Β ως μονάδες ΑΠΕ, ενώ δεν εξετάζονται πλέον ΥΒΣ αντλησιοταμιευτικού τύπου, ούτε βεβαίως ηλιοθερμικοί σταθμοί, λόγω απουσίας οποιουδήποτε

ενδιαφέροντος για την ανάπτυξη τέτοιων σταθμών στα εξεταζόμενα ΜΔΝ. Οι σταθμοί βιομάζας-βιοαερίου (ΣΒΒ), για τους οποίους υπάρχει εξαιρετικά περιορισμένο ενδιαφέρον στα ΜΔΝ, αντιμετωπίζονται διαθέτοντας ένα προκαθορισμένο περιθώριο διείσδυσης, αντίστοιχο του ήδη εγκεκριμένου από τη ΡΑΕ ή του προταθέντος με βάση τις προηγούμενες μελέτες.

Ο προσδιορισμός δυνατοτήτων διείσδυσης των παραπάνω τεχνολογιών ΑΠΕ στα εξεταζόμενα συστήματα ΜΔΝ λαμβάνει υπόψη τα νέα δεδομένα που έχουν διαμορφωθεί όσον αφορά:

- την εξέλιξη της ζήτησης, με αναφορά το έτος 2022,
- τη σύνθεση των συμβατικών σταθμών παραγωγής και το εγκεκριμένο πρόγραμμα ανάπτυξής τους
- τους λειτουργικούς περιορισμούς των συμβατικών μονάδων, ιδίως του τεχνικού ελαχίστου, όπως προκύπτουν από απολογιστικά λειτουργικά στοιχεία,
- το μείγμα τεχνολογιών και τη διαμόρφωση των ΥΒΣ που έχουν άδεια παραγωγής,
- την υποχρεωτική τήρηση των ΣΑΩΛ των λειτουργούντων Α/Π.

Για τις ανάγκες της ανάλυσης εφαρμόζεται μοντέλο προσομοίωσης της λειτουργίας των συστημάτων ΜΔΝ, το οποίο καλύπτει τις υπό εξέταση τεχνολογίες ΑΠΕ και ΥΒΣ, ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του Κώδικα ΜΔΝ και στη διαμορφούμενη πρακτική διαχείρισης των συστημάτων, και το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί σε πλήθος αντίστοιχων μελετών και αναλύσεων και παραμετροποιείται λαμβάνοντας υπόψη τα απολογιστικά δεδομένα των συστημάτων.

Παρά τις διαφοροποιήσεις ως προς τα δεδομένα εισόδου και την παραμετροποίηση της παρούσας ανάλυσης, η όλη φιλοσοφία προσέγγισης του ζητήματος παραμένει η ίδια όπως στις προηγούμενες μελέτες, δεδομένου ότι καλύπτει τις απαιτήσεις της ανάλυσης και έχει ήδη γίνει αποδεκτή σε ρυθμιστικό επίπεδο. Συνεπώς, η παρούσα έκθεση περιορίζεται στην παρουσίαση των κύριων αποτελεσμάτων της ανάλυσης και των διαφοροποιήσεων σε σχέση με προηγούμενες μελέτες, παρά στην εισαγωγή του όλου πλαισίου μελέτης, η οποία είναι διαθέσιμη στα παραδοτέα των παλαιότερων μελετών.

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διερεύνησης και τα προτεινόμενα νέα περιθώρια υποδοχής τεχνολογιών ΑΠΕ για το νησιωτικό σύστημα της Πάτμου.

Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται τα αντίστοιχα για το νησιωτικό σύστημα της Κω-Καλύμνου.

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται μια εναλλακτική προσέγγιση των περιθωρίων αποθηκευτικών σταθμών στα συστήματα ΜΔΝ, η οποία λαμβάνει υπόψη τη μελλοντική διασύνδεσή τους με το ηπειρωτικό σύστημα. Στην περίπτωση αυτή, η αξία των αποθηκευτικών συνιστωσών των ΥΒΣ για τα τοπικά συστήματα έγκειται στο γεγονός ότι οι συνιστώσες αυτές μπορούν να συμβάλουν στην επάρκεια ισχύος των τοπικών συστημάτων σε καταστάσεις απώλειας της διασύνδεσης, καλύπτοντας αιχμές της ζήτησης και άρα υποκαθιστώντας τοπικές συμβατικές μονάδες ψυχρής εφεδρείας.

Στο Κεφάλαιο 5 συνοψίζονται κύρια συμπεράσματα και διαπιστώσεις της μελέτης.

Στο Παράρτημα Π.Ι. παρουσιάζονται τα βασικά δεδομένα εισόδου των νησιωτικών συστημάτων Πάτμου και Κω-Καλύμνου, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στις προσομοιώσεις. Επιπλέον, παρατίθενται τα εγκεκριμένα περιθώρια διείσδυσης τεχνολογιών ΑΠΕ και ΥΒΣ που ισχύουν βάσει της απόφασης 616/2016 της ΡΑΕ και τα εγγυημένα/συμβολαιοποιημένα μεγέθη των σταθμών ΑΠΕ (καμπύλη εγγυήσεων για κατανεμόμενες μονάδες ΑΠΕ και πίνακες προσδιορισμού ΣΑΩΛ των Α/Π).

Στο Παράρτημα Π.ΙΙ παρουσιάζονται απολογιστικά στοιχεία λειτουργίας των νησιωτικών συστημάτων Πάτμου και Κω-Καλύμνου, βάσει των οποίων επιλέγονται ενδεδειγμένες θεωρήσεις λειτουργίας που υιοθετούνται στην παρούσα μελέτη.

2. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΥΠΟΛΟΧΗΣ ΑΠΕ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΠΑΤΜΟΥ

2.1. Βασικές θεωρήσεις

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της λειτουργίας του συστήματος της Πάτμου για το έτος 2022 και τα εκτιμώμενα περιθώρια διείσδυσης για τις εξεταζόμενες τεχνολογίες ΑΠΕ, οι οποίες για το σύστημα της Πάτμου περιλαμβάνουν τα Α/Π, τα Φ/Β και ΥΒΣ με σύστημα αποθήκευσης μπαταριών και Φ/Β ως συνιστώσες ΑΠΕ. Στο σύστημα της Πάτμου έχουν εκδοθεί άδειες παραγωγής για υβριδικούς σταθμούς με συνδυασμό μπαταριών και φωτοβολταϊκών, συνολικής εγγυημένης ισχύος 6.1 MW. ΥΒΣ με αντλησιοταμίευση και ηλιοθερμικοί σταθμοί (ΗΘΣ) δεν εξετάζονται λόγω απουσίας προοπτικής ανάπτυξης τέτοιων σταθμών στο σύστημα της Πάτμου. ΥΒΣ με Α/Π επίσης δεν εξετάζονται δεδομένου ότι καμία από τις εκδοθείσες άδειες παραγωγής δεν αφορά τέτοιον σταθμό. Τα περιθώρια διείσδυσης (απόφαση 616/2016 της ΡΑΕ) για μικρές Α/Γ (μΑ/Γ) και μη ελεγχόμενους σταθμούς βιομάζας –βιοαερίου (ΣΒΒμε) που ισχύουν για το σύστημα της Πάτμου λαμβάνονται στις προσομοιώσεις ως έχουν, δεδομένου ότι είναι ικανά να καλύψουν πιθανό επενδυτικό ενδιαφέρον σε τέτοιους σταθμούς.

Οι ισχύεις των εξεταζόμενων τεχνολογιών ΑΠΕ εξετάζονται παραμετρικά και τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων αξιολογούνται βάσει των εξής κύριων κριτηρίων:

- Για τον προσδιορισμό της αποδεκτής ισχύος Α/Π εφαρμόζεται το κριτήριο του ελάχιστου συντελεστή χρησιμοποίησης ($CF > 27.5\%$) για νέα Α/Π.
- Για τον προσδιορισμό της αποδεκτής ισχύος Φ/Β εφαρμόζεται το κριτήριο της ελάχιστης φόρτισης των συμβατικών μονάδων. Η ισχύς Φ/Β θεωρείται αρχικά ότι αντιπροσωπεύει το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος μη ελεγχόμενων μονάδων ΑΠΕ (Φ/Β, μΑ/Γ και ΣΒΒμε) και περιορίζεται προκειμένου να μην προκαλείται υποφόρτιση των υποχρεωτικά ενταγμένων (must-run) συμβατικών μονάδων κάτω από τα τεχνικά τους ελάχιστα. Ακολούθως η ισχύς αυτή μπορεί να επιμεριστεί με διαφορετικούς τρόπους στις επί μέρους τεχνολογίες μη ελεγχόμενων ΑΠΕ.
- Τα εξεταζόμενα σενάρια διείσδυσης ΥΒΣ αξιολογούνται με κριτήριο την τήρηση των ΣΑΩΛ του υφιστάμενου Α/Π (με μηδενικό περιθώριο υστέρησης των ετήσιων ΑΩΛ σε σχέση με τις ΣΑΩΛ²).

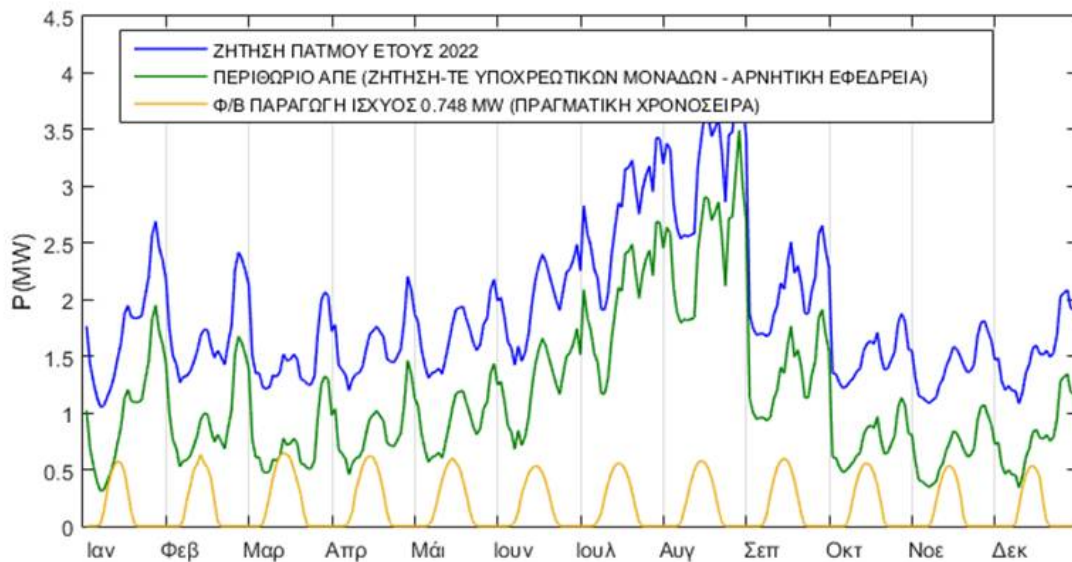
Δεν εξετάζονται κριτήρια ενεργειακής αποδοτικότητας και οικονομικής βιωσιμότητας των ΥΒΣ. Αυτό διότι οι εξεταζόμενες διαμορφώσεις ΥΒΣ (Παράρτημα Δεδομένων Πάτμου) βασίζονται σε άδειες που ήδη έχουν εκδοθεί και ως εκ τούτου δεν τίθεται ζήτημα αποδεκτότητας των έργων αυτών από πλευράς ενεργειακών απορρίψεων, ενώ η οικονομική τους βιωσιμότητα δεν μπορεί να αξιολογηθεί απουσία νέου πλαισίου τιμολόγησης ΥΒΣ.

Τα δεδομένα εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση του νησιωτικού συστήματος της Πάτμου παρουσιάζονται στο Παράρτημα Ι.1. Στις προσομοιώσεις θεωρήθηκε αξιόπιστο ποσοστό αιολικής παραγωγής της τάξης του 30% και τεχνικό ελάχιστο συμβατικών μονάδων 47.5% επί της ονομαστικής τους ισχύος. Η επιλογή των θεωρήσεων αυτών αναλύεται στο Παράρτημα ΙΙ.1 και βασίζεται στα απολογιστικά δεδομένα λειτουργίας του συστήματος της Πάτμου.

² Στην παλαιότερη μελέτη περιθωρίων γινόταν αποδεκτή μείωση στις ΑΩΛ των Α/Π λόγω ένταξης άλλων σταθμών ΑΠΕ μέχρι 20% σε σχέση με τις συμβολαιοποιημένες για μελλοντικές καταστάσεις αυξημένης διείσδυσης ΑΠΕ.

2.2. Περιθώριο Φ/Β

Στη συνέχεια εφαρμόζεται το κριτήριο ελάχιστης φόρτισης των συμβατικών μονάδων, προκειμένου να προσδιοριστεί η αποδεκτή ισχύς των μη ελεγχόμενων τεχνολογιών ΑΠΕ (αθροιστική ισχύς Φ/Β, μΑ/Γ και ΣΒΒμε). Φόρτιση των συμβατικών μονάδων σε ισχείς χαμηλότερες των τεχνικών ελαχίστων τους δύναται να εμφανιστεί σε συνθήκες χαμηλού φορτίου και υψηλής παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ στις οποίες δεν επιβάλλονται περιορισμοί διείσδυσης. Για την αξιολόγηση τέτοιων καταστάσεων χρησιμοποιήθηκαν οι ελάχιστες ημερήσιες καμπύλες φορτίου για κάθε μήνα του έτους 2022 (μπλε καμπύλες στο Σχήμα 1), από τις οποίες αφαιρέθηκαν τα τεχνικά ελάχιστα των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων, καθώς και μια ελάχιστη ποσότητα αρνητικής στρεφόμενης εφεδρείας ίση με 10% του ελάχιστου μεσημβρινού φορτίου (0.13 MW). Έτσι προκύπτει η πράσινη καμπύλη του Σχήματος 1, η οποία δίνει τη μέγιστη δυνατότητα απορρόφησης παραγωγής ΑΠΕ από το σύστημα του νησιού για κάθε ώρα του έτους. Ακολούθως υπολογίζεται η ανά ώρα μέγιστη Φ/Β παραγωγή του κάθε μήνα, βάσει της εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β, χρησιμοποιώντας χρονοσειρές πραγματικής Φ/Β παραγωγής του συστήματος της Πάτμου. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτουν οι κίτρινες καμπύλες του Σχήματος 1, οι οποίες αντιστοιχούν στη μέγιστη αποδεκτή ισχύ Φ/Β, για την οποία η μέγιστη αναμενόμενη παραγωγή τους δεν υπερβαίνει την ελάχιστη δυνατότητα απορρόφησης ΑΠΕ από το σύστημα.



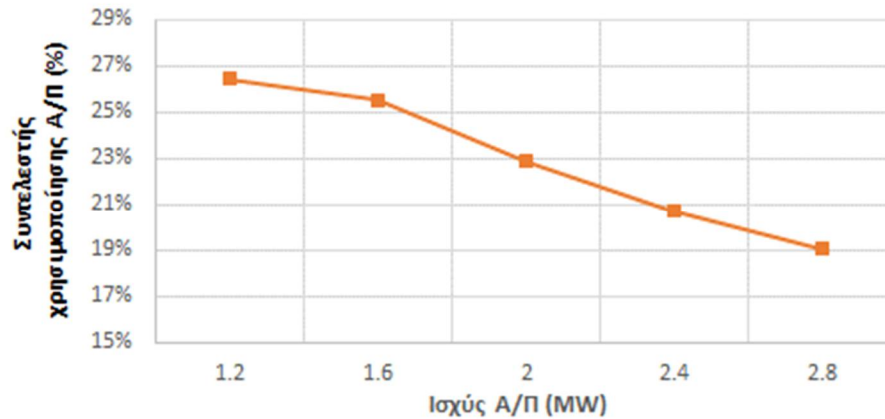
Σχήμα 1. Όριο εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β σταθμών στην Πάτμο προκειμένου να μην παραβιάζεται η ελάχιστη φόρτιση των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων του συστήματος.

Με τη μεθοδολογία αυτή υπολογίζεται **αποδεκτή εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β σταθμών ίση με 748 kW**, τιμή που είναι κατά 28 kW μεγαλύτερη του ισχύοντος περιθωρίου για το σύνολο των μη ελεγχόμενων σταθμών ΑΠΕ, το οποίο ανέρχεται σε 720 kW και είναι επιμερισμένο σε 648 kW για Φ/Β και 72 kW από κοινού σε μΑ/Γ και ΣΒΒμε. Ο επιμερισμός του νέου περιθωρίου μπορεί να ακολουθήσει τη λογική του ήδη εγκεκριμένου ή να διαφοροποιηθεί, ανάλογα με το ενδιαφέρον για εγκατάσταση Φ/Β (το ισχύον περιθώριο είναι εν πολλοίς ανεκμετάλλευτο). Για τις προσομοιώσεις της παρούσας μελέτης, το πρόσθετο περιθώριο των 28 kW θεωρείται ότι διατίθεται στα Φ/Β, με την ισχύ περιθωρίου Φ/Β να διαμορφώνεται στα 676 kW από 648 kW.

2.3. Περιθώριο Α/Π

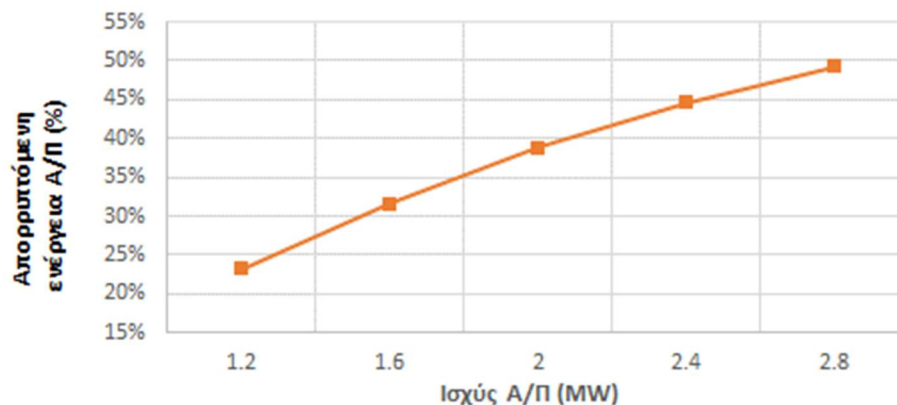
Στη συνέχεια παρουσιάζονται αποτελέσματα προσομοιώσεων της λειτουργίας του συστήματος της Πάτμου για το έτος 2022, θεωρώντας ενταγμένους μη ελεγχόμενους σταθμούς ΑΠΕ ισχύος ίσης με τα

περιθώρια που προσδιορίζονται στην προηγούμενη ενότητα (δηλαδή αυτά της απόφασης 616/2016 της ΡΑΕ, με την ισχύ Φ/Β προσαυξημένη κατά 28 kW -Φ/Β 0.676 MW, μΑ/Γ+ΣΒΒμε 0.072 MW), και την ισχύ Α/Π να κυμαίνεται μεταξύ 1.2 και 2.8 MW, στην οποία περιλαμβάνεται το ήδη εγκατεστημένο πάρκο 1.2 MW. Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται ο συντελεστής χρησιμοποίησης των νέων πάρκων συναρτήσει της συνολικής ισχύος Α/Π του συστήματος, ο οποίος προκύπτει χαμηλότερος του 27.5% σε όλες τις περιπτώσεις, παρ' ότι η πρωτογενώς διαθέσιμη αιολική παραγωγή αντιστοιχεί σε CF 40%. Ο λόγος είναι οι αυξημένες απορρίψεις των Α/Π, οι οποίες παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 2. Συντελεστής χρησιμοποίησης νέων Α/Π, συναρτήσει της συνολικής εγκατεστημένης αιολικής ισχύος.

Δεδομένου ότι το μέγεθος των εμπορικώς διαθέσιμων Α/Γ υπερβαίνει τα 900 kW σήμερα, είναι σαφές ότι **το σύστημα της Πάτμου δεν μπορεί να υποδεχθεί πρόσθετη αιολική ισχύ, πέραν της ήδη εγκατεστημένης**, καθώς το επίπεδο απορρίψεων θα διαμορφωνόταν σε επίπεδα υψηλότερα του 40% και ο συντελεστής χρησιμοποίησης θα ήταν χαμηλότερος του 23%.



Σχήμα 3. Απορριπτόμενη ενέργεια Α/Π, συναρτήσει της συνολικής εγκατεστημένης αιολικής ισχύος.

2.4. Περιθώρια διείσδυσης ΥΒΣ

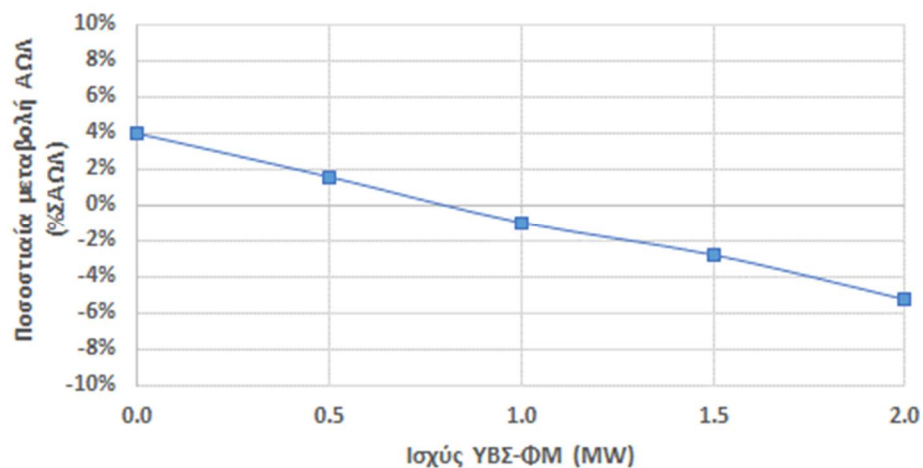
Στη συνέχεια εξετάζεται η ένταξη ΥΒΣ με σύστημα αποθήκευσης μπαταριών και Φ/Β ως μονάδες ΑΠΕ (ΥΒΣ-ΦΜ). Η εγγυημένη ισχύς ΥΒΣ που εξετάστηκε κυμαίνεται μεταξύ 0-2 MW, με βήμα 500 kW. Η διαμόρφωσή τους βασίζεται στα δεδομένα των αδειοδοτημένων έργων για το νησί (βλ. Παράρτημα Π.Ι.1), με την αναλογία μεγέθους των συνιστωσών να είναι όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Θεωρηθείσα διαστασιολόγηση συνιστωσών ΥΒΣ-ΦΜ της Πάτμου.

ΕΓΓΥΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΥΒΣ (MW)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (MW)	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ (MWh)	ΙΣΧΥΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ ΙΣΧΥΟΣ (MW)
P_{GUAR}	$P_{\text{PV}}=2.7 \cdot P_{\text{GUAR}}$	$E=9.3 \cdot P_{\text{GUAR}}$	$>85\% \cdot P_{\text{PV}}$

Πέραν των ΥΒΣ, στις προσομοιώσεις θεωρούνται ενταγμένοι οι μη ελεγχόμενοι σταθμοί ΑΠΕ ισχύος ίσης με το περιθώριο των προηγούμενων ενοτήτων (απόφαση 616/2016 της ΡΑΕ, με ισχύ Φ/Β προσαυξημένη κατά 28 kW).

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται η ποσοστιαία μεταβολή των ΑΩΛ, ως ποσοστό των ΣΑΩΛ³, συναρτήσει της ισχύος ΥΒΣ στο σύστημα. Η επίπτωση από την ένταξη αυξανόμενης ισχύος ΥΒΣ στις ΑΩΛ του λειτουργούντος Α/Π είναι αισθητή, ενώ οι ΣΑΩΛ φαίνεται να ικανοποιούνται για ισχύ ΥΒΣ έως περίπου 750 kW.

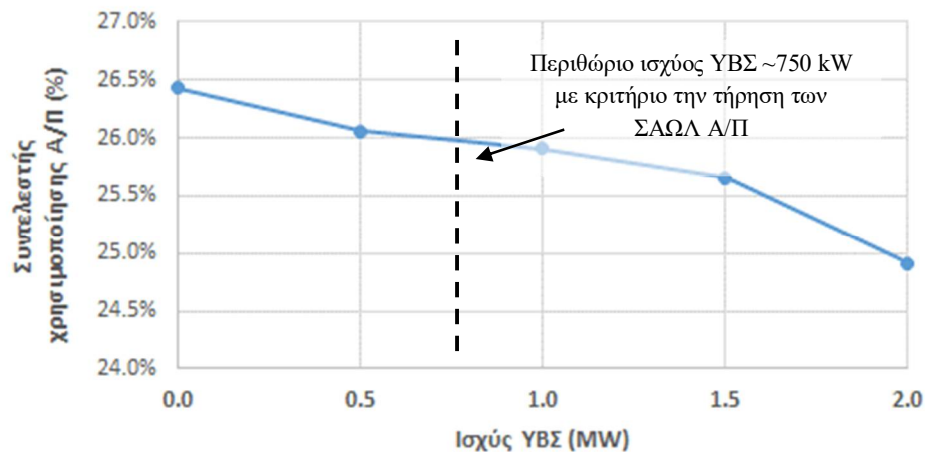


Σχήμα 4. Ποσοστιαία μεταβολή ΑΩΛ (%ΣΑΩΛ) στο σύστημα της Πάτμου, συναρτήσει της εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ.

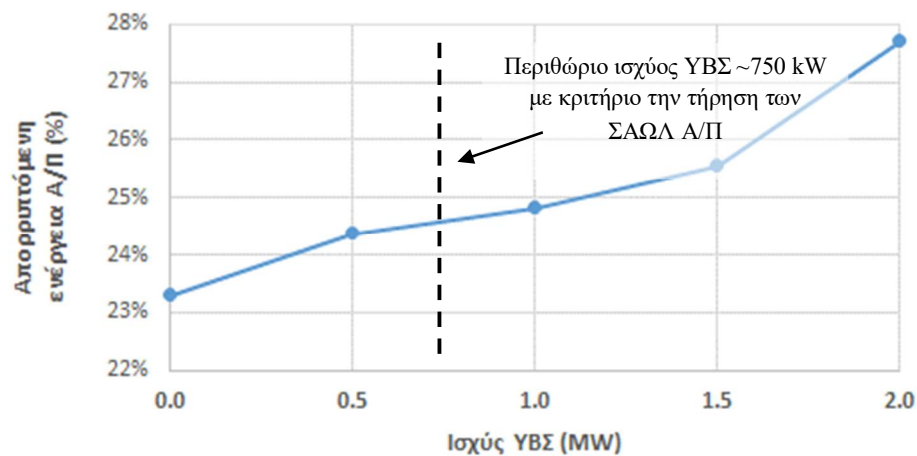
Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται η επίπτωση της ένταξης ΥΒΣ στη λειτουργία του λειτουργούντος Α/Π. Ο ήδη χαμηλός συντελεστής χρησιμοποίησης του Α/Π παρουσιάζει μικρή μείωση καθώς αυξάνεται η ισχύς του ΥΒΣ, ενώ συγκρατείται στα επίπεδα του 26% για ισχύ ΥΒΣ περί τα 750 kW. Η απορριπτόμενη ενέργεια του Α/Π, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 6, προκύπτει ίση με 24.5% της ετησίως διαθέσιμης για ισχύ ΥΒΣ περί τα 750 kW.

Αναφορικά με τη λειτουργία του ΥΒΣ, η απορριπτόμενη ενέργεια ΑΠΕ (% της συνολικής δυνατότητας παραγωγής του Φ/Β σταθμού) που απεικονίζεται στο Σχήμα 7, κυμαίνεται σε επίπεδα άνω του 30%, αναμενόμενα όμως για ΥΒΣ με συνδυασμό μπαταριών και φωτοβολταϊκού σταθμού σημαντικής ισχύος.

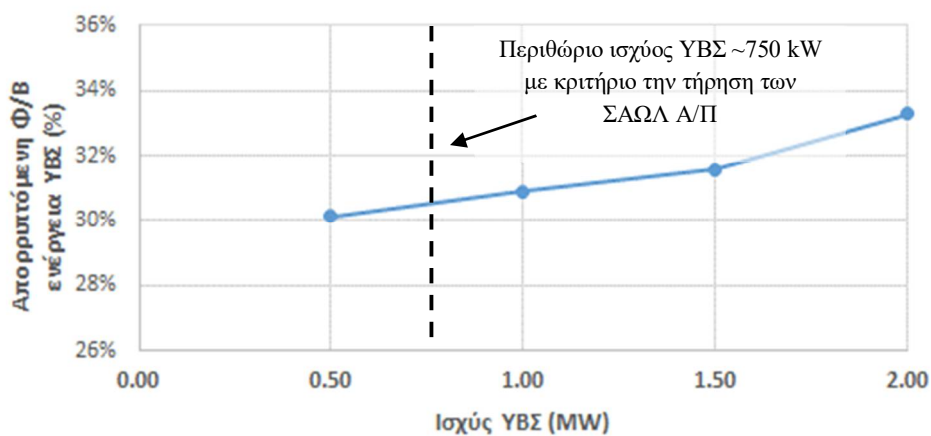
³ Οι ΣΑΩΛ για το έτος 2022 και για εγκατεστημένη ισχύ Α/Π 1.2 MW, ίση με το περιθώριο της απόφασης 616/2016 της ΡΑΕ, είναι 4235.



Σχήμα 5. Συντελεστής χρησιμοποίησης Α/Π συστήματος Πάτμου, συναρτήσει της εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ.



Σχήμα 6. Απορριπτόμενη ενέργεια Α/Π συστήματος Πάτμου, συναρτήσει της εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ.



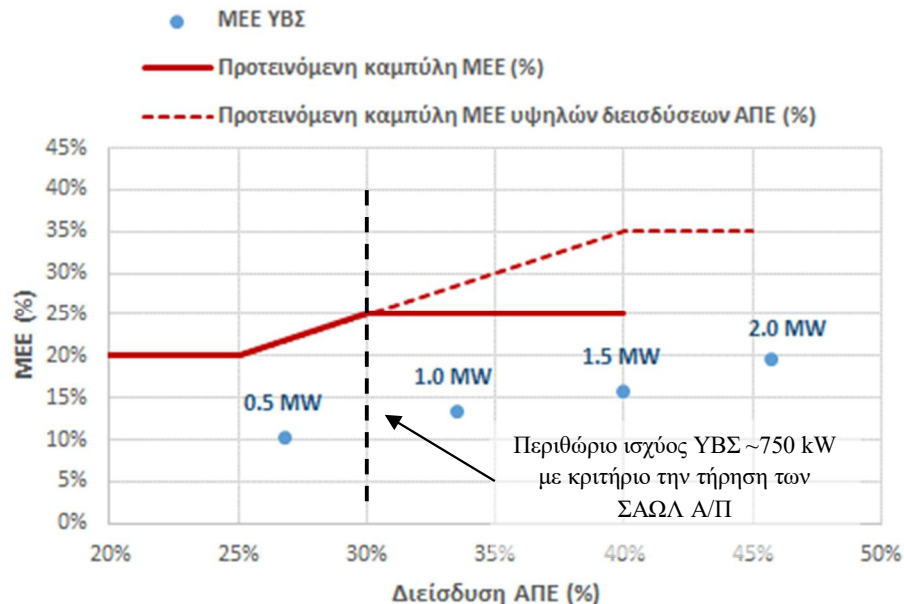
Σχήμα 7. Απορριπτόμενη Φ/Β ενέργεια ΥΒΣ στο σύστημα της Πάτμου, συναρτήσει της εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ.

Συμπερασματικά, το προτεινόμενο όριο διείσδυσης ισχύος ΥΒΣ στο σύστημα Πάτμου με κριτήριο την τήρηση των ΣΑΩΛ των Α/Π στο ακέραιο είναι 750 kW, λαμβάνοντας υπόψη τα νέα δεδομένα συστήματος και διαμόρφωσης των έργων.

2.5. Καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης

Στην αρχική μελέτη προσδιορισμού περιθωρίων διείσδυσης ΑΠΕ διαπιστώθηκε ότι το κατάλληλο μέγεθος εγγυήσεων απορρόφησης για κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ είναι η μη εντασσόμενη ενέργεια (ΜΕΕ) προσφορών των σταθμών αυτών. Η ενέργεια αυτή αντιστοιχεί στην προσφερθείσα από τον σταθμό ενέργεια, η οποία δεν κατέστη δυνατό να παραχθεί λόγω συμφόρησης του συστήματος, είτε στη φάση του προγραμματισμού, είτε στη φάση της λειτουργίας. Σημειώνεται ότι, όταν ο σταθμός διαθέτει δυνατότητα αποθήκευσης, η παραπάνω ενέργεια δεν απορρίπτεται κατ' ανάγκην αλλά επαναπροσφέρεται την επόμενη περίοδο ΚΗΕΠ. Η μη εντασσόμενη ενέργεια παρουσιάζει συσχέτιση με την απορριπτόμενη πρωτογενώς διαθέσιμη ενέργεια, αλλά δεν ταυτίζεται με αυτή παρουσία αποθηκευτικών δυνατοτήτων. Η δεύτερη εξαρτάται από την αποθηκευτική ικανότητα και την εσωτερική διαστασιολόγηση των συνιστωσών του κάθε σταθμού, όπως και από το επίπεδο κορεσμού του συστήματος ΜΔΝ.

Στο Σχήμα 8 παρουσιάζεται με σημεία μπλε χρώματος η ΜΕΕ του εκάστοτε θεωρούμενου ΥΒΣ, ως ποσοστό της συνολικά προσφερθείσας ενέργειας από τον σταθμό σε ετήσια βάση, συναρτήσει της επιτυγχανόμενης διείσδυσης ΑΠΕ (% της ετήσιας ζήτησης). Η ΜΕΕ συγκρατείται σε χαμηλές τιμές, της τάξης του 10-12% για διείσδυση ΑΠΕ έως 30% της ζήτησης (επιτυγχανόμενη διείσδυση με την ένταξη ΥΒΣ ισχύος 750 kW). Στο ίδιο διάγραμμα προτείνεται καμπύλη εγγυήσεων ΜΕΕ (κόκκινη συνεχής γραμμή για χαμηλά επίπεδα διείσδυσης ΑΠΕ ή κόκκινη διακεκομμένη γραμμή για υψηλές διεισδύσεις) για το σύστημα της Πάτμου, η οποία θα μπορούσε να παρέχεται από τον Διαχειριστή ΜΔΝ στους κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ (ΥΒΣ) ως εγγύηση αναφορικά με τη μέγιστη τιμή που μπορεί να λαμβάνει σε ετήσια βάση η μη εντασσόμενη ενέργεια προσφορών των σταθμών, συναρτήσει του επιτυγχανόμενου ετήσιου επιπέδου διείσδυσης ΑΠΕ στο σύστημα του νησιού. Η καμπύλη εγγυήσεων ΜΕΕ διατηρεί σημαντική απόσταση ασφαλείας από τις τιμές ΜΕΕ των προσομοιώσεων, δεδομένου ότι οι τελευταίες παρουσιάζουν σημαντική ευαισθησία ως προς διάφορες παραμέτρους διαχείρισης του συστήματος, οι οποίες σε επίπεδο ανάλυσης προσεγγίζονται κατά το δυνατόν πιο αξιόπιστα, αλλά δεν μπορούν να προεξοφληθούν σε σχέση με τη μελλοντική εφαρμογή τους.



Σχήμα 8. Μη εντασσόμενη ενέργεια (ΜΕΕ) ΥΒΣ στο σύστημα της Πάτμου, συναρτήσει της διείσδυσης ΑΠΕ (% ζήτησης) και προτεινόμενες καμπύλες εγγυήσεων απορρόφησης (μέγιστης εγγυημένης ΜΕΕ σε ετήσια βάση).

3. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΥΠΟΔΟΧΗΣ ΑΠΕ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΩ-ΚΑΛΥΜΝΟΥ

3.1. Βασικές θεωρήσεις

Τα περιθώρια διείσδυσης ΑΠΕ στο σύστημα της Κω-Καλύμνου εκτιμώνται για το έτος 2022. Τεχνολογίες ΑΠΕ που εξετάζονται είναι τα Α/Π, τα Φ/Β και ΥΒΣ με σύστημα αποθήκευσης μπαταριών και Α/Π ή Φ/Β ως συνιστώσες ΑΠΕ. Στο σύστημα της Κω-Καλύμνου έχουν εκδοθεί άδειες παραγωγής σε ΥΒΣ μπαταριών και αιολικών ή φωτοβολταϊκών ως μονάδες ΑΠΕ, συνολικής εγγυημένης ισχύος 43 MW, ενώ υπάρχει αίτηση για την ανάπτυξη σταθμού παραγωγής ισχύος 5 MW με εκμετάλλευση του γεωθερμικού (Γ/Θ) δυναμικού της νήσου Νισύρου. ΥΒΣ με αντλησιοταμίευση και ηλιοθερμικοί σταθμοί δεν εξετάζονται λόγω απουσίας προοπτικών υλοποίησης τέτοιων έργων στο σύστημα της Κω-Καλύμνου. Τα περιθώρια της απόφασης 616/2016 της ΡΑΕ για μικρές Α/Γ και σταθμούς βιομάζας – βιοαερίου στο σύστημα Κω-Καλύμνου λαμβάνονται στις προσομοιώσεις ως δεδομένα, καθώς εκτιμάται ότι επαρκούν για να καλύψουν πιθανό επενδυτικό ενδιαφέρον σε τέτοια έργα.

Κριτήρια αποδεκτότητας των σεναρίων εγκατεστημένης ισχύος τεχνολογιών ΑΠΕ είναι αυτά που αναφέρθηκαν για το σύστημα της Πάτμου:

- Για τον προσδιορισμό της αποδεκτής ισχύος Α/Π εφαρμόζεται το κριτήριο του ελάχιστου συντελεστή χρησιμοποίησης ($CF > 27.5\%$) για νέα Α/Π.
- Για τον προσδιορισμό της αποδεκτής ισχύος Φ/Β εφαρμόζεται το κριτήριο της ελάχιστης φόρτισης των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων. Η ισχύς Φ/Β αντιπροσωπεύει το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος μη ελεγχόμενων μονάδων ΑΠΕ (Φ/Β, μΑ/Γ και ΣΒΒμε) και μπορεί να επιμεριστεί με διαφορετικούς τρόπους στις τεχνολογίες αυτές.
- Τα εξεταζόμενα σενάρια διείσδυσης ΥΒΣ αξιολογούνται με κριτήριο την τήρηση των ΣΑΩΛ του υφιστάμενου Α/Π (με μηδενικό περιθώριο υστέρησης των ετήσιων ΑΩΛ σε σχέση με τις ΣΑΩΛ⁴).

Και εδώ δεν εξετάζονται κριτήρια ενεργειακής αποδοτικότητας και οικονομικής βιωσιμότητας των ΥΒΣ, δεδομένου ότι οι διαμορφώσεις τους προκύπτουν με βάση τα ήδη αδειοδοτημένα έργα και χαρακτηρίζονται από υψηλές εσωτερικές απορρίψεις ανεξαρτήτως περιθωρίου, ενώ η οικονομική τους βιωσιμότητα δεν μπορεί να αξιολογηθεί απουσία νέου πλαισίου τιμολόγησης ΥΒΣ.

Τα δεδομένα εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση του νησιωτικού συστήματος της Κω-Καλύμνου παρουσιάζονται στο Παράρτημα Ι.2. Στις προσομοιώσεις θεωρήθηκε απαίτηση εφεδρείας 8 MW και ποσοστό αξιοπιστίας της αιολικής παραγωγής ίσο με 50%. Η επιλογή των θεωρήσεων αυτών αναλύεται στο Παράρτημα ΙΙ.2 και βασίζεται στα απολογιστικά δεδομένα λειτουργίας του συστήματος της Κω-Καλύμνου.

3.2. Περιθώριο Φ/Β

Στη συνέχεια εφαρμόζεται το κριτήριο ελάχιστης φόρτισης των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων, προκειμένου να προσδιοριστεί η αποδεκτή ισχύς των μη ελεγχόμενων τεχνολογιών ΑΠΕ (αθροιστική ισχύς Φ/Β, μΑ/Γ και ΣΒΒμε). Όπως και στην περίπτωση της Πάτμου, ελήφθησαν οι ελάχιστες ημερήσιες καμπύλες φορτίου για κάθε μήνα του έτους 2022 (μπλε καμπύλες στο Σχήμα 9), από τις οποίες αφαιρέθηκαν τα τεχνικά ελάχιστα των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων

⁴ Στην παλαιότερη μελέτη περιθωρίων γινόταν αποδεκτή μείωση στις ΑΩΛ των Α/Π σε σχέση με τις συμβολαιοποιημένες ΣΑΩΛ μέχρι 20% για μελλοντικές καταστάσεις αυξημένης διείσδυσης ΑΠΕ.

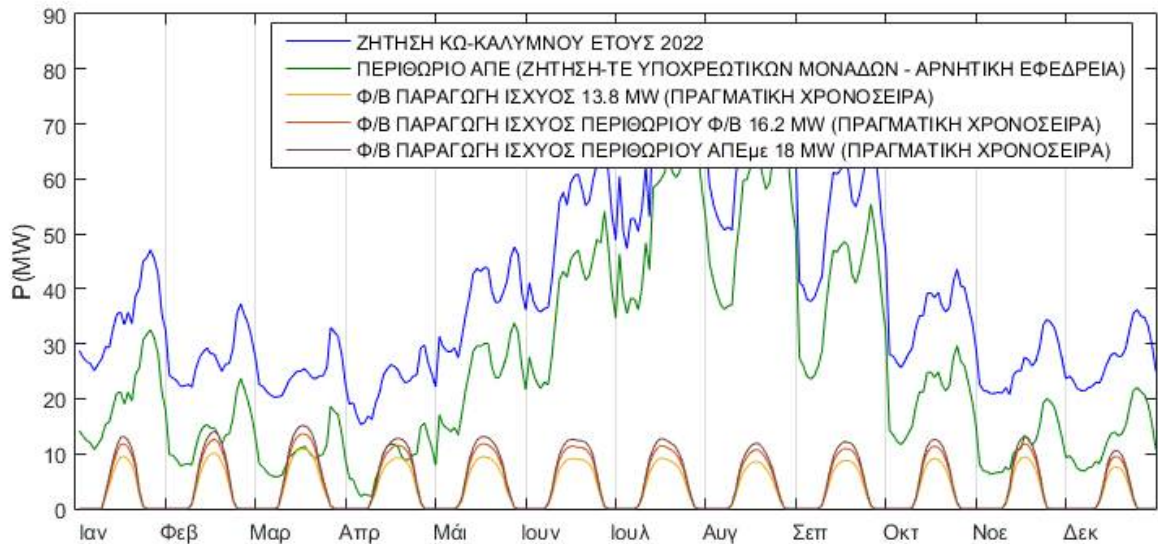
(12.3 MW⁵) καθώς και μια ελάχιστη ποσότητα αρνητικής στρεφόμενης εφεδρείας ίση με το 10% του ελάχιστου μεσημβρινού φορτίου (~2.3 MW). Έτσι προκύπτει η πράσινη καμπύλη του Σχήματος 9, η οποία δίνει τη μέγιστη δυνατότητα απορρόφησης παραγωγής ΑΠΕ από το σύστημα του νησιού σε συνθήκες ελάχιστου φορτίου ανά μήνα του έτους. Δεδομένου ότι η μη ελεγχόμενη παραγωγή ΑΠΕ αποτελείται κατά κύριο λόγο από Φ/Β σταθμούς, υπολογίζεται η ανά ώρα μέγιστη Φ/Β παραγωγή του κάθε μήνα, συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β, χρησιμοποιώντας χρονοσειρές πραγματικής Φ/Β παραγωγής του συστήματος Κω-Καλύμνου. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτουν οι κίτρινες-καφέ-πορτοκαλί καμπύλες του Σχήματος 9, βάσει των οποίων προσδιορίζεται η μέγιστη αποδεκτή ισχύς Φ/Β, ως η τιμή για την οποία η μέγιστη αναμενόμενη παραγωγή φθάνει τη δυνατότητα απορρόφησης παραγωγής ΑΠΕ από το σύστημα για έστω και μία ώρα του έτους.

Η αποδεκτή εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β σταθμών που υπολογίζεται με τη μεθοδολογία αυτή για το σύστημα Κω-Καλύμνου ανέρχεται σε 13.8 MW και υπολείπεται κατά 4.2 MW του ισχύοντος περιθωρίου των 18 MW για το σύνολο των μη ελεγχόμενων σταθμών ΑΠΕ (επιμεριζόμενο στην απόφαση 616/2016 σε Φ/Β=16.2 MW, μΑ/Γ=0.9 MW και ΣΒΒμε=0.9 MW). Η θεώρηση μόνο της ισχύος Φ/Β του ισχύοντος περιθωρίου (πορτοκαλί καμπύλες) είναι της τάξης των 2.4 MW και καλύπτεται από την τηρούμενη αρνητική εφεδρεία.

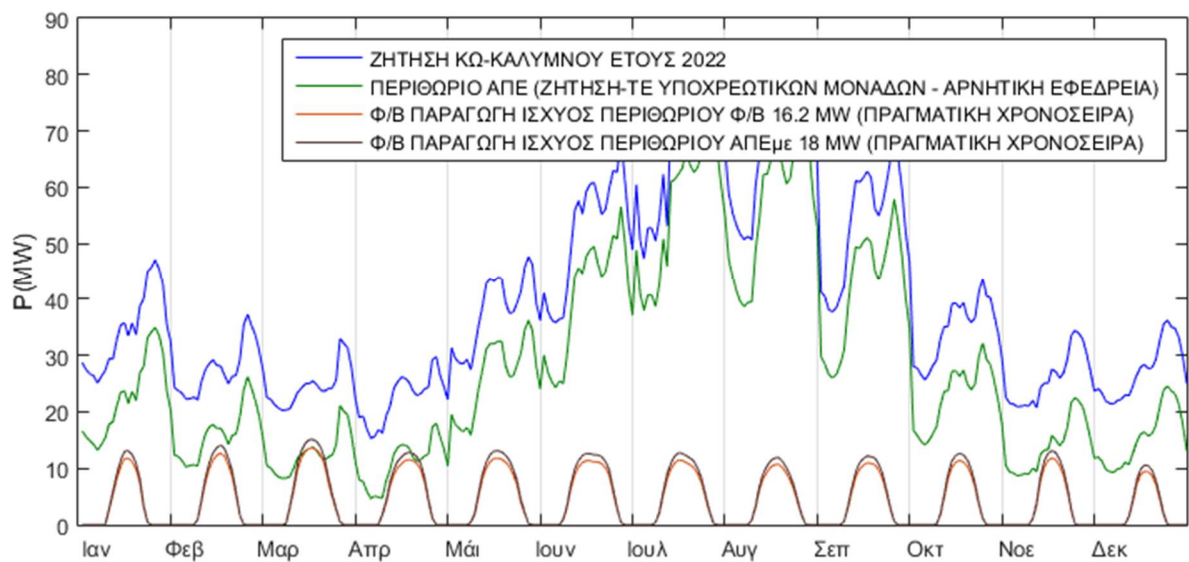
Στο Σχήμα 10 εφαρμόζεται η ίδια μεθοδολογία με διαφοροποιημένη σειρά ένταξης στον ΑΣΠ Κω: τους μήνες χαμηλού φορτίου τίθεται ως υποχρεωτικής ένταξης μία συμβατική μονάδα μικρότερης ισχύος, π.χ. HANJUNG-MAN 11.6 MW αντί της HSD/MAN 16.5 MW. Με τη θεώρηση αυτή, η ισχύς ΤΕ των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων περιορίζεται σε 9.9 MW από 12.3 MW στο Σχήμα 8, οδηγώντας σε ισόποσα αυξημένο περιθώριο Φ/Β, το οποίο τώρα ανέρχεται σε 16.2 MW, όσο το εγκεκριμένο της απόφασης 616/2016. Πρόσθετο περιθώριο για τις λοιπές μη ελεγχόμενες ΑΠΕ (ΣΒΒμε & μΑ/Γ, των οποίων η έλευση είναι αμφίβολη) μπορεί να προκύψει από τη θεωρούμενη αρνητική εφεδρεία, ώστε να καλυφθεί το εγκεκριμένο για τις τεχνολογίες αυτές περιθώριο των 1.8 MW.

Συμπερασματικά, με τη νέα θεώρηση συμβατικών μονάδων για το σύστημα Κω-Καλύμνου διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει πρόσθετο περιθώριο μη ελεγχόμενων ΑΠΕ, ενώ το ήδη εγκεκριμένο είναι οριακά αποδεκτό (με την υπόθεση εναλλαγής της σειράς ένταξης των συμβατικών μονάδων σε περιόδους χαμηλού φορτίου, αλλά και συνεκτιμώντας την πολύ χαμηλή πιθανότητα εξάντλησης του περιθωρίου των λοιπών μη ελεγχόμενων τεχνολογιών ΑΠΕ). **Συνεπώς προτείνεται η διατήρηση των εγκεκριμένων με την απόφαση 616/2016 περιθωρίων για τις μη ελεγχόμενες ΑΠΕ, τα οποία παραμένουν μερικώς μόνο αξιοποιήσιμα** (εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β ~10 MW, έναντι περιθωρίου 16.2 MW).

⁵ Η τεχνικά ελάχιστη ισχύς προκύπτει από το ΤΕ της υποχρεωτικά ενταγμένης μονάδας στον ΑΣΠ της Καλύμνου ισχύος 8.25 MW (ΤΕ=50%) και της υποχρεωτικά ενταγμένης μονάδας στον ΑΣΠ της Κω ισχύος 16.5 MW (ΤΕ=50%).



Σχήμα 9. Όριο εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β σταθμών στην Κω-Κάλυμνο προκειμένου να μην παραβιάζεται η ελάχιστη φόρτιση των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων του συστήματος- Συνολική ισχύς ΤΕ υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων: 12.3 MW.



Σχήμα 10. Όριο εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β σταθμών στην Κω-Κάλυμνο προκειμένου να μην παραβιάζεται η ελάχιστη φόρτιση των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων του συστήματος- Συνολική ισχύς ΤΕ υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων: 9.9 MW.

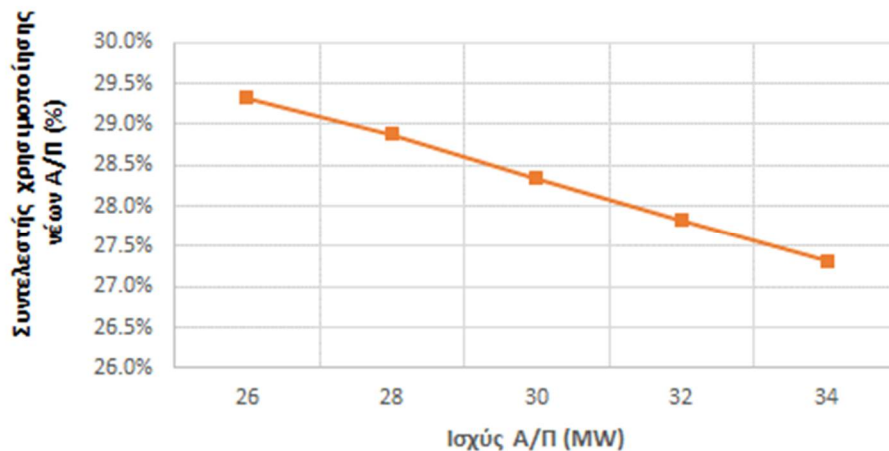
3.3. Περιθώριο Α/Π

Η αξιολόγηση του περιθωρίου υποδοχής αιολικής ισχύος γίνεται θεωρώντας ενταγμένους σταθμούς ΑΠΕ ισχύος ίσης με τα περιθώρια της απόφασης 616/2016 της ΡΑΕ (Φ/Β=16.2 MW, $\mu\text{Α/Γ}$ =0.9 MW, ΣΒΒμε = 0.9 MW, ΣΒΒελ=3.5 MW), ενώ η προσθήκη ΥΒΣ και γεωθερμίας αξιολογείται σε επόμενο στάδιο στη συνέχεια. Η εξεταζόμενη ισχύς Α/Π κυμαίνεται σε επίπεδα μεγαλύτερα ή ίσα του ισχύοντος περιθωρίου των 26 MW. Στο Σχήμα 11 παρουσιάζεται ο συντελεστής χρησιμοποίησης των νέων Α/Π συναρτήσει της εγκατεστημένης αιολικής ισχύος του συστήματος, ο οποίος προκύπτει υψηλότερος του 27.5%, μέχρι και για συνολική εγκατεστημένη ισχύ αιολικών 33 MW. Είναι αξιοσημείωτο ότι για

χαμηλότερα ποσοστά αξιοπιστίας της αιολικής παραγωγής (20%-35%, αντί 50% που θεωρείται) δεν προκύπτει περιθώριο ισχύος Α/Π πέραν του ισχύοντος των 26 MW.

Ζήτημα τήρησης των ΣΑΩΛ για υψηλότερα περιθώρια Α/Π δεν τίθεται, διότι η μείωση των ΣΑΩΛ βάσει των ισχυουσών συμβάσεων σε υψηλότερες εγκατεστημένες ισχείς Α/Π είναι αρκετά μεγάλη ώστε να καλύπτει τη μείωση των ΑΩΛ των πάρκων. Ομοίως δεν τίθεται ζήτημα πολύ υψηλών απορρίψεων διαθέσιμης αιολικής παραγωγής.

Συνεπώς, με τις θεωρήσεις που έχουν γίνει στην παρούσα μελέτη, το σύστημα Κω-Καλύμνου φαίνεται ότι είναι σε θέση να υποδεχθεί εγκατεστημένη ισχύ Α/Π πέραν του περιθωρίου των 26 MW βάσει της απόφασης 616/2016. Εντούτοις, η εγκατεστημένη ισχύς Α/Π στο σύστημα Κω-Καλύμνου υπολείπεται κατά περίπου 10 MW του ισχύοντος περιθωρίου, επιτρέποντας την υλοποίηση αιολικών έργων χωρίς να εξαντλούνται οι δυνατότητες υποδοχής του συστήματος, αλλά και αφήνοντας περιθώριο για την ευχερέστερη υποδοχή ισχύος ΥΒΣ και γεωθερμικών σταθμών. **Συνεπώς προτείνεται η διατήρηση του ήδη εγκεκριμένου περιθωρίου των 26 MW για τους αιολικούς σταθμούς.**



Σχήμα 11. Συντελεστής χρησιμοποίησης νέων Α/Π συστήματος Κω-Καλύμνου, συναρτήσεως της συνολικής ισχύος των Α/Π.

3.4. Περιθώριο ΥΒΣ

Για το σύστημα της Κω-Καλύμνου εξετάζεται η ένταξη υβριδικών σταθμών με σύστημα αποθήκευσης μπαταριών και Φ/Β (ΥΒΣ-ΦΜ) ή αιολικά (ΥΒΣ-ΑΜ) ως μονάδες ΑΠΕ. Η συνολική εγγυημένη ισχύς ΥΒΣ που εξετάστηκε κυμαίνεται μεταξύ 0-30 MW, με βήμα 5 MW και αναλογία μείγματος ΥΒΣ-ΑΜ:ΥΒΣ-ΦΜ=2:1, όπως αυτή προκύπτει από το αρχείο αδειών παραγωγής ΥΒΣ του συμπλέγματος. Η διαστασιολόγηση των συνιστωσών των εξεταζόμενων ΥΒΣ προκύπτει βάσει του σταθμισμένου μέσου όρου των αδειών παραγωγής, με τις αναλογίες μεγέθους που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 για τους ΥΒΣ-ΦΜ και στον Πίνακα 3 για τους ΥΒΣ-ΑΜ.

Πίνακας 2. Αναλογία μεγέθους συνιστωσών ΥΒΣ-ΦΜ στο σύστημα Κω-Καλύμνου.

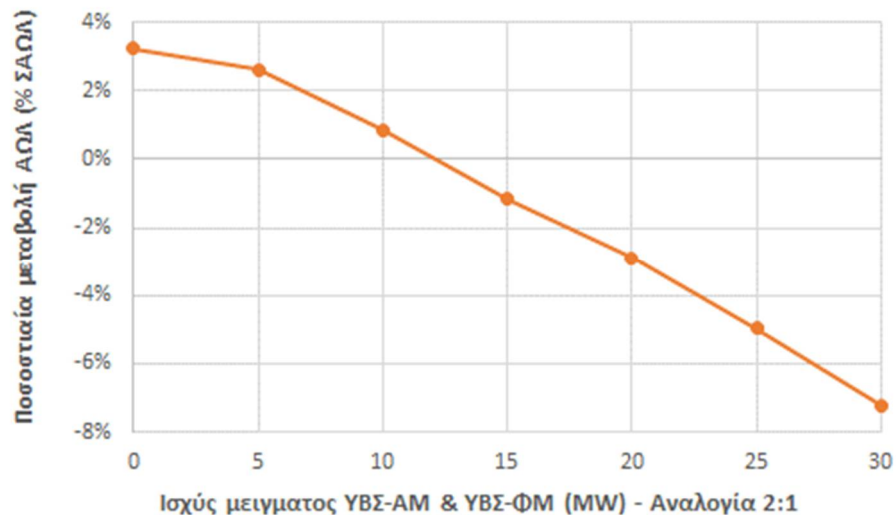
ΕΓΓΥΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΥΒΣ (MW)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ (MW)	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ (MWh)	ΙΣΧΥΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ (MW)
P_{GUAR}	$P_{RES}=3 \cdot P_{GUAR}$	$E=7 \cdot P_{GUAR}$	$>85\% \cdot P_{RES}$

Πίνακας 3. Αναλογία μεγέθους συνιστωσών ΥΒΣ-ΑΜ στο σύστημα Κω-Καλύμνου.

ΕΓΓΥΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΥΒΣ (MW)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ (MW)	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ (MWh)	ΙΣΧΥΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ (MW)
P_{GUAR}	$P_{RES}=2.5 \cdot P_{GUAR}$	$E=8 \cdot P_{GUAR}$	$>85\% \cdot P_{RES}$

Στις προσομοιώσεις θεωρούνται ενταγμένοι όλοι οι μη ελεγχόμενοι σταθμοί ΑΠΕ του ισχύοντος περιθωρίου (προηγούμενες ενότητες) καθώς και ελεγχόμενοι σταθμοί βιομάζας – βιοαερίου (ΣΒΒελ) ισχύος 3.5 MW (επίσης βάσει της απόφασης 616/2016).

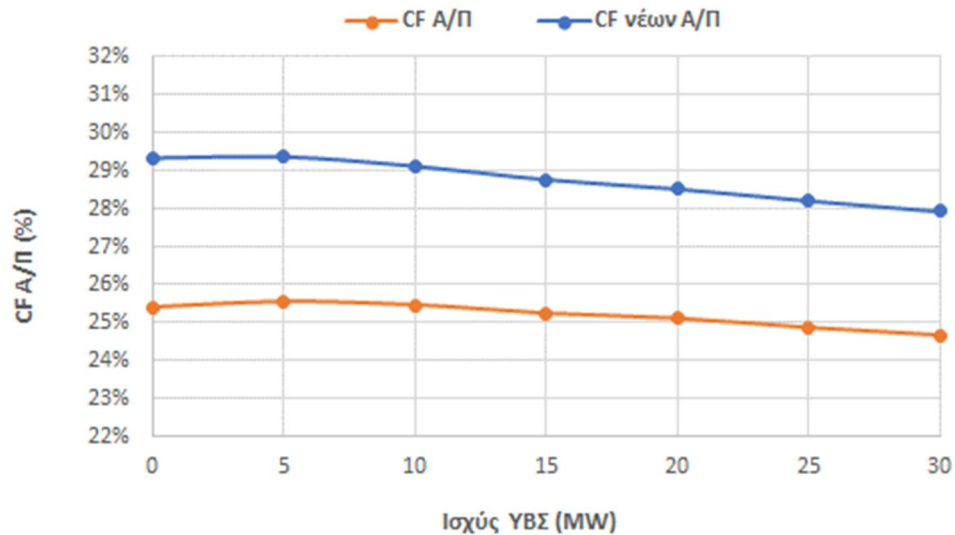
Στο Σχήμα 12 παρουσιάζεται η ποσοστιαία μεταβολή των ΑΩΛ των αιολικών πάρκων, ως ποσοστό των συμβατικών ΣΑΩΛ⁶, συναρτήσει της ισχύος ΥΒΣ του συστήματος (για μείγμα ΥΒΣ-ΑΜ & ΥΒΣ-ΦΜ με αναλογία 2:1). Η ένταξη ΥΒΣ στο σύστημα Κω-Καλύμνου προκαλεί υστέρηση των ΑΩΛ σε σχέση με τις συμβατικές ΣΑΩΛ, κατά περίπου 2% ανά 5 MW πρόσθετης ενταγμένης ισχύος ΥΒΣ. Με κριτήριο την απόλυτη τήρηση των ΣΑΩΛ ($A_{ΩΛ} \geq \Sigma A_{ΩΛ}$), προκύπτει περιθώριο περί τα 12.5 MW συνολικής εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ.



Σχήμα 12. Ποσοστιαία μεταβολή ΑΩΛ (%ΣΑΩΛ) των Α/Π συστήματος Κω-Καλύμνου, συναρτήσει της ενταγμένης ισχύος ΥΒΣ.

Στο Σχήμα 13 παρουσιάζεται η επίπτωση από την ένταξη ΥΒΣ στη λειτουργία τόσο των λειτουργούντων όσο και των νέων Α/Π (πρόσθετη ισχύς έως το ισχύον περιθώριο των 26 MW). Ο συντελεστής χρησιμοποίησης των ήδη εγκατεστημένων (15.2 MW) όπως και των νέων αιολικών (10.8 MW) διατηρείται σχετικά αμετάβλητος ανεξαρτήτως ισχύος ΥΒΣ, με μικρή μόνο μείωση σε πολύ μεγάλες διεισδύσεις ΥΒΣ.

⁶ Λαμβάνεται υπόψη ο πίνακας προσδιορισμού των ΣΑΩΛ της σύμβασης πώλησης του αποδοτικότερου Α/Π.



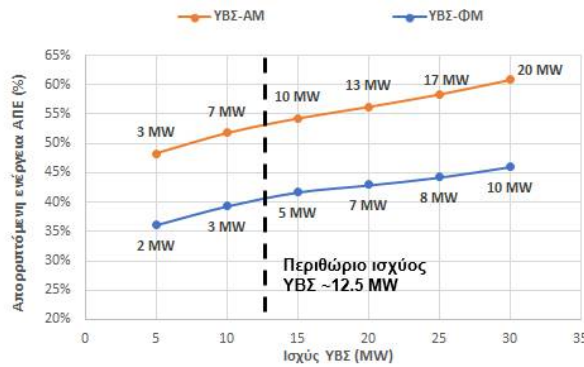
Σχήμα 13. Συντελεστής χρησιμοποίησης των Α/Π συστήματος Κω-Καλύμνου συναρτήσει της ενταγμένης ισχύος ΥΒΣ.

Αναφορικά με τη λειτουργία των ΥΒΣ, η απορριπτόμενη ενέργεια ΑΠΕ των ΥΒΣ-ΦΜ (Φ/Β ενέργεια) που απεικονίζεται στα Σχήματα 14α και 14β, αγγίζει το 40% για ετήσια διείσδυση ΑΠΕ της τάξης του 40%, που περίπου επιτυγχάνεται με τα εδώ προσδιοριζόμενα περιθώρια τεχνολογιών ΑΠΕ. Οι εσωτερικές απορρίψεις των ΥΒΣ-ΑΜ (αιολική ενέργεια) εμφανίζονται συστηματικά μεγαλύτερες, της τάξης του 50% για ολική ισχύ ΥΒΣ 12.5 MW.

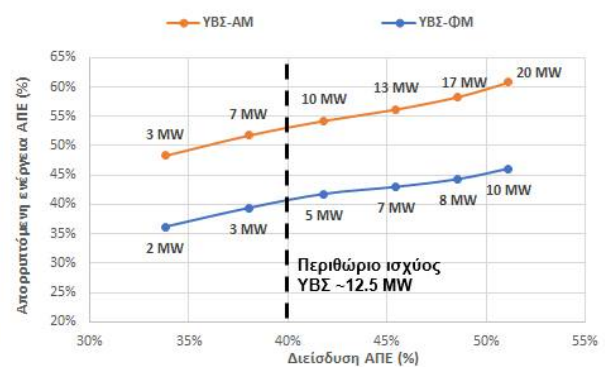
Οι απορρίψεις ενέργειας ΑΠΕ των ΥΒΣ είναι πρωτίστως χαρακτηριστικό της διαμόρφωσης αυτών και δευτερευόντως της διείσδυσης/συμφόρησης ΑΠΕ σε ένα σύστημα. Στο Σχήμα 15 απεικονίζονται παραμετρικά οι απορρίψεις για διαφορετική αναλογία ισχύος συνιστωσών ΑΠΕ προς την εγγυημένη ισχύ των ΥΒΣ και δεδομένη χωρητικότητα αποθήκης. Διαπιστώνεται ότι η υπερδιαστασιολόγηση των μονάδων ΑΠΕ ενός ΥΒΣ, με δεδομένη την ικανότητα παραγωγής και τη χωρητικότητα των αποθηκευτικών του συστημάτων, οδηγεί σε πολύ χαμηλή ενεργειακή αποδοτικότητα, με υποαξιοποίηση της διαθέσιμης ενέργειας ΑΠΕ. Αυτό ισχύει ιδίως για ΥΒΣ με Α/Γ ως μονάδες ΑΠΕ, λόγω του υψηλότερου συντελεστή χρησιμοποίησής τους σε σχέση με τα Φ/Β. Η διερεύνηση αυτή καταδεικνύει επίσης τη μη ορθολογική διαστασιολόγηση των ήδη αδειοδοτημένων σταθμών, η οποία θα έπρεπε να έχει εντοπιστεί και αντιμετωπιστεί στο πλαίσιο της διαδικασίας αδειοδότησης. Στην παρούσα φάση, η διαμόρφωση των έργων λαμβάνεται αναγκαστικά ως δεδομένη, με αναπόφευκτη συνέπεια αφενός την αδυναμία εφαρμογής του κριτηρίου των εσωτερικών απορρίψεων ενέργειας για την αποφυγή μη αποδοτικών σεναρίων και αφετέρου τον περιορισμό του περιθωρίου ΥΒΣ⁷.

Συμπερασματικά, **το προτεινόμενο περιθώριο ΥΒΣ στο σύστημα Κω-Καλύμνου, λαμβάνοντας υπόψη τα νέα δεδομένα συστήματος και διαμόρφωσης των έργων, είναι 12.5 MW**, αθροιστικά για ΥΒΣ με μονάδες ΑΠΕ αιολικού ή Φ/Β τύπου.

⁷ Η επίπτωση της εσωτερικής διαμόρφωσης των ΥΒΣ στο περιθώριο του συστήματος είναι πολύ μικρότερη από αυτή άλλων παραγόντων, όπως π.χ. η σύνθεση και το ΤΕ των συμβατικών μονάδων.

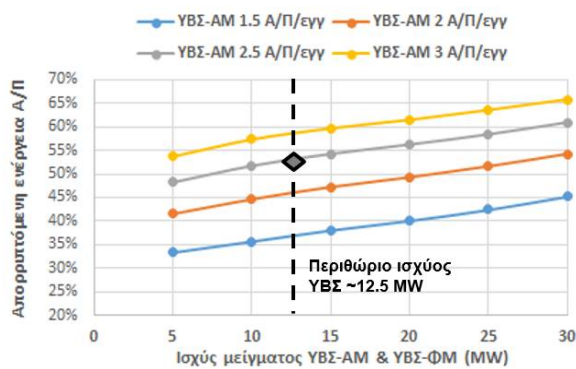


(α)

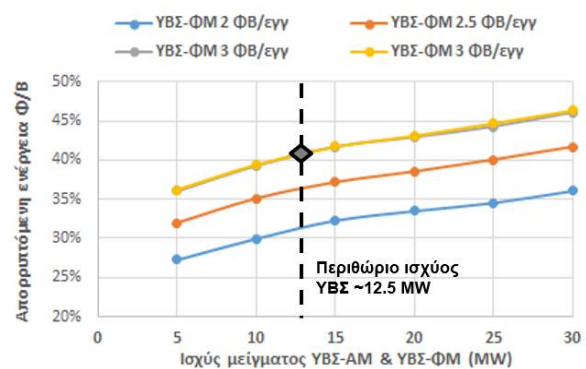


(β)

Σχήμα 14. Απορρίψεις διαθέσιμης ενέργειας ΑΠΕ ΥΒΣ συστήματος Κω-Καλύμνου, α) συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος ΥΒΣ και β) συναρτήσει της επιτυγχανόμενης ετήσιας διείσδυσης ΑΠΕ.



(α)



(β)

Σχήμα 15. Απορρίψεις διαθέσιμης ενέργειας ΑΠΕ α) ΥΒΣ-ΑΜ και β) ΥΒΣ-ΦΜ του συστήματος Κω-Καλύμνου, συναρτήσει της συνολικής ισχύος ΥΒΣ στο σύστημα και με παράμετρο τη διαστασιολόγηση των μονάδων ΑΠΕ ως προς την εγγυημένη ισχύ των σταθμών.

3.5. Καμπύλη εγγυήσεων απορρόφησης

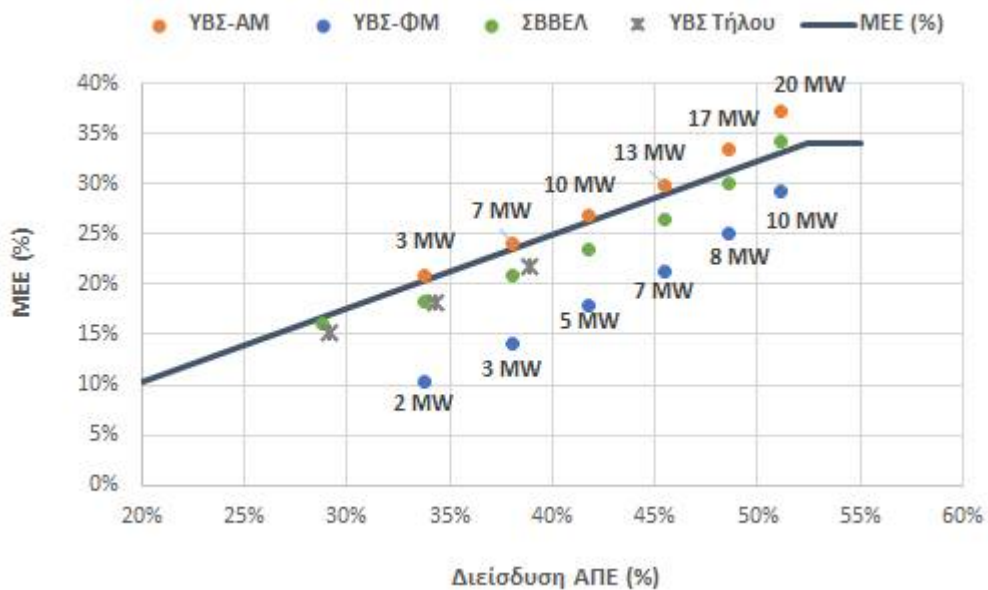
Στο Σχήμα 16 παρουσιάζεται η μη εντασσόμενη ενέργεια προσφορών (ΜΕΕ) των κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ (ΥΒΣ και ΣΒΒελ), ως ποσοστό της συνολικά προσφερθείσας ενέργειας, συναρτήσει της επιτυγχανόμενης διείσδυσης ΑΠΕ (% της ετήσιας ζήτησης) καθώς και η εγκεκριμένη καμπύλη εγγυήσεων απορρόφησης του συστήματος Κω-Καλύμνου βάσει της απόφασης 616/2016 της ΡΑΕ⁸. Η ΜΕΕ των ΥΒΣ-ΦΜ συγκρατείται σε σχετικά χαμηλές τιμές, της τάξης του 22% για διείσδυση ΑΠΕ 40% της ζήτησης, ενώ παραμένει μικρότερη του ορίου που θέτει η ήδη εγκεκριμένη καμπύλη ΜΕΕ ακόμα και σε διεισδύσεις ΑΠΕ της τάξης του 50%. Η ΜΕΕ των ΥΒΣ-ΑΜ για την ίδια διείσδυση (~40%) είναι μεγαλύτερη, της τάξης του 26%, οριακά υπερβαίνοντας το όριο της ισχύουσας καμπύλης ΜΕΕ για Κω-Καλύμνο, ενώ σε μεγαλύτερες διεισδύσεις ΑΠΕ (50%) το υπερβαίνει καθαρά. Είναι σαφές ότι οι τιμές της ΜΕΕ των σταθμών ΑΠΕ αυξάνονται όσο το σύστημα οδηγείται σε μεγαλύτερα επίπεδα διείσδυσης, λόγω της προκύπτουσας συμφόρησης στη δυνατότητα απορρόφησης παραγωγής ΑΠΕ. Στο Σχήμα 16 παρουσιάζεται επίσης η υπολογιζόμενη ΜΕΕ του ΥΒΣ Τήλου, εγγυημένης ισχύος 400 kW,

⁸ Η καμπύλη ΜΕΕ αποτελεί δέσμευση του Διαχειριστή ως προς τους παραγωγούς ΑΠΕ και ορίζει το άνω επιτρεπτό όριο των μη εντασσόμενων ενεργειών των παραγωγών ΑΠΕ (% της συνολικά προσφερθείσας ενέργειας). Η καμπύλη ΜΕΕ του ΜΔΝ της Κω-Καλύμνου έχει ήδη συμπεριληφθεί στο συμβόλαιο του εν λειτουργία ΥΒΣ της Τήλου.

με διαφορετικό σύμβολο, όπως προέκυψε από τις προσομοιώσεις του συστήματος της Κω-Καλύμνου για τρία επίπεδα διείσδυσης ΑΠΕ: θεωρώντας ένταξη του ΥΒΣ Τήλου ως του μόνου ΥΒΣ (διείσδυση ~29%), την ένταξη ΥΒΣ συνολικής ισχύος 5 MW (διείσδυση ~34%) ή 10 MW (διείσδυση ~39%), περιλαμβανομένου του ΥΒΣ Τήλου και άλλων ΥΒΣ-ΑΜ. Διαπιστώνεται ότι σε όλες τις περιπτώσεις η ΜΕΕ του ΥΒΣ Τήλου συγκρατείται χαμηλότερα της συμβολαιοποιημένης καμπύλης ΜΕΕ, αλλά με μικρό περιθώριο ασφαλείας.

Από τα προηγούμενα είναι σαφές ότι η ισχύουσα καμπύλη ΜΕΕ δεν είναι συμβατή με τα νέα δεδομένα του συστήματος Κω-Καλύμνου, κυρίως εξαιτίας της σύνθεσης και των χαρακτηριστικών των συμβατικών μονάδων, αλλά και με τη νέα διαμόρφωση των ΥΒΣ βάσει των αδειοδοτημένων έργων. Αυτό δεν αφορά τη συμβολαιοποιημένη καμπύλη ΜΕΕ του ΥΒΣ Τήλου (παρ' ότι τα περιθώρια ασφαλείας είναι πλέον περιορισμένα), αλλά κυρίως τους αδειοδοτημένους ΥΒΣ με μεγάλη ισχύ Α/Π υψηλού συντελεστή χρησιμοποίησης.

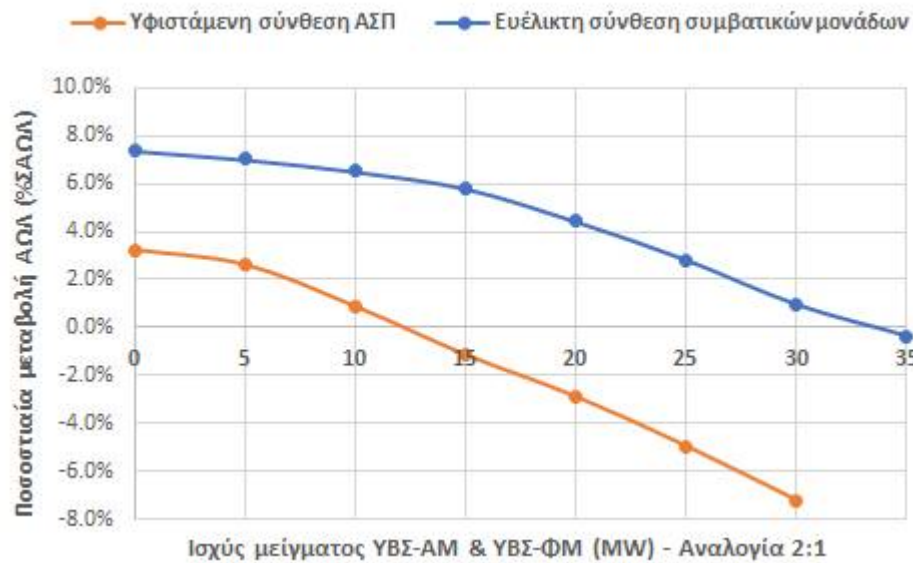
Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι η εγκεκριμένη καμπύλη ΜΕΕ για το σύστημα Κω-Καλύμνου είχε προκύψει στο πλαίσιο της αρχικής μελέτης περιθωρίων [1,2], με διαφορετικά δεδομένα συμβατικών μονάδων και μείγματα και διαμορφώσεις σταθμών ΑΠΕ και ΥΒΣ. Για να φανεί η σημασία των θεωρήσεων αυτών, στο Σχήμα 17 παρουσιάζεται το νέφος ΜΕΕ των ίδιων σεναρίων ΑΠΕ, για την υπόθεση ευέλικτης σύνθεσης συμβατικών σταθμών, όπως στην αρχική μελέτη περιθωρίων (θεωρώντας 4 νέες μονάδες των 8 MW, με TE 40% της ονομαστικής τους ισχύος). Οι ΜΕΕ όλων των σταθμών ΑΠΕ (ΥΒΣ-ΑΜ, ΥΒΣ-ΦΜ, ΣΒΒΕΛ) προκύπτουν αισθητά χαμηλότερες σε όλα τα επίπεδα διείσδυσης. Αντίστοιχα, το περιθώριο ισχύος ΥΒΣ με κριτήριο την τήρηση των ΣΑΩΛ των Α/Π θα προέκυπτε πολύ υψηλότερο, περί τα 33 MW, όσο περίπου και στην αρχική μελέτη, όπως φαίνεται από τη μεταβολή των ΑΩΛ του Σχήματος 18.



Σχήμα 16. Μη Εντασσόμενη Ενέργεια (ΜΕΕ) προσφορών κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ και ΥΒΣ στο σύστημα Κω-Καλύμνου συναρτήσει της ετήσιας διείσδυσης ΑΠΕ και εγκεκριμένη καμπύλη ΜΕΕ βάσει της απόφασης 616/2016.

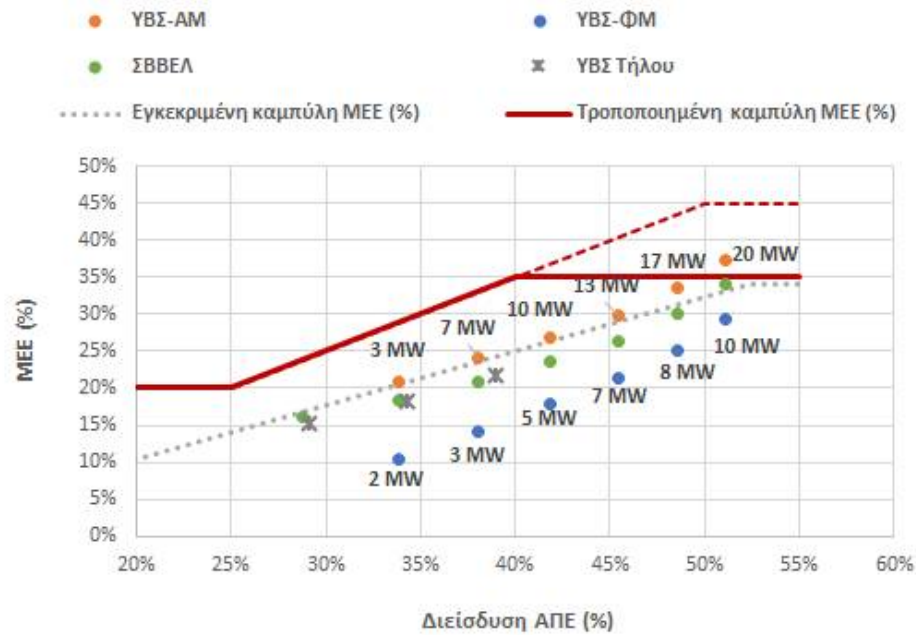


Σχήμα 17. ΜΕΕ κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ και ΥΒΣ στο σύστημα Κω-Καλύμνου, θεωρώντας ενέλικτη σύνθεση συμβατικών μονάδων (4 νέες μονάδες x 8 MW με TE=40%).



Σχήμα 18. Ποσοστιαία μεταβολή ΑΩΛ (%ΣΑΩΛ) για αυξανόμενη ισχύ ΥΒΣ στο σύστημα Κω-Καλύμνου, για εναλλακτικές θεωρήσεις σύνθεσης των συμβατικών μονάδων.

Αναγνωρίζοντας τη νέα πραγματικότητα που διαμορφώνεται στο σύστημα Κω-Καλύμνου, στο Σχήμα 19 προτείνεται τροποποιημένη καμπύλη εγγυήσεων ΜΕΕ (κόκκινη συνεχής γραμμή για διείσδυση ΑΠΕ στα επίπεδα που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη ή διακεκομμένη γραμμή για πολύ υψηλή διείσδυση), η οποία προσεγγίζει ορθότερα τις νέες εκτιμώμενες τιμές ΜΕΕ, αφήνοντας επαρκές περιθώριο ασφαλείας στον Διαχειριστή για ενδεχόμενη μελλοντική μεταβολή των δεδομένων σε δυσμενή κατεύθυνση, όπως συνέβη την τελευταία 5ετία.



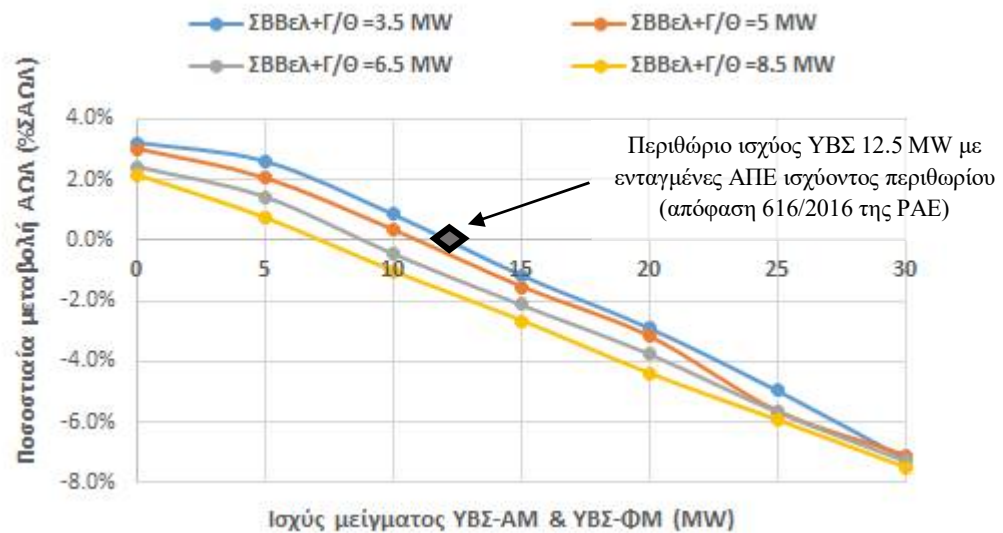
Σχήμα 19. Μη Εντασσόμενη Ενέργεια (MEE) προσφορών κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ και ΥΒΣ στο σύστημα Κω-Καλύμνου συναρτήσει της ετήσιας διείσδυσης ΑΠΕ και προτεινόμενη τροποποιημένη καμπύλη MEE.

3.6. Επίπτωση ανάπτυξης σταθμού Γ/Θ

Σε αυτήν την παράγραφο εξετάζονται οι επιπτώσεις από την πιθανολογούμενη ένταξη σταθμού Γ/Θ στη Νίσυρο στη λειτουργία των λοιπών σταθμών ΑΠΕ και στα περιθώρια ισχύος ΥΒΣ.

Στις προσομοιώσεις θεωρούνται σταθμοί ΑΠΕ (Α/Π, Φ/Β, μΑ/Γ, ΣΒΒμε) ισχύος ίσης με τα περιθώρια της απόφασης 616/2016, ενώ η ισχύς ΥΒΣ και Γ/Θ εξετάζονται παραμετρικά (με τη Γ/Θ να ενσωματώνεται στην ίδια κατηγορία με τους ΣΒΒελ).

Στο Σχήμα 20 παρουσιάζεται η ποσοστιαία μεταβολή των ΑΩΛ (% ΣΑΩΛ) των Α/Π του συστήματος συναρτήσει της ισχύος ΥΒΣ, για τέσσερα επίπεδα συνδυαστικής ισχύος σταθμών βιομάζας-βιοαερίου και γεωθερμίας (ΣΒΒελ+Γ/Θ). Η ένταξη πρόσθετης ισχύος ΣΒΒελ+Γ/Θ οδηγεί σε περίπου ισόποση μείωση του περιθωρίου των ΥΒΣ (με κριτήριο την τήρηση των ΣΑΩΛ των Α/Π). Το περιθώριο των 12.5 MW προσδιορίστηκε σε προηγούμενη παράγραφο για ενταγμένη ισχύ ΣΒΒελ ίση με 3.5 MW (ισχύον περιθώριο). Με αύξηση της ισχύος κατά 1.5 MW (πορτοκαλί γραμμή - συνολική ισχύς ΣΒΒελ+Γ/Θ ίση με 5 MW), προκύπτει περιθώριο ΥΒΣ ~11 MW, ενώ τυχόν ένταξη σταθμού Γ/Θ 5 MW (ισχύς αίτησης σταθμού στη Νίσυρο), επιπλέον περιθωρίου 3.5 MW για ΣΒΒελ, θα περιόριζε το περιθώριο των ΥΒΣ σε περίπου 7 MW.



Σχήμα 20. Ποσοστιαία μεταβολή ΑΩΛ (%ΑΩΛ) των Α/Π Κω-Καλύμνου συναρτήσει της ισχύος ΥΒΣ, με παράμετρο την συνδυαστική ισχύ Γ/Θ και ελεγχόμενων ΣΒΒ.

Δεδομένης της μικρής πιθανότητας ανάπτυξης σταθμών βιομάζας-βιοαερίου στην Κω-Κάλυμνο στο προσεχές μέλλον, αλλά και των αβεβαιοτήτων σχετικά με τον χρόνο υλοποίησης και την τελική ισχύ του έργου Γ/Θ, στη φάση αυτή δεν προτείνεται περαιτέρω περιορισμός του περιθωρίου των 12.5 MW για ΥΒΣ, το οποίο είναι ήδη δραστικά μικρότερο του εγκεκριμένου με την απόφαση 616/2016.

4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΥΒΣ ΣΤΗΝ ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται αποτελέσματα ανάλυσης αναφορικά με τη δυνατότητα συμβολής αποθηκευτικών συστημάτων επί των νησιών στην επάρκεια ισχύος των αντίστοιχων συστημάτων. Η «επάρκεια ισχύος» εδώ γίνεται αντιληπτή ως δυνατότητα περιορισμού της ετήσιας αιχμής, με βάση απλή ντετερμινιστική θεώρηση εξομάλυνσης της ημερήσιας καμπύλης φορτίου μέσω arbitrage. Η ανάλυση αυτή έχει αξία τόσο πριν, όσο και μετά τη μελλοντική διασύνδεση των ΜΔΝ με το ηπειρωτικό σύστημα, οπότε οι αποθηκευτικές συνιστώσες των ΥΒΣ εξακολουθούν να έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν οφέλη στα τοπικά συστήματα και στο διασυνδεδεμένο σύστημα συνολικά, με σημαντικότερο αυτό της συμβολής τους στη διασφάλιση της τροφοδότησης των τοπικών συστημάτων σε περιπτώσεις απώλειας της διασύνδεσης.

Οι σταθμοί αποθήκευσης, ως κατανεμόμενες μονάδες παραγωγής, είναι σε θέση να εγγέουν ισχύ και ενέργεια τις ώρες της αιχμής, μειώνοντας έτσι το υπολειπόμενο φορτίο προς εξυπηρέτηση από τους υπόλοιπους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Για να καταστεί αυτό εφικτό, οι αποθηκευτικές μονάδες απορροφούν ενέργεια από το σύστημα τις ώρες χαμηλού φορτίου ή και διαθέσιμη παραγωγή ΑΠΕ, ιδίως σε συνθήκες συμφόρησης και περικοπών. Αυτός ο ημερήσιος κύκλος λειτουργίας των σταθμών αποθήκευσης οδηγεί στην εξισορρόπηση της ημερήσιας καμπύλης υπολειπόμενου φορτίου (load-leveling), καθώς αυξάνει το φορτίο τις ώρες ελαχίστου φορτίου και το μειώνει τις ώρες μέγιστου φορτίου. Σε αυτή τη διαδικασία ενδοημερήσιας απορρόφησης και έγχυσης ισχύος υφίστανται οπωσδήποτε και απώλειες ενέργειας, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη (θεωρούμενη απόδοση πλήρους κύκλου φόρτισης – εκφόρτισης ίση με 80%).

Προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η συμβολή των ΥΒΣ, ως σταθμών αποθήκευσης, στην επάρκεια ισχύος των εξεταζόμενων συστημάτων Πάτμου και Κω-Καλύμνου, εξετάστηκε η δυνατότητα εξισορρόπησης της καμπύλης ζήτησης του 2030, ως έτος στο οποίο η υλοποίηση της διασύνδεσης των ΜΔΝ με το ηπειρωτικό σύστημα αναμένεται να έχει συντελεστεί με βάση τον υφιστάμενο προγραμματισμό ανάπτυξης του ΕΣΜΗΕ. Η εξέταση ενδεικτικά γίνεται για διείσδυση Φ/Β ίση με τα περιθώρια των προηγούμενων κεφαλαίων (Φ/Β περιθωρίων απόφασης 616/2016 της ΡΑΕ, προσαυξημένα κατά 28 kW για το σύστημα της Πάτμου).

Στο πλαίσιο της διερεύνησης αυτής και με δεδομένη τη ζήτηση του εκάστοτε συστήματος⁹ υλοποιήθηκε αλγόριθμος με στόχο την πλήρη εξισορρόπηση της ημερήσιας καμπύλης υπολειπόμενου φορτίου (βλ. Σχήμα 21 για ενδεικτική εβδομάδα υψηλού φορτίου του συστήματος Κω-Καλύμνου). Αποτελέσματα του αλγορίθμου είναι η μέγιστη μείωση της αιχμής που μπορεί να επιτευχθεί και η αναγκαία διαμόρφωση του αποθηκευτικού σταθμού (αποθηκευτική ικανότητα, μέγιστη ισχύς παραγωγής και απορρόφησης) για μέγιστη εξισορρόπηση της ημερήσιας καμπύλης φορτίου, που οδηγεί στην ελάχιστη ετήσια αιχμή ζήτησης. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 και δίνουν τη μέγιστη δυνατή συμβολή ενός σταθμού αποθήκευσης στην επάρκεια ισχύος του τοπικού συστήματος (μείωση της ετήσιας αιχμής) και την κατ' ελάχιστον αναγκαία διαστασιολόγησή του.

Στο σύστημα της Πάτμου, η μέγιστη δυνατή μείωση της ετήσιας αιχμής που είναι δυνατό να επιτευχθεί από σταθμό αποθήκευσης ανέρχεται σε περίπου 1.8 MW (τιμή που εξαρτάται και από το θεωρούμενο επίπεδο διείσδυσης των Φ/Β σταθμών, με τη δυνατότητα συμβολής να αυξάνει όσο υψηλότερη είναι η

⁹ Χρησιμοποιήθηκαν οι διαθέσιμες χρονοσειρές φορτίου των εξεταζόμενων ΜΔΝ κλιμακωμένες κατάλληλα στην εκτιμώμενη ζήτηση και αιχμή του έτους 2030. Οι τιμές της αιχμής και της ετήσιας ζήτησης ενέργειας για το σύστημα της Πάτμου εκτιμήθηκαν 6.8 MW και 23.6 GWh, αντίστοιχα. Για το σύστημα της Κω-Καλύμνου οι αντίστοιχες τιμές είναι 119.9 MW και 452.3 GWh.

εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β). Προς τούτο, ο σταθμός αποθήκευσης θα πρέπει να διαθέτει αντίστοιχη ικανότητα ισχύος (ισχύς μετατροπών κατά την εκφόρτιση τουλάχιστον ίση με 1.8 MW) και αξιοποιήσιμη ενεργειακή χωρητικότητα 7.7 MWh στην έξοδο (όση η ενέργεια που αντιστοιχεί στην περικοπτόμενη ημερήσια ζήτηση), που αντιστοιχεί σε τουλάχιστον 4.2 ώρες παροχής της ισχύος των 1.8 MW. Με τον όρο αξιοποιήσιμη χωρητικότητα νοείται η ενέργεια που περιλαμβάνεται μεταξύ του ελαχίστου και του μεγίστου επιπέδου φόρτισης, η οποία μπορεί να αποδοθεί από τα συστήματα αποθήκευσης, λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες κατά την εκφόρτιση των συστημάτων και την απομείωση της αξιοποιήσιμης χωρητικότητας λόγω γήρανσης των μπαταριών¹⁰. Συνεπώς, ο παραπάνω σταθμός αποθήκευσης στο σύστημα της Πάτμου θα πρέπει να έχει εγκατεστημένη ονομαστική χωρητικότητα μπαταριών τουλάχιστον 6 ωρών και αποδιδόμενη στην έξοδό του ισχύ 1.8 MW κατ' ελάχιστον, ώστε να μπορεί να συμβάλει στην επάρκεια ισχύος καλύπτοντας την αιχμή της ζήτησης κατά το υπολογιζόμενο ποσό ισχύος και ενέργειας, έχοντας προηγουμένως απορροφήσει ενέργεια για τη φόρτιση των συστημάτων αποθήκευσης στη νυχτερινή κοιλάδα. Η απαιτούμενη ισχύς φόρτισης στην περίπτωση αυτή υπολείπεται της αντίστοιχης ισχύος εκφόρτισης, με τον λόγο τους να είναι στο επίπεδο του 0.8.

Αντίστοιχα, η μέγιστη δυνατή μείωση της αιχμής για το σύστημα της Κω-Καλύμνου φτάνει τα 21.3 MW, ενώ απαιτείται ονομαστική αποθηκευτική ικανότητα περίπου 8 ωρών (για αξιοποιήσιμη χωρητικότητα του συστήματος αποθήκευσης ίση με 5.6 ώρες παροχής της ισχύος των 21 MW στην έξοδο) και λόγο ισχύος φόρτισης/εκφόρτισης ίσο με 1.2.

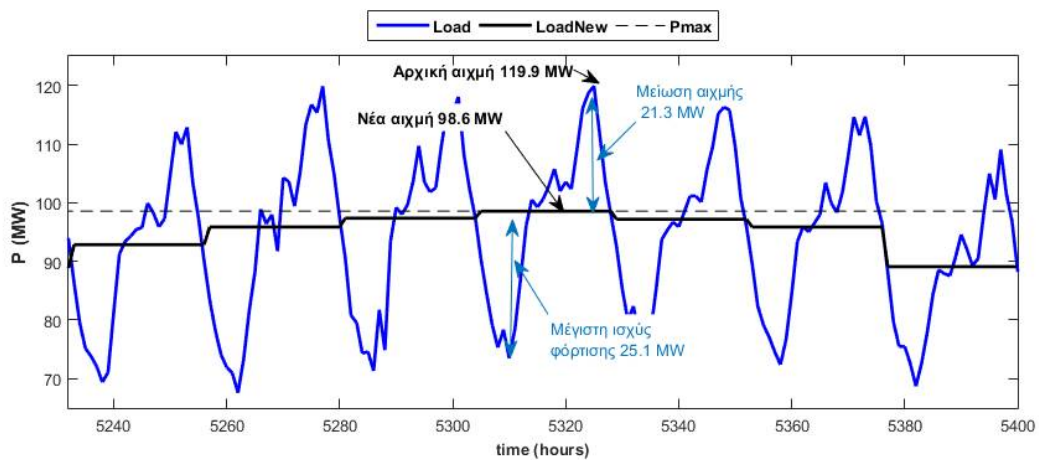
Σε έκτακτες συνθήκες λειτουργίας των συστημάτων, π.χ. σε καταστάσεις απώλειας της διασύνδεσης ενός νησιού, είναι εύλογο να υποτεθεί ότι θα ενεργοποιηθούν μέτρα διαχείρισης της αιχμής της ζήτησης, όπως π.χ. περικοπές φορτίου, επιβεβλημένες ή μέσω πιθανών συμβολαιοποιημένων δυνατοτήτων (συμβόλαια διακοπτόμενης ζήτησης ή άλλος συντεταγμένος τρόπος). Αυτό θα οδηγήσει σε «ψαλίδισμα» των αιχμών της καμπύλης ζήτησης, όταν η ζήτηση υπερβαίνει κάποιο ποσοστό του μεγίστου. Στον Πίνακα 4 επαναπροσδιορίζεται η συμβολή των συστημάτων αποθήκευσης των ΥΒΣ στην επάρκεια του συστήματος υπό την υπόθεση δυνατότητας περικοπής της αιχμής κατά 0-20% μέσω διαχείρισης της ζήτησης¹¹. Στην περίπτωση αυτή, όταν έχει ήδη προηγηθεί εξομάλυνση των αιχμών μέσω περικοπών, η περαιτέρω μείωση που είναι δυνατό να επιτευχθεί μέσα από τη διαδικασία ενδοημερήσιας απορρόφησης και έγχυσης ισχύος ενός σταθμού αποθήκευσης είναι σημαντικά περιορισμένη. Π.χ. στο σύστημα της Πάτμου υπολογίζεται ίση με 0.9 MW, για προηγούμενη μείωση της αιχμής κατά 15% μέσω διαχείρισης της ζήτησης, με αξιοποιήσιμη αποθηκευτική ικανότητα 6.3 MWh/6.9 h. Δεδομένης της διαμόρφωσης των ήδη αδειοδοτημένων ΥΒΣ για το σύστημα της Πάτμου, με σταθμισμένη μέση χωρητικότητα αποθηκών ίση με 9.3 h (αξιοποιήσιμη στην έξοδο αποθηκευτική ικανότητα περίπου 6.5 h), η επιτεύξιμη περικοπή της ετήσιας αιχμής μπορεί να υπολείπεται της μέγιστης δυνατής, εάν η ενέργεια των συστημάτων δεν επαρκεί. Στις περιπτώσεις αυτές, οι ΥΒΣ θα επιτυγχάνουν μείωση της αιχμής μικρότερη της ικανότητας ισχύος εκφόρτισης των αποθηκευτικών τους συστημάτων. Ή, ισοδύναμα, η επίτευξη μιας δεδομένης μείωσης της αιχμής μπορεί να απαιτεί μεγαλύτερη ισχύ ΥΒΣ ώστε να εξασφαλιστεί η αναγκαία χωρητικότητα, όπως φαίνεται στις τελευταίες στήλες του Πίνακα 4. Διαπιστώνεται ότι αυξημένες δυνατότητες διαχείρισης της ζήτησης περιορίζουν τη δυνατότητα συμβολής των ΥΒΣ στην επάρκεια ισχύος. Π.χ. για δυνατότητα διαχείρισης ζήτησης 15% της ετήσιας αιχμής ή υψηλότερη, η συμβολή ΥΒΣ περιορίζεται σε 600-900 kW, τιμές που ήδη απαιτούν μερική

¹⁰ Το αξιοποιούμενο μέρος της ονομαστικής χωρητικότητας των αποθηκευτικών μονάδων λαμβάνεται 70%, που πρακτικά αντιστοιχεί σε πρακτικά επιτεύξιμο εύρος διακύμανσης της φόρτισης 5% - 95%, απώλειες εκφόρτισης ~10% (απόδοση πλήρους κύκλου ~80%) και συνυπολογίζοντας μείωση της διαθέσιμης χωρητικότητας σε σχέση με την αρχικά εγκατεστημένη της τάξης του 10%, λόγω γήρανσης (μέσος όρος EOL και BOL capacity).

¹¹ Υλοποιείται με απλό τρόπο, περικόπτοντας τη ζήτηση που υπερβαίνει το ποσοστό 100-x (%) της ετήσιας αιχμής, όπου x=0-20%.

υπερδιαστασιολόγηση της ισχύος των ΥΒΣ. Αντίστοιχα, στο σύστημα Κω-Καλύμνου η μέγιστη περικοπτόμενη αιχμή των 11 MW, με προηγούμενη μείωση της αιχμής κατά π.χ. 10% μέσω διαχείρισης της ζήτησης, απαιτεί ένταξη ΥΒΣ πολύ μεγαλύτερης ισχύος, περί τα 28 MW, δεδομένης της μέσης χωρητικότητας αποθηκών των αδειοδοτημένων ΥΒΣ περί τις 7.5 h (αξιοποιήσιμη στην έξοδο περίπου 5.3 h), ώστε να εξασφαλίζεται η αναγκαία ενέργεια των 103.7 MWh.

Στο Σχήμα 22 παρουσιάζεται η επιτυγχανόμενη περικοπή της αιχμής της Πάτμου συναρτήσει της ισχύος ΥΒΣ, διαμόρφωσης βάσει του μέσου όρου των αδειών, για διαφορετικά επίπεδα διαχείρισης της ζήτησης (0-20% της ετήσιας αιχμής). Τα σημεία πρώτης καμψής των καμπυλών (δηλαδή μείωσης της κλίσης κάτω των 45°) υποδεικνύουν την ισχύ ΥΒΣ η οποία συμβάλλει πλήρως στην περικοπή της αιχμής, ενώ η οριζοντίωση των καμπυλών συμβαίνει στην ισχύ ΥΒΣ όπου επιτυγχάνεται πλήρης επιπεδοποίηση της καμπύλης ζήτησης και άρα δεν είναι εφικτή περαιτέρω συμβολή στην επάρκεια ισχύος του συστήματος. Τα αντίστοιχα παρουσιάζονται στο Σχήμα 23 για το σύστημα Κω-Καλύμνου.



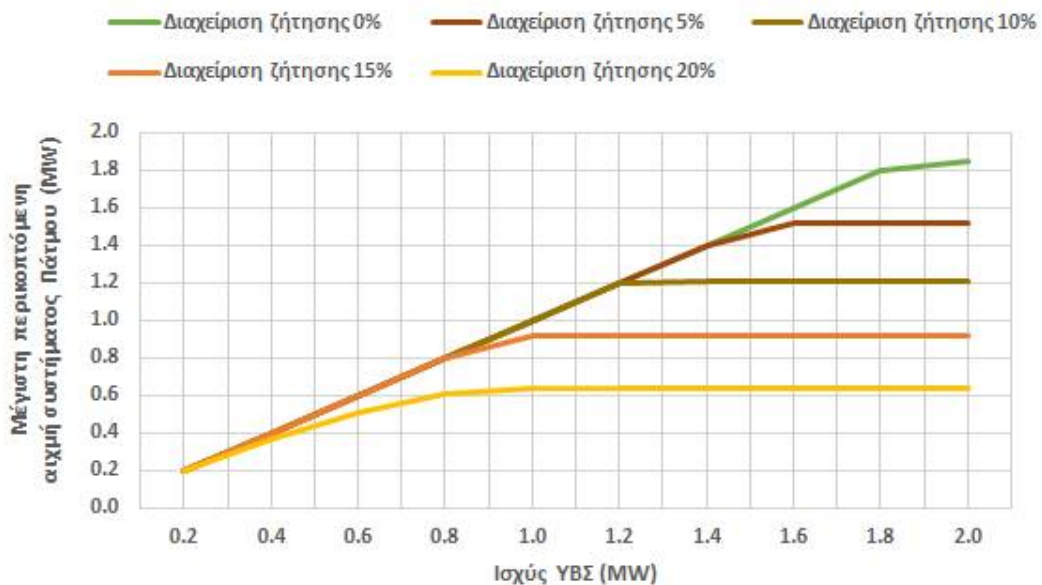
Σχήμα 21. Μέγιστη δυνατή εξομάλυνση (επιπεδοποίηση) ημερήσιας καμπύλης φορτίου συστήματος Κω-Καλύμνου με λειτουργία arbitrage σταθμού αποθήκευσης (εκφόρτιση στην αιχμή, φόρτιση στην κοιλάδα).

Πίνακας 4: Συμβολή αποθηκευτικών συστημάτων ΥΒΣ στην κάλυψη της αιχμής των εξεταζόμενων συστημάτων (Μείωση αιχμής), αναγκαία διαμόρφωση του σταθμού αποθήκευσης (ενέργεια αιχμής και λόγος ισχύος απορρόφησης/ισχύ παραγωγής) και μέγιστη ισχύς ΥΒΣ (βάσει διαμόρφωσης αδειών).

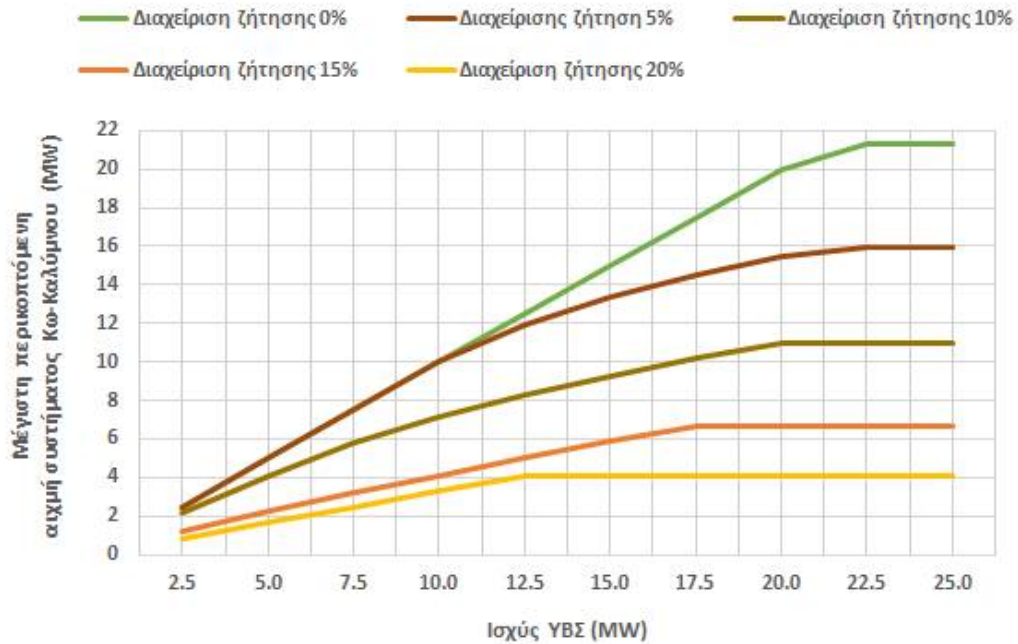
ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΔΝ			ΕΠΙΤΕΥΞΙΜΗ ΠΕΡΙΚΟΠΗ			ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΑΠΟΘΗΚΗ		ΚΑΛΥΨΗ ΑΠΟ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΜΕΝΟΥΣ ΥΒΣ		
ΜΔΝ	Μείωση αιχμής μέσω διαχείρισης ζήτησης (*)	Νέα αιχμή (MW)	Μέγιστη περικοπή ετήσιας αιχμής (MW)	Ενέργεια περικοπτόμενης αιχμής (MWh)		Ονομαστική χωρητικότητα αποθήκης (ώρες παροχής περικοπτόμενης ισχύος)	Λόγος ισχύος απορρόφησης / παραγωγής	Ισχύς ΥΒΣ (MW)	Αξιοποιήσιμη αποθηκευτική ικανότητα ΥΒΣ	
				(MWh)	(h)(**)				(MWh)	(h περ/νης αιχμής)
ΠΑΤΜΟΣ	0%	6.8	1.8	7.7	4.2	5.9	0.8	1.8	12.0	6.5
ΠΑΤΜΟΣ	5%	6.5	1.5	7.2	4.8	6.8	1.2	1.5	9.8	6.5
ΠΑΤΜΟΣ	10%	6.1	1.2	6.8	5.6	8.0	1.5	1.2	7.8	6.5
ΠΑΤΜΟΣ	15%	5.8	0.9	6.3	6.9	9.9	1.9	1.0	6.3	6.9
ΠΑΤΜΟΣ	20%	5.4	0.6	5.5	8.8	12.5	2.6	0.8	5.5	8.8
ΚΩΣ	0%	119.9	21.3	116.0	5.4	7.8	1.2	22.1	116.0	5.4
ΚΩΣ	5%	113.9	15.9	111.3	7.0	10.0	1.5	21.2	111.3	7.0
ΚΩΣ	10%	107.9	11.0	103.7	9.5	13.5	2.1	19.8	103.7	9.5
ΚΩΣ	15%	101.9	6.7	92.1	13.7	19.6	3.2	17.6	92.1	13.7
ΚΩΣ	20%	95.9	4.1	65.8	16.0	22.9	4.0	12.5	65.8	16.0

(*) Εκφράζει τη δυνατότητα περικοπής της ετήσιας αιχμής μέσω μέτρων διαχείρισης της ζήτησης σε έκτακτες καταστάσεις (π.χ. απώλειες της διασύνδεσης).

(**) Η ενέργεια της μέγιστης περικοπτόμενης αιχμής σε ώρες προκύπτει από τον λόγο της ενέργειας σε MWh προς τη μέγιστη μείωση της αιχμής σε MW.



Σχήμα 22. Μέγιστη περικοπτόμενη αιχμή συστήματος Πάτμου, συνάρτησε της ισχύος ΥΒΣ, διαμόρφωσης βάσει των αδειών, για διαφορετικά επίπεδα διαχείρισης της ζήτησης.



Σχήμα 23. Μέγιστη περικοπόμενη αιχμή συστήματος Κω-Καλύμνου, συνάρτησε της ισχύος ΥΒΣ διαμόρφωσης βάσει των αδειών, για διαφορετικά επίπεδα διαχείρισης της ζήτησης.

Από την ανάλυση που προηγήθηκε είναι σαφές ότι η αξιοποίηση των ΥΒΣ μετά τη διασύνδεση των νησιών για υποστήριξη της ηλεκτροδότησης σε έκτακτες καταστάσεις παραπέμπει σε εγκατεστημένες ισχύς αποθηκευτικών συστημάτων που δεν απέχουν πολύ από τα αναθεωρημένα περιθώρια ΥΒΣ αυτής της μελέτης. Στο σύστημα της Πάτμου, η συμβολή των αποθηκών στην κάλυψη της αιχμής κυμαίνεται σε επίπεδα της τάξης του 1 MW, ενώ στην Κω-Κάλυμνο περί τα 10 MW, υποθέτοντας δυνατότητες διαχείρισης της ζήτησης ενδεικτικά της τάξης του 10%. Υψηλότερα επίπεδα συμβολής είναι εφικτά, αλλά συνεπάγονται την ανάπτυξη αποθηκευτικής ισχύος η οποία θα συμβάλλει μερικώς στην επάρκεια και άρα θα δικαιούται κλασματική αποζημίωση, αν τεθεί ζήτημα αμοιβής σε αυτή τη βάση.

Τα παραπάνω επίπεδα συμβολής είναι παραπλήσια των περιθωρίων ΥΒΣ που προτείνονται στην παρούσα μελέτη, δικαιολογώντας περαιτέρω και ενισχύοντας τη βασιμότητα των περιθωρίων αυτών, καθώς αντιστοιχούν σε εγκατεστημένες ισχύς ΥΒΣ που διατηρούν σημαντική χρησιμότητα για τα τοπικά συστήματα ακόμη και μετά τη διασύνδεσή τους με το ηπειρωτικό ΣΗΕ. Η χρησιμότητα και αξία αυτή έγκειται στην υποκατάσταση τοπικών θερμικών μονάδων ψυχρής εφεδρείας αντίστοιχης ικανότητας (στις περιπτώσεις όπου κρίνεται αναγκαίο να παραμείνει ισχύς επί των νησιών) για την κάλυψη της τοπικής ζήτησης σε έκτακτες καταστάσεις.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν να επανεκτιμηθούν τα περιθώρια υποδοχής ισχύος σταθμών ΑΠΕ στα νησιωτικά συστήματα της Πάτμου και της Κω-Καλύμνου για τις βασικές τεχνολογίες σταθμών ΑΠΕ (Α/Π, Φ/Β, ΥΒΣ) για τις οποίες υπάρχει επενδυτικό ενδιαφέρον βάσει των αιτήσεων που έχουν κατατεθεί και των αδειών παραγωγής που έχουν εκδοθεί. Η αναθεώρηση των περιθωρίων της αρχικής μελέτης που εκπονήθηκε το 2013-2014 και οδήγησε στην απόφαση 616/2016 της ΡΑΕ επιβάλλεται από τον Κώδικα ΜΔΝ (άρθρο 223) και λαμβάνει υπόψη τα νέα δεδομένα ανάπτυξης των συστημάτων ΜΔΝ, περιλαμβανομένης και της προοπτικής διασύνδεσής τους με το ηπειρωτικό ΣΗΕ.

Αναφορικά με τα περιθώρια διείσδυσης Α/Π και Φ/Β στα δύο εξεταζόμενα συστήματα και με κριτήρια αυτό του ελάχιστου συντελεστή χρησιμοποίησης ($CF > 27.5\%$) για νέα Α/Π και της ελάχιστης φόρτισης των συμβατικών μονάδων υποχρεωτικής λειτουργίας προτείνονται τα εξής:

Για το σύστημα της Πάτμου:

- **Συνολικό περιθώριο ισχύος ΑΠΕ με ίσο με 748 kW, τιμή που είναι κατά 28 kW μεγαλύτερη του ισχύοντος περιθωρίου (απόφαση 616/2016) για το σύνολο των μη ελεγχόμενων σταθμών ΑΠΕ, ενδεικτικά επιμεριζόμενο σε 648 kW για Φ/Β και 72 kW από κοινού σε μΑ/Γ και ΣΒΒμε, όπως ισχύει.**
- **Κανένα πρόσθετο περιθώριο αιολικών, πέραν της ήδη εγκατεστημένης ισχύος.**

Για το σύστημα της Κω-Καλύμνου:

- **Διατήρηση των εγκεκριμένων με την απόφαση 616/2016 περιθωρίων για τις μη ελεγχόμενες ΑΠΕ, παρ' ότι με την παρούσα μελέτη τα περιθώρια αυτά προκύπτουν οριακά αποδεκτά.**
- **Διατήρηση του ήδη εγκεκριμένου περιθωρίου των 26 MW για Α/Π, παρ' ότι το σύστημα εμφανίζεται ότι μπορεί να υποδεχθεί μεγαλύτερη ισχύ αιολικών. Αυτό διότι η εγκατεστημένη ισχύς Α/Π στο σύστημα Κω-Καλύμνου υπολείπεται σημαντικά (κατά περίπου 10 MW) του περιθωρίου αυτού, επιτρέποντας την υλοποίηση αιολικών έργων χωρίς να εξαντλούνται οι δυνατότητες υποδοχής του συστήματος, προσέγγιση που αφήνει επαρκές περιθώριο για την ευχερέστερη υποδοχή ισχύος κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ (ΥΒΣ, γεωθερμικών και βιομάζας).**

Τα εξεταζόμενα σενάρια διείσδυσης ΥΒΣ αξιολογούνται με κριτήριο την τήρηση των ΣΑΩΛ των υφιστάμενων Α/Π (χωρίς περιθώριο υστέρησης των ετήσιων ΑΩΛ σε σχέση με τις συμβατικές¹²) και προσομοιώθηκαν θεωρώντας εγκατεστημένες τις συνολικές ισχείς των νέων περιθωρίων για τους λοιπούς σταθμούς ΑΠΕ¹³. **Τα προτεινόμενα νέα περιθώρια διείσδυσης για τους ΥΒΣ είναι 750 kW για το σύστημα της Πάτμου και 12.5 MW για το σύστημα Κω-Καλύμνου, σε όρους εγγυημένης ισχύος των σταθμών. Στο σύστημα της Κω-Καλύμνου εξετάστηκε η ένταξη σταθμού Γ/Θ ισχύος 5 MW στη Νίσυρο, η οποία περιορίζει το περιθώριο των ΥΒΣ, αν υποθεθεί ότι η ισχύς αυτή εισάγεται επιπλέον του θεωρούμενου περιθωρίου ελεγχόμενων σταθμών βιομάζας-βιοαερίου.**

¹² Στην παλαιότερη μελέτη περιθωρίων γινόταν αποδεκτή μείωση στις ΑΩΛ των Α/Π λόγω ένταξης άλλων σταθμών ΑΠΕ μέχρι 20% σε σχέση με τις συμβολαιοποιημένες για μελλοντικές καταστάσεις αυξημένης διείσδυσης ΑΠΕ.

¹³ Οι ισχείς για Α/Π, Φ/Β, ΣΒΒμε, μΑ/Γ και ελεγχόμενους ΣΒΒ ελήφθησαν γενικά ίσες με τα ισχύοντα περιθώρια της απόφασης 616/2016, στην Πάτμο ελαφρώς προσαυξημένα σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης.

Οι προτεινόμενες καμπύλες εγγυημένης απορρόφησης της προσφερόμενης ενέργειας των κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ (καμπύλες άνω ορίου μη εντασσόμενης ενέργειας– ΜΕΕ) για τα δύο συστήματα εμφανίζουν υψηλότερες ανοχές σε σχέση με αυτές της αρχικής μελέτης. Για το σύστημα Κω-Καλύμνου, η προτεινόμενη καμπύλη ΜΕΕ είναι υψηλότερη της εγκεκριμένης βάσει της απόφασης 616/2016, χαλαρώνοντας σημαντικά τις δεσμεύσεις απορρόφησης ενέργειας ΥΒΣ και λοιπών κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ που συμβολαιοποιεί ο Διαχειριστής ΜΔΝ με τους παραγωγούς.

Ο προσδιορισμός νέων περιθωρίων ΑΠΕ και ΥΒΣ στα δύο συστήματα ΜΔΝ που εξετάζονται στη μελέτη αυτή βασίζεται στα νέα δεδομένα ανάπτυξης των συστημάτων και σε θεωρήσεις που είναι λιγότερο ευνοϊκές σε σχέση με τις παλαιότερες μελέτες ([2,4]), αλλά επιβάλλονται από την πραγματικότητα που έχει στο μεταξύ διαμορφωθεί. Ενώ σε ό,τι αφορά τις μη κατανεμόμενες ΑΠΕ τα περιθώρια διατηρούνται στα ίδια πρακτικά επίπεδα με αυτά των αρχικών μελετών, τα περιθώρια που υπολογίζονται για τους ΥΒΣ είναι αισθητά χαμηλότερα. Οι κυριότεροι παράγοντες που συντελούν σε αυτό είναι επιγραμματικά οι εξής:

- η ελάχιστη φόρτιση των υφιστάμενων θερμικών μονάδων διατηρείται σε επίπεδα που συμβαδίζουν με τη λειτουργική πρακτική των συστημάτων και είναι υψηλότερα των τιμών αναφοράς του Κώδικα ΜΔΝ,
- ο προγραμματισμός ανάπτυξης των σταθμών παραγωγής των νησιών δεν περιλαμβάνει πλέον τις ευέλικτες μονάδες που σε ορισμένες περιπτώσεις είχαν θεωρηθεί, παράγοντας καθοριστικής βαρύτητας για τα αποτελέσματα,
- η τήρηση των ΣΑΩΛ των λειτουργούντων Α/Π τίθεται ως απαίτηση χωρίς ελαστικότητα αποκλίσεων (καθώς δεν δικαιολογείται πλέον η υπόθεση μερικής ελαστικότητας 10-20% στην τήρηση των ΣΑΩΛ των λειτουργούντων Α/Π, η οποία είχε υιοθετηθεί στην αρχική μελέτη),
- η διαστασιολόγηση των υβριδικών σταθμών ακολουθεί τον μέσο όρο των αδειοδοτημένων έργων, που χαρακτηρίζονται από μονάδες ΑΠΕ υπερδιαστασιολογημένες σε σχέση με την εγγυημένη ισχύ των σταθμών,

Με τη διασύνδεση των νησιών να προγραμματίζεται εντός της τρέχουσας 10ετίας, όχι μόνο δεν υφίσταται πλέον η ανάγκη επίτευξης υψηλών διεισδύσεων ΑΠΕ με λύσεις υψηλού κόστους και τεχνικής δυσκολίας, αλλά τίθεται το ερώτημα της αξιοποίησης των συστημάτων που αναπτύσσονται μετά τη διασύνδεση των νησιών. Αυτό αφορά κυρίως τους ΥΒΣ, οι αποθηκευτικές συνιστώσες των οποίων μπορούν να συμβάλουν στη διασφάλιση της ηλεκτροδότησης των νησιών σε έκτακτες καταστάσεις, π.χ. απώλειας των διασυνδέσεων. Στο πλαίσιο της μελέτης υπολογίστηκε η δυνητική συμβολή των αποθηκευτικών συστημάτων των ΥΒΣ στην κάλυψη της τοπικής ζήτησης και διαπιστώθηκε ότι η συμβολή αυτή είναι τάξης μεγέθους παραπλήσιας με τα περιθώρια ΥΒΣ που υπολογίστηκαν σε συνθήκες ΜΔΝ.

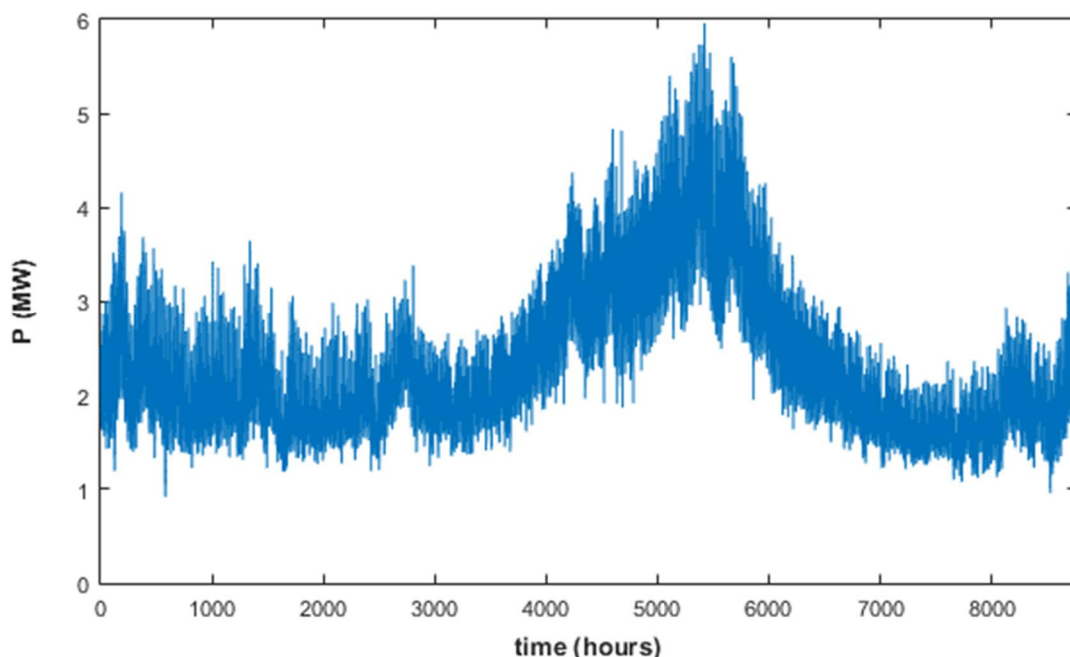
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Στη συνέχεια παρατίθενται τα κύρια δεδομένα εισόδου που χρησιμοποιούνται στις προσομοιώσεις των ηλεκτρικών συστημάτων Πάτμου και Κω-Καλύμνου. Τα δεδομένα αφορούν την αναμενόμενη ζήτηση του έτους 2022 (έτος αναφοράς), το συμβατικό σύστημα παραγωγής, τους σταθμούς ΑΠΕ διαφόρων τεχνολογιών και τις χρονοσειρές πρωτογενούς δυναμικού, τα ισχύοντα περιθώρια διείσδυσης σταθμών ΑΠΕ και τα εγγυημένα/συμβολαιοποιημένα μεγέθη που ισχύουν για σταθμούς ΑΠΕ, σύμφωνα με τις συμβάσεις πώλησης αυτών και την απόφαση 616/2016 της ΡΑΕ.

Ι.1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΠΑΤΜΟΥ

Ι.1.1. Χαρακτηριστικά του Φορτίου

Ως ωριαία χρονοσειρά φορτίου για το έτος αναφοράς χρησιμοποιείται η χρονοσειρά του έτους 2019¹⁴, προσαρμοσμένη στις τιμές μέγιστης ζήτησης και ετήσιας ενέργειας για το έτος 2022, οι οποίες εκτιμώνται σε 5.96 MW και 20.6 GWh, αντίστοιχα, σύμφωνα με στοιχεία της ΔΔΝ. Ο συντελεστής φορτίου υπολογίζεται ίσος με 39.5%. Η χρονοσειρά του φορτίου της Πάτμου για το έτος αναφοράς απεικονίζεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Ετήσια χρονοσειρά φορτίου της Πάτμου το έτος αναφοράς (ΣΦ=39.5%).

Ι.1.2. Χαρακτηριστικά των Συμβατικών Μονάδων

Η προβλεπόμενη σύνθεση και σειρά ένταξης των συμβατικών μονάδων παραγωγής του συστήματος της Πάτμου για το έτος αναφοράς, καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, φαίνονται στους Πίνακες 1 και 2. Ο σταθμός συμβατικής παραγωγής αποτελείται από επτά (7) μονάδες, συνολικής μέγιστης αποδιδόμενης ισχύος 7.6 MW, οι οποίες καταναλώνουν ελαφρύ καύσιμο (Diesel). Στην ανάλυση

¹⁴ Στη διαθέσιμη χρονοσειρά «φαινόμενου» φορτίου του έτους 2019 προστέθηκε η πραγματική παραγωγή του Φ/Β πάρκου του νησιού για το ίδιο έτος, ώστε να προκύψει η πραγματική ζήτηση του ΜΔΝ. Ως «φαινόμενο» φορτίο ορίζεται αυτό που υπολογίζεται από την άθροιση της καταγραφόμενης μέσω SCADA παραγωγής, που περιλαμβάνει τις συμβατικές μονάδες και όλους τους αιολικούς σταθμούς, αλλά κανένα Φ/Β.

ελήφθη υπόψη ενδεικτικό πρόγραμμα 20ήμερης συντήρησης ανά συμβατική μονάδα στις περιόδους χαμηλού φορτίου. Ως υποχρεωτικά ενταγμένη (must run) λαμβάνεται μία συμβατική μονάδα ισχύος 1.1 MW. Όταν η υποχρεωτικά ενταγμένη συμβατική μονάδα βγαίνει σε προγραμματισμένη συντήρηση, την υποχρεωτική λειτουργία αυτής, καλύπτει άλλη όμοια μονάδα.

Πίνακας .1: Μέγιστη αποδιδόμενη ισχύς, τεχνικό ελάχιστο των μονάδων παραγωγής του συστήματος Πάτμου για το έτος 2022.

ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (kW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ/ ΙΣΧΥΣ (kW)	ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ (kW)
MITSUBISHI S16R-PTA	1275	1100	637
MITSUBISHI S16R-PTA	1275	1100	637
MITSUBISHI S16R-PTA	1275	1100	637
MITSUBISHI S16R-PTA	1275	1100	637
MITSUBISHI S16R-PTA	1275	1100	637
MITSUBISHI S16R-PTA	1275	1100	637
MITSUBISHI S16R-PTA	1275	1000	637

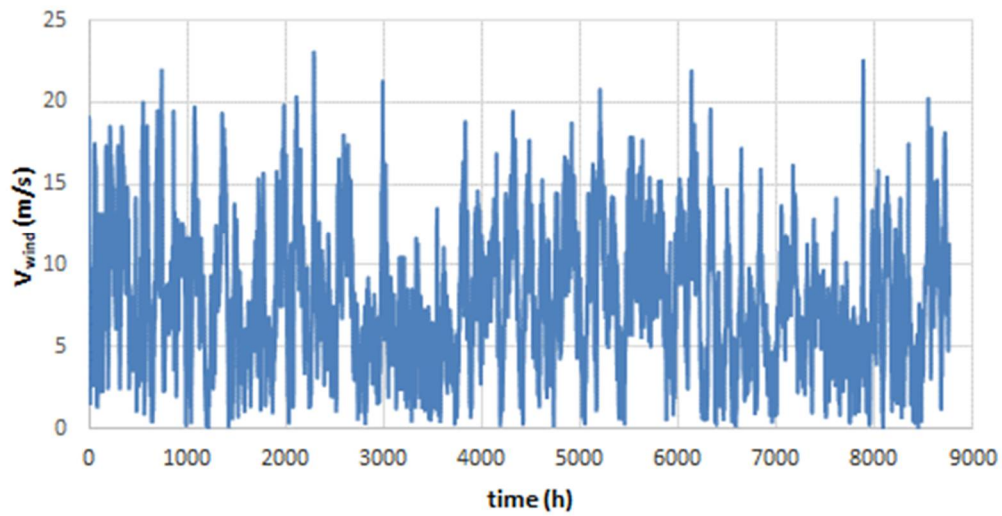
Πίνακας 2: Ειδικές καταναλώσεις των μονάδων παραγωγής του συστήματος Πάτμου.

ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	Ειδική Κατανάλωση (kg/MWh)		
	50%	75%	100%
MITSUBISHI S16R-PTA	227.24	218.73	217.77
MITSUBISHI S16R-PTA	227.24	218.73	217.77
MITSUBISHI S16R-PTA	227.24	218.73	217.77
MITSUBISHI S16R-PTA	227.24	218.73	217.77
MITSUBISHI S16R-PTA	227.24	218.73	217.77
MITSUBISHI S16R-PTA	227.24	218.73	217.77
MITSUBISHI S16R-PTA	227.24	218.73	217.77

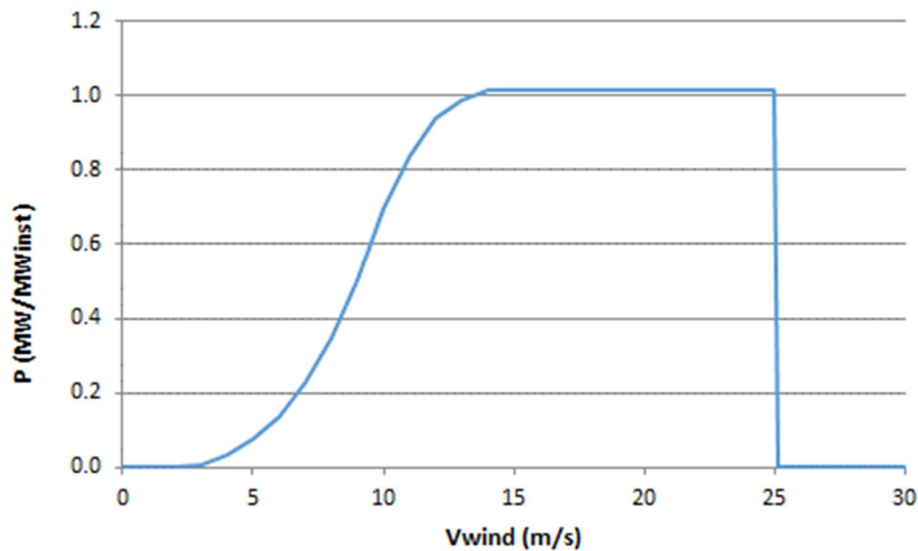
1.1.3.Χαρακτηριστικά Σταθμών ΑΠΕ

1.1.3.1.Αιολικά Πάρκα

Η εγκατεστημένη ισχύς Α/Π στην Πάτμο είναι ίση με 1.2 MW, όση και η συνολικά αδειοδοτημένη. Το εγκατεστημένο Α/Π ισχύος 1.2 MW παρουσιάζει συστηματικά χαμηλή απόδοση, με μέσο συντελεστή χρησιμοποίησης της τάξης του 23%, σύμφωνα με τα απολογιστικά στοιχεία της πενταετίας 2015-2019 (Μηνιαία δελτία ΑΠΕ και Θερμικής Παραγωγής στα ΜΔΝ του ΔΕΔΔΗΕ). Προκειμένου η μελέτη να ανταποκρίνεται στα πραγματικά δεδομένα λειτουργίας του νησιού, για το Α/Π αυτό χρησιμοποιείται η δική του χρονοσειρά αιολικής παραγωγής του έτους 2019, με συντελεστή χρησιμοποίησης 34.4% προ περικοπών. Για τον υπολογισμό της παραγωγής των νέων Α/Π του νησιού (μελλοντικοί σταθμοί πλέον του περιθωρίου της Απόφασης 616/2016 της ΡΑΕ, αν υποθεθεί ότι υπάρχει περιθώριο), χρησιμοποιείται η χρονοσειρά ανέμου του Σχήματος 2, με μέση τιμή ανέμου 7.8 m/s, και η τυπική καμπύλη ισχύος εμπορικά διαθέσιμης Α/Γ του Σχήματος 3. Η προκύπτουσα χρονοσειρά αιολικής παραγωγής για τα νέα Α/Π έχει συντελεστή χρησιμοποίησης της τάξης του 40% προ περικοπών.

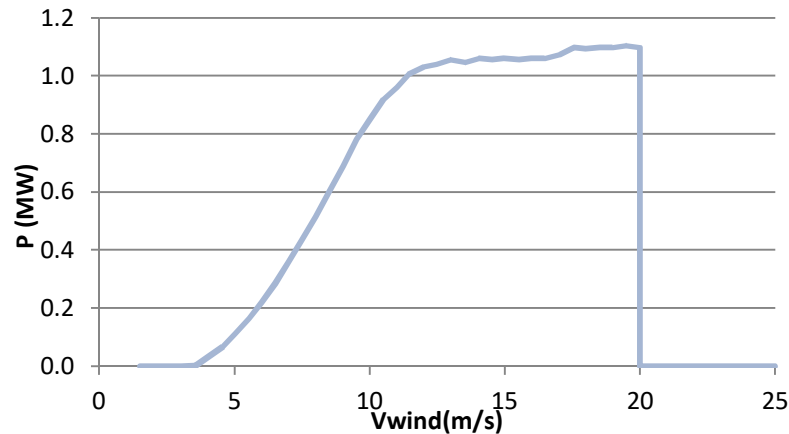


Σχήμα 2. Ετήσια χρονοσειρά ανέμου για τα νέα Α/Π της Πάτμου (μέση τιμή ανέμου 7.8 m/s).



Σχήμα 3. Τυπική καμπύλη ισχύος εμπορικής Α/Γ για τα νέα Α/Π της Πάτμου.

Σύμφωνα με την Απόφαση 616/2016 της ΡΑΕ, το όριο ισχύος μικρών Α/Γ για το σύστημα της Πάτμου έχει ορισθεί σε 36 kW κατ' ελάχιστον (συνολικό περιθώριο για μικρές Α/Γ και μικρούς σταθμούς βιομάζας-βιοαερίου ίσο με 72 kW). Η ωριαία παραγόμενη ισχύς των μικρών Α/Γ προκύπτει από την τυπική καμπύλη του Σχήματος 4, τυπική για μικρές Α/Γ, και τη χρονοσειρά ανέμου του Σχήματος 2, κλιμακωμένη σε μέση ετήσια τιμή 5 m/s, έτσι ώστε να προκύπτει συντελεστής χρησιμοποίησης των μηχανών περί το 20%.



Σχήμα 4. Τυπική καμπύλη ισχύος μικρής Α/Γ, α.μ. επί της ονομαστικής της ισχύος.

1.1.3.2. Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί

Με την απόφαση 6163/2016 της ΡΑΕ, το περιθώριο εγκατεστημένης Φ/Β ισχύος για το σύστημα της Πάτμου έχει ορισθεί σε 648 kW. Η εγκατεστημένη ισχύς ανέρχεται στα 194 kW¹⁵, βάσει των στοιχείων της ΔΔΝ.

Για τον υπολογισμό της ανά ώρα παραγόμενης ενέργειας των φωτοβολταϊκών σταθμών της Πάτμου χρησιμοποιείται πραγματική χρονοσειρά φωτοβολταϊκής παραγωγής του έτους 2019, από τον εγκατεστημένο Φ/Β σταθμό ισχύος 150 kW, κατάλληλα κλιμακωμένη σε ετήσια ενεργειακή απόδοση 1500 kWh ανά εγκατεστημένο kW, η οποία αντιστοιχεί στη σταθμισμένη ενεργειακή απόδοση υφιστάμενων και νέων Φ/Β στεγών και πάρκων επί εδάφους¹⁶.

1.1.3.3. Υβριδικοί σταθμοί φωτοβολταϊκών – μπαταριών (ΥΒΣ-ΦΜ)

Στο σύστημα της Πάτμου έχουν εκδοθεί άδειες παραγωγής μόνο για ΥΒΣ μπαταριών με Φ/Β ως μονάδες ΑΠΕ και ως εκ τούτου αυτός είναι ο μόνος τύπος ΥΒΣ που θεωρούνται στη μελέτη. Για την προσομοίωση ΥΒΣ-ΦΜ θεωρείται σύστημα αποθήκευσης συσσωρευτών τύπου Li-ion. Η αναλογία μεγέθους των συνιστωσών του σταθμού παρουσιάζεται στον Πίνακα 3, ως συνάρτηση της εγγυημένης ισχύος του σταθμού και της ισχύος Φ/Β, και προκύπτει ως σταθμισμένος μέσος όρος των εκδοθεισών από τη ΡΑΕ αδειών παραγωγής, σύμφωνα με στοιχεία της ΔΔΝ. Στο σύστημα της Πάτμου έχουν εκδοθεί 8 άδειες ΥΒΣ συνολικής εγγυημένης ισχύος 6.1 MW με συνολική ισχύ Φ/Β 16.3 MW και συνολική ονομαστική χωρητικότητα μπαταριών 56.9 MWh, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.

¹⁵ Στην Πάτμο λειτουργεί ένας Φ/Β σταθμός ισχύος 150 kW και λίγα Φ/Β σε στέγες, ισχύος περίπου 44 kW.

¹⁶ Συγκεκριμένα λαμβάνεται υπόψη: i) ενεργειακή απόδοση 1500 kWh/kW για το υφιστάμενο Φ/Β πάρκο 150 kW (όπως προκύπτει από τα απολογιστικά 2016-2019), ii) ενεργειακή απόδοση 1200 kWh/kW για Φ/Β σε στέγες, ενδεικτικής ισχύος 198 kW και iii) ενεργειακή απόδοση 1700 kWh/kW για νέα Φ/Β πάρκα εδάφους, συνολικής ισχύος 300 kW. Πρόσθετη ισχύς για Φ/Β σε στέγες και επί εδάφους προέκυψε θεωρώντας λόγο ισχύος περίπου 1:2.

Πίνακας 3. Αναλογία μεγέθους συνιστωσών του ΥΒΣ-ΦΜ της Πάτμου.

ΕΓΓΥΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΥΒΣ (MW)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ (MW)	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ (MWh)	ΙΣΧΥΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ ΙΣΧΥΟΣ (MW)
P_{GUAR}	$P_{PV}=2.7 \cdot P_{GUAR}$	$E=9.3 \cdot P_{GUAR}$	$>85\% \cdot P_{PV}$

Πίνακας 4. Εκδοθείσες άδειες ΥΒΣ-ΦΜ στο σύστημα της Πάτμου.

Πλήθος αδειών	Συνολική εγγυημένη ισχύς (MW)	Συνολική ισχύς Φ/Β (MW)	Συνολική χωρητικότητα αποθηκών (MWh)	Σταθμισμένη μέση χωρητικότητα αποθηκών ΥΒΣ (h εγγυημένης ισχύος)	Σταθμισμένος μέσος λόγος ΑΠΕ/εγγ. ισχύος
8	6.1	16.3	56.9	9.3	2.7

Για το Φ/Β του ΥΒΣ-ΦΜ χρησιμοποιείται η χρονοσειρά παραγόμενης ισχύος νέων Φ/Β πάρκων επί εδάφους, με ενεργειακή απόδοση 1700 kWh/kWp/y, η οποία αντιστοιχεί και στην εκτιμώμενη ενεργειακή απόδοση της πλειοψηφίας των φακέλων αιτήσεων ΥΒΣ-ΦΜ για άδεια παραγωγής.

Η μοντελοποίηση του ΥΒΣ-ΦΜ καταγράφει τις σημαντικές λειτουργικές παραμέτρους του συστήματος αποθήκευσης, λαμβάνοντας υπόψη τα τεχνικά χαρακτηριστικά του.

Σε ό,τι αφορά τη διαχείριση των ΥΒΣ-ΦΜ, κατά τη φάση κατάρτισης των προσφορών ενέργειας τηρείται άνω όριο που ισούται με το γινόμενο της διάρκειας περιόδου ενεργειακού προγραμματισμού σε ώρες (12 ή 24) επί την εγγυημένη ισχύ του ΥΒΣ, δηλαδή η ημερήσια προσφορά ενέργειας δεν μπορεί να υπερβαίνει το γινόμενο $24 \cdot P_{GUAR}$, ενώ παράλληλα τηρείται ενεργειακό απόθεμα ασφαλείας εντός των αποθηκευτικών συστημάτων, όπως ορίζει το ισχύον ρυθμιστικό πλαίσιο. Στις προσομοιώσεις, η ισχύς κατανομής των ΥΒΣ δεν υπερβαίνει την εγγυημένη, έστω και αν η εγκατεστημένη των αντιστροφών μπορεί να είναι υψηλότερη.

Κατά τη λειτουργία τους, οι μπαταρίες υποβάλλονται σε στοχαστικούς κύκλους, ανάλογα με τις μεταβολές της Φ/Β παραγωγής και τη λειτουργική κατάσταση του συστήματος. Εν γένει, υφίστανται οι εξής δυνατότητες:

- Όταν οι μπαταρίες δεν εντάσσονται για προγραμματισμένη παραγωγή, η ενέργεια που παράγεται από τον Φ/Β σταθμό του ΥΒΣ χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των μπαταριών. Σε αυτήν την περίπτωση, η ισχύς φόρτισης παρακολουθεί τις μεταβολές της διαθέσιμης ισχύος ΑΠΕ. Η πλεονάζουσα Φ/Β παραγωγή, σε περίπτωση πλήρους φόρτισης των συστημάτων αποθήκευσης, εγχέεται απ' ευθείας στο δίκτυο αξιοποιώντας τυχόν περίσσεια set-point του συστήματος, όταν αυτή υπάρχει.
- Κατά τη φάση παραγωγής, οι μπαταρίες μπορούν να ενταχθούν σε οποιαδήποτε ισχύ προσδιορίζεται από τις εντολές κατανομής του Διαχειριστή ΜΔΝ, ονομαστική ή χαμηλότερη.
- Ο διαχειριστής του ΥΒΣ μπορεί να υποκαταστήσει προγραμματισμένη παραγωγή των μπαταριών με φωτοβολταϊκή ισχύ. Στην περίπτωση αυτή οι μπαταρίες αντισταθμίζουν τις διακυμάνσεις της παραγωγής ΑΠΕ, ώστε στο σύστημα να εγχέεται η ισχύς που προσδιορίζεται από τις εντολές κατανομής.

Οι μπαταρίες είναι σε θέση να παρέχουν την ονομαστική τους ισχύ ανεξάρτητα από το επίπεδο φόρτισής τους. Στις προσομοιώσεις, οι συνήθεις κύκλοι εκφόρτισης εκμεταλλεύονται το 75% της ονομαστικής χωρητικότητας, με το εύρος διακύμανσης του SOC να είναι από 20% έως 95%. Απόκλιση από το κάτω

όριο του SOC είναι εφικτή, αλλά διατηρείται ως ενεργειακό απόθεμα ασφαλείας και αξιοποιείται σε έκτακτες καταστάσεις¹⁷. Η διακινούμενη ισχύς των μπαταριών, δηλαδή ο ρυθμός φόρτισης ή εκφόρτισης, δεν είναι μεγαλύτερος του 1C. Ο κύκλος απορρόφησης-παραγωγής του ΥΒΣ έχει απόδοση 83-86%, συμπεριλαμβανομένων των απωλειών των μετατροπών ισχύος και των ιδιοκαταναλώσεων του συστήματος αποθήκευσης.

1.1.3.4. Σταθμοί Βιομάζας-Βιοαερίου

Ως σταθμοί βιομάζας – βιοαερίου (ΣΒΒ) θεωρούνται οι σταθμοί που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη αγροτικά υπολείμματα, κτηνοτροφικά απόβλητα, φυτικά έλαια, αστικά απορρίμματα κ.α. Συνηθισμένες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής αποτελούν η άμεση καύση της βιομάζας ή η αεριοποίηση και αναερόβια χώνευση αυτής και η μετέπειτα καύση του παραγόμενου αερίου καυσίμου. Η διαθεσιμότητα της χρησιμοποιούμενης πρώτης ύλης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, χωρίς τη στοχαστικότητα του ανέμου και του ήλιου, έχει ως αποτέλεσμα οι σταθμοί αυτοί να λειτουργούν πρακτικά ως μονάδες βάσης.

Σύμφωνα με την Απόφαση 616/2016 της ΠΑΕ, το όριο ισχύος των ελεγχόμενων ΣΒΒ είναι μηδενικό για την Πάτμο, ενώ το αντίστοιχο περιθώριο για τις μη ελεγχόμενες ΣΒΒ για το σύστημα της Πάτμου περιορίζεται στα 36 kW (συνολικό περιθώριο για μικρές Α/Γ και μικρούς σταθμούς βιομάζας-βιοαερίου ίσο με 72 kW, τουλάχιστον το μισό από το οποίο δίνεται στις μικρές Α/Γ). Ως εκ τούτου, οι ΣΒΒ στην παρούσα μελέτη αντιμετωπίζονται ως μικρές μη κατανεμόμενες μονάδες που συνδέονται στη ΧΤ, τις οποίες ο Κώδικας ΜΔΝ εξαιρεί από τους κανόνες διαχείρισης και ελέγχου που επιβάλλονται στους λοιπούς σταθμούς.

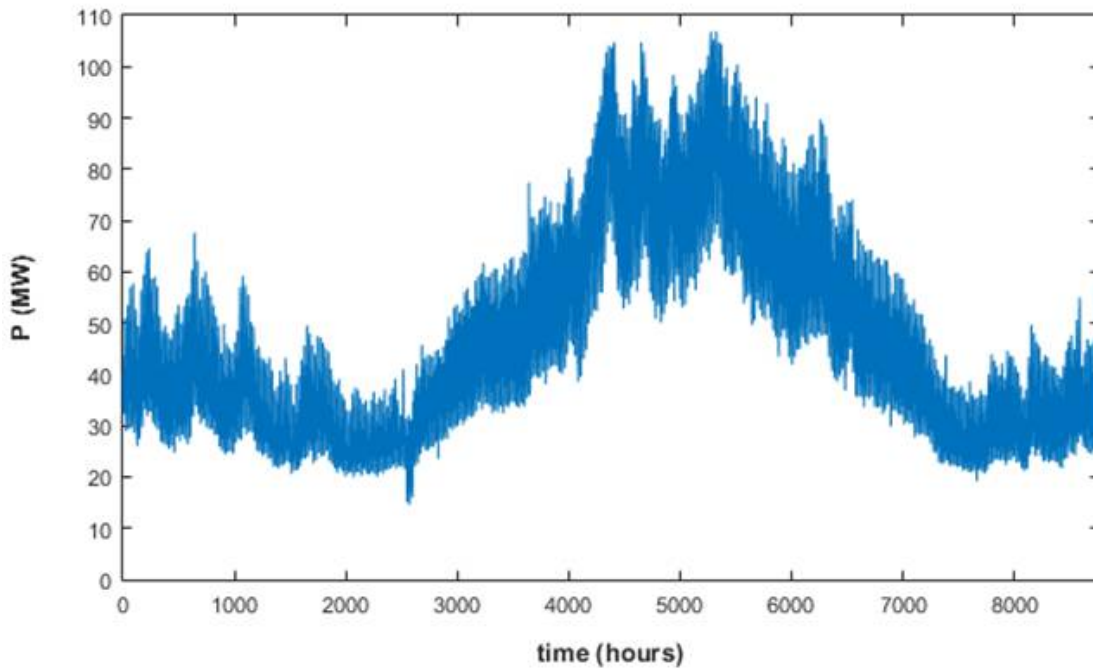
Στις προσομοιώσεις θεωρείται ότι οι ΣΒΒ έχουν δυνατότητα παραγωγής της ονομαστικής τους ισχύος σε 24ωρη βάση, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ενδεικτικά θεωρούνται απώλειες της τάξης του 10%, οι οποίες πρακτικώς εκφράζουν τη μη διαθεσιμότητα των σταθμών.

¹⁷ Το εύρος διακύμανσης θα μπορούσε να είναι ακόμη πιο περιορισμένο αν, πέραν του αποθέματος ασφαλείας, είχε συνεκτιμηθεί η απώλεια χωρητικότητας των μπαταριών λόγω γήρανσης.

1.2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΚΩ-ΚΑΛΥΜΝΟΥ

1.2.1. Χαρακτηριστικά του Φορτίου

Ως ωριαία χρονοσειρά φορτίου για το έτος αναφοράς χρησιμοποιείται η χρονοσειρά του έτους 2017¹⁸, προσαρμοσμένη στις τιμές μέγιστης ζήτησης και ετήσιας ενέργειας για το έτος 2022, οι οποίες εκτιμώνται σε 106.86 MW και 417.671 GWh, αντίστοιχα, σύμφωνα με στοιχεία της ΔΔΝ. Ο συντελεστής φορτίου υπολογίζεται ίσος με 44.6%. Η χρονοσειρά του φορτίου της Κω-Καλύμνου απεικονίζεται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5. Ετήσια χρονοσειρά φορτίου της Κω-Καλύμνου το έτος αναφοράς (ΣΦ=44.6%).

1.2.2. Χαρακτηριστικά των Συμβατικών Μονάδων

Η προβλεπόμενη σύνθεση και σειρά ένταξης των συμβατικών μονάδων παραγωγής του συστήματος της Κω-Καλύμνου για το έτος αναφοράς, καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, φαίνονται στους Πίνακες 6 και 7. Επειδή στην ανάλυση δεν λαμβάνεται υπόψη το δίκτυο των νησιών, στην προσομοίωση θεωρήθηκε ένας ισοδύναμος συμβατικός σταθμός παραγωγής για το νησιωτικό σύστημα Κω-Καλύμνου, με ενιαία σειρά ένταξης μονάδων, αντί των δύο επιμέρους σταθμών Κω και Καλύμνου. Ως υποχρεωτικά ενταγμένες μονάδες λαμβάνονται οι δύο πρώτες σε σειρά ένταξης μονάδες, μία στον ΑΣΠ Καλύμνου και μία στον ΑΣΠ Κω. Στην ανάλυση ελήφθη υπόψη ενδεικτικό πρόγραμμα συντήρησης των συμβατικών μονάδων του συστήματος.

¹⁸ Στη διαθέσιμη χρονοσειρά φαινομένου φορτίου του έτους 2017 προστέθηκε η πραγματική παραγωγή των Φ/Β πάρκων του νησιού για το ίδιο έτος, ώστε να προκύψει η πραγματική ζήτηση του ΜΔΝ.

Πίνακας 6: Ονομαστική, αποδιδόμενη ισχύς και τεχνικό ελάχιστο των μονάδων παραγωγής του συστήματος Κω-Καλύμνου για το έτος 2022.

ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (kW)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ / ΙΣΧΥΣ (kW)	ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ (kW)	ΣΕΙΡΑ ΕΝΤΑΞΗΣ	ΑΣΠ
WARTSILA 18V38A	8250	8250	4125	1	Καλύμνου
H.S.D/MAN 9K60MC-S	16500	16500	8250	2A	Κω
H.S.D/MAN 9K60MC-S	16500	16500	8250	2B	Κω
HANJUNG-MAN 7K60MC-S	11600	11600	5800	3A	Κω
HANJUNG-MAN 7K60MC-S	11600	11600	5800	3B	Κω
HANJUNG-MAN 7K60MC-S	11600	11600	5800	3Γ	Κω
SULZER- FINCANTIERI 18ZAV40S	10720	8000	5360	4	Κω
GMT G426ESS	2304	1800	1152	5A	Καλύμνου
GMT G426ESS	2304	1800	1152	5B	Καλύμνου
GMT G426ESS	2304	1800	1152	5Γ	Καλύμνου
GMT G4212ESS	4504	2700	2252	6	Καλύμνου
MTU (x3)	1600	1500	800	7	Κω
MITSUBISHI (x12)	1275	1100	637	8	Κω
ABB STAL GT35C	15550	12500	7775	9	Κω

Πίνακας 7: Καύσιμο και ειδικές καταναλώσεις θερμικών μονάδων παραγωγής του συστήματος Κω - Καλύμνου για το έτος 2022.

Τύπος μονάδας	Καύσιμο	Ειδική Κατανάλωση (kg/MWh)		
		50%	75%	100%
WARTSILA 18V38A	Mazut	221.7	210.6	210.1
H.S.D/MAN 9K60MC-S	Mazut	210.5	203	207.4
H.S.D/MAN 9K60MC-S	Mazut	210.5	203	207.4
HANJUNG-MAN 7K60MC-S	Mazut	218.1	207.1	208.1
HANJUNG-MAN 7K60MC-S	Mazut	218.1	207.1	208.1
HANJUNG-MAN 7K60MC-S	Mazut	218.1	207.1	208.1
SULZER-FINCANTIERI 18ZAV40S	Mazut	239.3	225.4	223.8
GMT G426ESS	Diesel	255.2	251.8	254.7
GMT G426ESS	Diesel	255.2	251.8	254.7
GMT G426ESS	Diesel	255.2	251.8	254.7
GMT G4212ESS	Diesel	268	259.3	259.8
MTU (x3)	Diesel	255.1	240.3	237.6
MITSUBISHI (x12)	Diesel	227.24	218.73	217.77
ABB STAL GT35C	Diesel	366.2	321.6	299.8

1.2.3.Χαρακτηριστικά Σταθμών ΑΠΕ

1.2.3.1. Αιολικά Πάρκα

Η εγκατεστημένη ισχύς Α/Π στην Κω-Κάλυμνο είναι περίπου 15.2 MW. Σύμφωνα με την Απόφαση 616/2016 της ΡΑΕ, το περιθώριο ισχύος Α/Π ανέρχεται σε 26 MW. Σύμφωνα με τα απολογιστικά στοιχεία για την παραγωγή των λειτουργούντων Α/Π κατά την πενταετία 2015-2019, τρία Α/Π συνολικής ισχύος 11.6 MW παρουσιάζουν συστηματικά χαμηλή απόδοση (CF της τάξης του 20% μετά από περικοπές), ενώ το τέταρτο πάρκο ισχύος 3.6 MW έχει καλύτερη απόδοση με συντελεστή χρησιμοποίησης της τάξης του 30% μετά από περικοπές. Προκειμένου η μελέτη να ανταποκρίνεται στα πραγματικά δεδομένα λειτουργίας του νησιού, για το σύνολο των εγκατεστημένων Α/Π ισχύος 15.2 MW χρησιμοποιείται η διαθέσιμη μέση χρονοσειρά αιολικής παραγωγής των Α/Π του έτους 2017 με συντελεστή χρησιμοποίησης της τάξης του 30% προ περικοπών. Για τα νέα Α/Π χρησιμοποιείται η χρονοσειρά του αποδοτικότερου ενεργειακά Α/Π του συστήματος, με συντελεστή χρησιμοποίησης 38% προ περικοπών. Στη μελέτη το σύνολο των Α/Π του νησιού λειτουργούν με καθεστώς ΣΑΩΛ.

Σύμφωνα με την Απόφαση 616/2016 της ΡΑΕ, το όριο ισχύος μικρών Α/Γ για το σύστημα της Κω-Καλύμνου έχει ορισθεί σε 900 kW. Η ωριαία παραγόμενη ισχύς των μικρών Α/Γ προκύπτει από την τυπική καμπύλη του Σχήματος 4 και τη χρονοσειρά ανέμου του έτους 2017, κλιμακωμένη σε μέση ετήσια τιμή 5.1 m/s, έτσι ώστε να προκύπτει συντελεστής χρησιμοποίησης περί το 20%.

1.2.3.2. Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί

Σύμφωνα με την Απόφαση 616/2016 της ΡΑΕ, το περιθώριο εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β για το σύστημα της Κω-Καλύμνου έχει ορισθεί σε 16.2 MW. Η συνολικά εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β είναι σήμερα ίση με 9.575 MW βάσει στοιχείων της ΔΔΝ (Φ/Β πάρκα 8.78 MW και Φ/Β σε στέγες 0.795 MW).

Για τον υπολογισμό της ανά ώρα παραγόμενης ενέργειας των φωτοβολταϊκών σταθμών της Κω-Καλύμνου χρησιμοποιείται η χρονοσειρά Φ/Β παραγωγής του έτους 2017, κλιμακωμένη σε ετήσια ενεργειακή απόδοση 1660 kWh ανά εγκατεστημένο kW, η οποία ενδεικτικά αντιστοιχεί στη σταθμισμένη ενεργειακή απόδοση υφιστάμενων και νέων Φ/Β στεγών και πάρκων επί εδάφους.

1.2.3.3. Σταθμοί Βιομάζας-Βιοαερίου και Γεωθερμίας

Σύμφωνα με την Απόφαση 616/2016 της ΡΑΕ, το όριο ισχύος των ελεγχόμενων ΣΒΒ είναι ίσο με 3.5 MW για το σύστημα της Κω-Καλύμνου, ενώ το αντίστοιχο περιθώριο για τις μη ελεγχόμενες ΣΒΒ είναι 900 kW. Οι μη ελεγχόμενοι ΣΒΒ αντιμετωπίζονται ως μικρές μη κατανεμόμενες μονάδες που συνδέονται στη ΧΤ, τις οποίες ο Κώδικας ΜΔΝ εξαιρεί από τους κανόνες διαχείρισης και ελέγχου που επιβάλλονται στους λοιπούς σταθμούς, ενώ οι ελεγχόμενοι ΣΒΒ αντιμετωπίζονται ως κατανεμόμενες μονάδες, με δυνατότητα διαχείρισης της ισχύος εξόδου τους.

Στις προσομοιώσεις θεωρείται ότι οι ΣΒΒ έχουν δυνατότητα παραγωγής της ονομαστικής τους ισχύος σε 24ωρη βάση, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ενδεικτικά θεωρούνται απώλειες της τάξης του 10%, οι οποίες πρακτικώς εκφράζουν τη μη διαθεσιμότητα των σταθμών.

Επιπλέον στο σύστημα της Κω-Καλύμνου υπάρχει αίτηση για την ανάπτυξη σταθμού παραγωγής ισχύος 5 MW με εκμετάλλευση του γεωθερμικού (Γ/Θ) δυναμικού της νήσου Νισύρου. Για τις ανάγκες της ανάλυσης, γίνεται η παραδοχή ότι η λειτουργία σταθμών Γ/Θ προσομοιάζει αυτή των κατανεμόμενων σταθμών βιομάζας-βιοαερίου (ΣΒΒελ), θεωρείται δηλαδή ότι οι σταθμοί Γ/Θ έχουν δυνατότητα συνεχούς παραγωγής κοντά στην ονομαστική τους ισχύ και προεξοφλείται η δυνατότητα διαχείρισης της ισχύος εξόδου τους σε καταστάσεις συμφόρησης του συστήματος κατά τρόπο αντίστοιχο.

1.2.3.4. Υβριδικοί σταθμοί φωτοβολταϊκών – μπαταριών (ΥΒΣ-ΦΜ)

Για την προσομοίωση υβριδικών σταθμών με φωτοβολταϊκά και μπαταρίες (ΥΒΣ-ΦΜ) θεωρείται σύστημα αποθήκευσης συσσωρευτών τύπου Li-ion. Η αναλογία μεγέθους συνιστωσών των σταθμών της Κω-Καλύμνου παρουσιάζεται στον Πίνακα 7, ως συνάρτηση της εγγυημένης ισχύος, όπως προκύπτει από τον μέσο όρο των εκδοθεισών από τη ΡΑΕ αδειών παραγωγής, σύμφωνα με στοιχεία της ΔΔΝ. Στο σύστημα Κω-Καλύμνου έχουν εκδοθεί 13 άδειες ΥΒΣ, συνολικής εγγυημένης ισχύος 14.2 MW, με συνολική ισχύ Φ/Β 40.6 MW και συνολική ονομαστική χωρητικότητα 94.5 MWh, όπως φαίνεται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 7. Αναλογία μεγέθους συνιστωσών του ΥΒΣ-ΦΜ της Κω-Καλύμνου.

ΕΓΓΥΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΥΒΣ (MW)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ (MW)	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ (MWh)	ΙΣΧΥΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ ΙΣΧΥΟΣ (MW)
P_{GUAR}	$P_{PV}=3 \cdot P_{GUAR}$	$E=7 \cdot P_{GUAR}$	$>85\% \cdot P_{PV}$

Πίνακας 8. Εκδοθείσες άδειες ΥΒΣ-ΦΜ στο σύστημα της Κω-Καλύμνου.

Πλήθος αδειών	Συνολική εγγυημένη ισχύς (MW)	Συνολική ισχύς Φ/Β (MW)	Συνολική χωρητικότητα αποθηκών (MWh)	Σταθμισμένη μέση χωρητικότητα αποθηκών ΥΒΣ (σε h εγγυημένης ισχύος)	Σταθμισμένος μέσος λόγος ΑΠΕ/εγγ. ισχύος
13	14.2	40.6	94.5	6.7	2.9

Για τα Φ/Β των ΥΒΣ-ΦΜ χρησιμοποιείται η χρονοσειρά παραγόμενης ισχύος των νέων Φ/Β του συστήματος, με ενεργειακή απόδοση 1750 kWh/kWp/y, η οποία αντιστοιχεί στην εκτιμώμενη ενεργειακή απόδοση της πλειοψηφίας των αιτήσεων ΥΒΣ-ΦΜ για άδεια παραγωγής.

Για την μοντελοποίηση του συστήματος αποθήκευσης μπαταριών του ΥΒΣ-ΦΜ ισχύουν όσα περιγράφονται στην αντίστοιχη ενότητα για τους ΥΒΣ-ΦΜ που εντάσσονται στο σύστημα της Πάτμου.

1.2.3.5. Υβριδικοί σταθμοί αιολικών – μπαταριών (ΥΒΣ-ΑΜ)

Για την προσομοίωση υβριδικών σταθμών με αιολικά και μπαταρίες (ΥΒΣ-ΑΜ) στην Κω θεωρείται σύστημα αποθήκευσης συσσωρευτών επίσης τύπου Li-ion. Η αναλογία μεγέθους των συνιστωσών των σταθμών παρουσιάζεται στον Πίνακα 9 και προκύπτει από τις εκδοθείσες άδειες παραγωγής. Στο σύστημα της Κω-Καλύμνου έχουν εκδοθεί 13 άδειες ΥΒΣ, συνολικής εγγυημένης ισχύος 28.8 MW, με συνολική ισχύ Α/Π 66.5 MW σε συνδυασμό με Φ/Β συνολικής ισχύος 10.4 MW και συνολική ονομαστική χωρητικότητα 223.1 MWh, όπως φαίνεται στον Πίνακα 10. Αιτήσεις για ΥΒΣ που περιλαμβάνουν ταυτόχρονα Α/Π και Φ/Β μικρής ισχύος μετατρέπονται σε ισοδύναμους ΥΒΣ-ΑΜ, με την ισχύ Φ/Β να μετατρέπεται σε ισοδύναμης ενεργειακής απόδοσης ισχύ Α/Γ (περίπου ίση με το 50% των Φ/Β).

Πίνακας 9. Αναλογία μεγέθους συνιστωσών του ΥΒΣ-ΑΜ της Κω-Καλύμνου.

ΕΓΓΥΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΥΒΣ (MW)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ (MW)	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ (MWh)	ΙΣΧΥΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ ΙΣΧΥΟΣ (MW)
P_{GUAR}	$P_{W/F}=2.5 \cdot P_{GUAR}$	$E=8 \cdot P_{GUAR}$	$>85\% \cdot P_{W/F}$

Πίνακας 10. Εκδοθείσες άδειες ΥΒΣ-ΑΜ στο σύστημα της Κω-Καλύμνου.

Πλήθος αδειών	Συνολική εγγυημένη ισχύς (MW)	Συνολική ισχύς Α/Π (MW)	Συνολική ισχύς Φ/Β (MW)	Συνολική χωρητικότητα αποθηκών (MWh)	Σταθμισμένη μέση χωρητικότητα αποθηκών ΥΒΣ (σε h εγγυημένης ισχύος)	Σταθμισμένος μέσος λόγος ΑΠΕ/εγγ. ισχύος
13	28.8	66.5	10.4	223.1	7.8	2.7

Για το Α/Π του ΥΒΣ-ΑΜ χρησιμοποιείται χρονοσειρά παραγόμενης ισχύος ενός εκ των ενεργειακά αποδοτικών πάρκων του συστήματος, κλιμακωμένη κατάλληλα ώστε να προκύπτει συντελεστής χρησιμοποίησης της τάξης του 44.5% προ περικοπών, ο οποίος αντιστοιχεί στον μέσο CF των αδειοδοτημένων έργων. Για τη μοντελοποίηση του συστήματος αποθήκευσης μπαταριών του ΥΒΣ-ΑΜ ισχύουν όσα περιγράφονται σε προηγούμενη ενότητα για τους ΥΒΣ-ΦΜ που εντάσσονται στο σύστημα της Πάτμου.

1.3. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ & ΣΥΜΒΟΛΑΙΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΑΠΕ

Η απόφαση 616/2016 της ΡΑΕ «Καθορισμός Περιθωρίων Ισχύος Ελεγχόμενων και Μη Ελεγχόμενων Σταθμών ΑΠΕ στα κορεσμένα δίκτυα των αυτόνομων συστημάτων των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών και καθορισμός καμπυλών μη εντασσόμενης ενέργειας (ΜΕΕ) των ελεγχόμενων σταθμών ΑΠΕ στα αυτόνομα νησιωτικά συστήματα της Κρήτης, Ρόδου, Λέσβου, Κω-Καλύμνου, Σάμου και Κάσου – Καρπάθου» καθόρισε περιθώρια διείσδυσης μη κατανεμόμενων τεχνολογιών ΑΠΕ σε 32 συστήματα ΜΔΝ και περιθώρια κατανεμόμενων ΑΠΕ & ΥΒΣ σε 6 συστήματα, ορίζοντας αντίστοιχες καμπύλες εγγυημένης απορρόφησης, βάσει των μελετών του ΕΜΠ για λογαριασμό του ΔΕΔΔΗΕ.

Στον ακόλουθο Πίνακα 11 παρουσιάζονται τα εγκεκριμένα περιθώρια και οι εγκατεστημένες ισχείς ΑΠΕ για τα εξεταζόμενα συστήματα Πάτμου και Κω-Καλύμνου, καθώς και η εγκεκριμένη καμπύλη ΜΕΕ για το σύστημα της Κω-Καλύμνου.

Πίνακας 11. Περιθώρια διείσδυσης και αδειοδοτημένη ισχύς ΑΠΕ (έτους 2016), βάσει της απόφασης 616/2016 της ΡΑΕ.

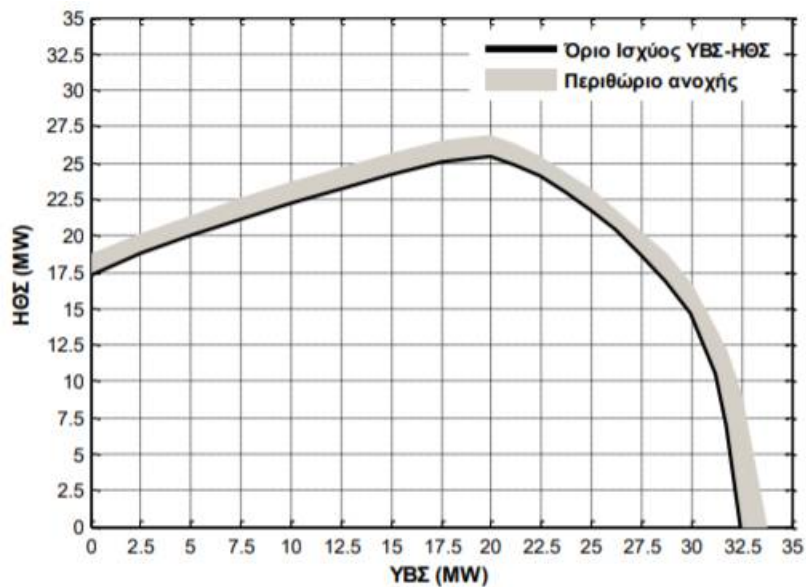
Ηλεκτρικό Σύστημα	Ελεγχόμενοι Σταθμοί ΑΠΕ				Μη Ελεγχόμενοι Σταθμοί ΑΠΕ					
	Υβριδικοί Σταθμοί (ΥΒΣmax)		Ηλιοθερμικοί Σταθμοί (ΗΘΣ *)	Ελεγχόμενοι Σταθμοί Βιομάζας - Βιοαερίου (ΣΒΒελ)	Αιολικά Πάρκα (ΑΠ)		Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί (Φ/Β)		Μικρές Ανεμογεννήτριες (μΑ/Γ)	Μη Ελεγχόμενοι Σταθμοί Βιομάζας - Βιοαερίου (ΣΣΒμε)
	Αδειοδοτημένοι Υβριδικοί Σταθμοί (ΥΒΣmax) (kW)	Περιθώρια (ΥΒΣ) βάση 616/2016 (kW)	Περιθώρια (ΗΘΣ) βάση 616/2016 (kW)	Περιθώρια (ΣΒΒελ) βάση 616/2016 (kW)	Αδειοδοτημένη Ισχύς (ΑΠ) (kW)	Περιθώρια (ΑΠ) βάση 616/2016 (kW)	Αδειοδοτημένη Ηλεκτρική Ισχύς (Φ/Β) (kW)	Περιθώρια (Φ/Β) βάση 616/2016 (kW)	Περιθώρια (μΑ/Γ) βάση 616/2016 (kW)	Περιθώρια (ΣΣΒμε) βάση 616/2016 (kW)
Κως - Κάλυμνος	400	*	*	3,500	15,200	26,000	9780.11	16,200	900.00	900.00
Πάτμος		**	**	0	1,200	1,200	193.88	648	72.00	*κοινό

*Τα μεγέθη ισχύος ανά τεχνολογία ΥΒΣ και ΗΘΣ προσδιορίζονται βάσει διαγράμματος, όπου αποτυπώνεται η συσχέτιση μεταξύ των περιθωρίων των σταθμών αυτών (Σχήμα 6).

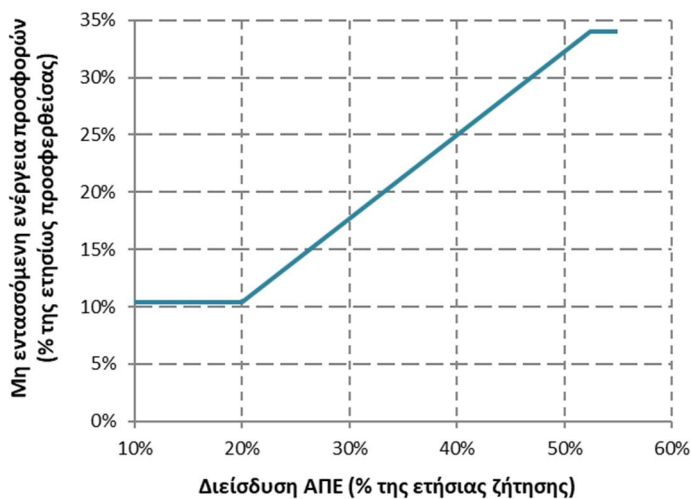
**Εξέταση περιθωρίου-δυνατότητας ένταξης σταθμού κατά τη χορήγηση της οικείας άδειας παραγωγής, ατομικά ανά σταθμό.

*Κοινό: το περιθώριο επιμερίζεται από κοινού στις τεχνολογίες (Μικρές Α/Γ και ΣΒΒμε), με τουλάχιστον το ήμισυ στις μικρές Α/Γ.

Σημειώνεται ότι στη νήσο Τήλο του νησιωτικού συστήματος Κω-Καλύμνου λειτουργεί από το 2018 ΥΒΣ εγγυημένης ισχύος 400 kW με σύστημα αποθήκευσης μπαταριών, Α/Γ και Φ/Β σταθμό, στη σύμβαση πώλησης του οποίου εμπεριέχεται η καμπύλη ΜΕΕ του Σχήματος 7.



Σχήμα 6. Μέγιστη τιμή εγκατεστημένης ισχύος ΥΒΣ-ΗΘΣ (Απόφαση ΡΑΕ 616/2016- Διάγραμμα 4)



Σχήμα 7. Μη εντασσόμενη ενέργεια των ελεγχόμενων σταθμών ΑΠΕ ως ποσοστό της συνολικά προσφερθείσας συναρτήσει της διείσδυσης ΑΠΕ (Απόφαση ΡΑΕ 616/2016 -Διάγραμμα 10).

Όλα τα εγκατεστημένα Α/Π των νησιωτικών συστημάτων Πάτμου και Κω-Καλύμνου λειτουργούν με καθεστώς ΣΑΩΛ. Ακολουθώντας παρουσιάζονται οι πίνακες προσδιορισμού των ΣΑΩΛ των δύο εξεταζόμενων συστημάτων.

Πίνακας 12: ΣΑΩΛ συμβάσεων του Α/Π Πάτμου για διαφορετικές διεισδύσεις $\gamma(\%)$ της εγκατεστημένης ισχύος Α/Π επί της ετήσιας αιχμής του φορτίου

Ποσοστό γ (%)	ΑΩΛ (h)
0	8760
5	7053
10	6304
15	5472
20	4324
25	3459
30	2883

Στο σύστημα Κω-Καλύμνου λειτουργούν τέσσερα Α/Π, οι συμβάσεις των οποίων περιλαμβάνουν δύο διαφορετικούς πίνακες προσδιορισμού των ΣΑΩΛ (Πίνακες 13-14). Για τις ανάγκες της ανάλυσης της παρούσας μελέτης, όπου εξετάζεται η επίπτωση στις ΑΩΛ, χρησιμοποιούνται οι ΣΑΩΛ του ενός εκ των τεσσάρων Α/Π, το οποίο είναι το ενεργειακά αποδοτικότερο (Πίνακας 14), αλλά και δεδομένου ότι το πεδίο μεταβολής του ποσοστού γ στον Πίνακα 13 (έως 100%) είναι καταφανώς προβληματικό και αναντίστοιχο με το σύνηθες πεδίο ορισμού (έως 30%).

Πίνακας 13: ΣΑΩΛ συμβάσεων δύο πάρκων συνολικής ισχύος 8 MW της Κω-Καλύμνου για διαφορετικές διεισδύσεις $\gamma(\%)$ της εγκατεστημένης ισχύος Α/Π επί της ετήσιας αιχμής του φορτίου.

Ποσοστό γ (%)	ΑΩΛ (h)
0	8760
20	8618
40	8252
60	7421
80	6407
100	5469

Πίνακας 14: ΣΑΩΛ συμβάσεων δύο πάρκων συνολικής ισχύος 7.2 MW της Κω-Καλύμνου για διαφορετικές διεισδύσεις $\gamma(\%)$ της εγκατεστημένης ισχύος Α/Π επί της ετήσιας αιχμής του φορτίου.

Ποσοστό γ (%)	ΑΩΛ (h)
0	8760
5	8492
10	7777
15	6658
20	5514
25	4581
30	3863

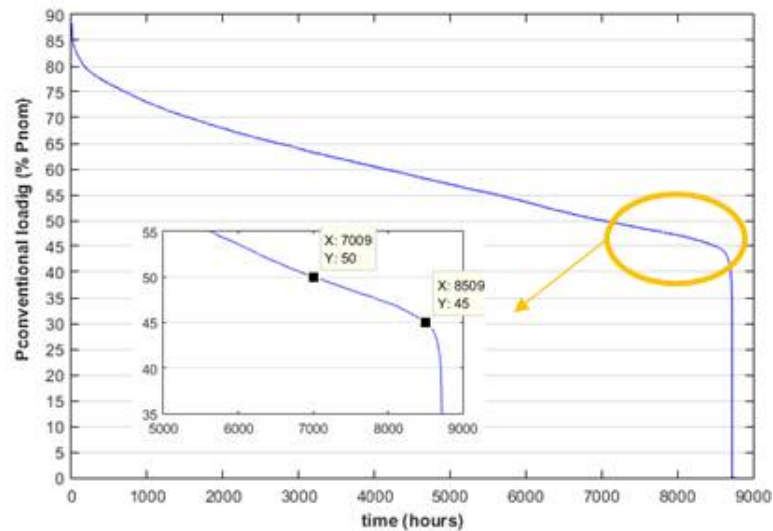
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Στην παρούσα μελέτη έγινε προσπάθεια ώστε ορισμένα βασικά δεδομένα παραμετροποίησης των μοντέλων προσομοίωσης να προσεγγίζουν, κατά το δυνατόν, την εφαρμοζόμενη πρακτική λειτουργίας των συστημάτων ΜΔΝ, ιδίως σε ό,τι αφορά τις θερμικές μονάδες. Τέτοιες παράμετροι είναι το τεχνικό ελάχιστο των μονάδων, και η πολιτική τήρηση στρεφόμενης εφεδρείας για τη διαθέσιμη αιολική παραγωγή και τη μεγαλύτερη μονάδα. Η τρέχουσα πρακτική ενσωματώνει την πολυετή εμπειρία των χειριστών και αντανακλά τις αποδεκτές από τον κύριο των μονάδων λειτουργικές πρακτικές. Υπό την έννοια αυτή, ακόμη κι αν δεν αποτελεί τη βέλτιστη πρακτική, συνιστά μια στέρεα βάση ανάλυσης. Υποθέσεις διαφοροποίησης από την τρέχουσα πρακτική, ενδέχεται μεν να οδηγούν σε αυξημένα περιθώρια απορρόφησης ΑΠΕ, ωστόσο δεν μπορούν να προεξοφληθούν στην παρούσα φάση ως ασφαλής βάση για καθορισμό περιθωρίων του άμεσου μέλλοντος.

Στην ανάλυση που παρουσιάζεται στη συνέχεια αξιοποιήθηκαν τα απολογιστικά δεδομένα λειτουργίας των υπό εξέταση νησιωτικών συστημάτων Πάτμου και Κω-Καλύμνου των ετών 2017 και 2019. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν ωριαίες χρονοσειρές φορτίου, χρονοσειρές ένταξης και παραγωγής των συμβατικών μονάδων των συστημάτων αυτών, καθώς και ταυτοχρονισμένες ωριαίες χρονοσειρές παραγωγής ΑΠΕ εγκατεστημένων σταθμών, προκειμένου να εξαχθούν βασικά συμπεράσματα για την εφαρμοζόμενη πρακτική λειτουργίας. Επιπρόσθετα και όπου αυτό απαιτήθηκε, προσομοιώθηκε η λειτουργία των συστημάτων ώστε να αποδειχθεί η βασιμότητα και η εφαρμοσιμότητα των θεωρήσεων που προέκυψε από την αξιοποίηση των απολογιστικών δεδομένων.

II.1. Λειτουργία συστήματος Πάτμου – Έτος 2019

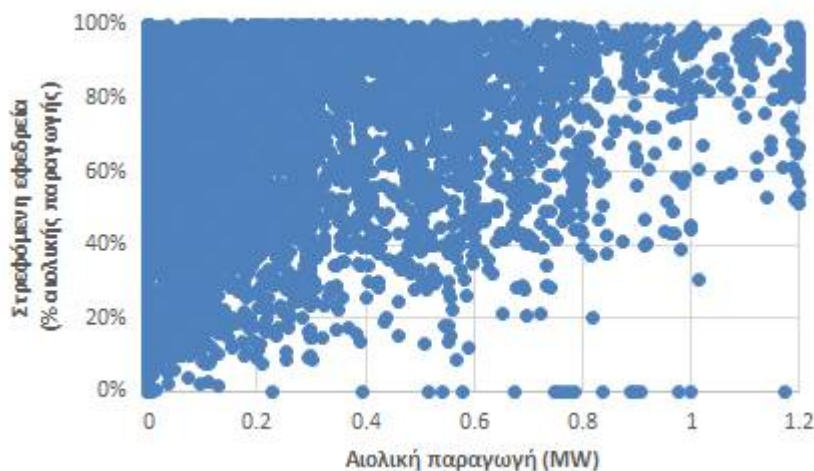
Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η καμπύλη διάρκειας της μέσης φόρτισης των ενταγμένων ανά ώρα συμβατικών μονάδων του συστήματος της Πάτμου, ως ποσοστό της ονομαστικής τους ισχύος, σύμφωνα με τα απολογιστικά δεδομένα λειτουργίας του έτους 2019. Η φόρτιση των μονάδων παραμένει μεγαλύτερη του 50% της ονομαστικής τους ισχύος για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα του έτους (της τάξης του 80%), ενώ παραβίαση του δηλωμένου τεχνικού ελαχίστου (TE, 50%) προκύπτει για ποσοστό 17% του χρόνου λειτουργίας. Η ελάχιστη φόρτιση που σημειώνεται είναι της τάξης του 45% της ονομαστικής ισχύος των μονάδων, αλλά με ελάχιστο χρόνο παραμονής των μονάδων στα χαμηλά αυτά επίπεδα φόρτισης. Με βάση τα λειτουργικά δεδομένα, η επιλογή ενός τεχνικού ελαχίστου μεταξύ 45% και 50% κρίνεται ενδεδειγμένη για τις προσομοιώσεις, με την τιμή 47.5% να επιλέγεται στη συνέχεια, ως μέση τιμή του διαστήματος 45-50% ελάχιστης φόρτισης των συμβατικών μονάδων.



Σχήμα 1. Καμπύλη διάρκειας μέσης ωριαίας φόρτισης συμβατικών μονάδων Πάτμου, έτους 2019.

Στην παλιότερη μελέτη περιθωρίων που είχε εκπονηθεί για το σύστημα της Πάτμου ([3,4]) είχε αναδειχθεί ότι η αυστηρή τήρηση της ελάχιστης φόρτισης ($TE=50\%$) των συμβατικών μονάδων δεν άφηνε περιθώρια διείσδυσης ΑΠΕ, σε αντίθεση με την υιοθέτηση ενός ελαστικού TE της τάξης του 40% .

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται η τηρούμενη στρεφόμενη εφεδρεία των συμβατικών μονάδων, ως ποσοστό της ωριαίας παραγωγής του λειτουργούντος Α/Π ισχύος 1.2 MW της Πάτμου για το έτος 2019. Από το νέφος των σημείων του Σχήματος 2 είναι εμφανής η μη τήρηση πλήρους εφεδρείας για την αιολική παραγωγή, συμπέρασμα που αναδεικνύει ως ενδεδειγμένη την υιοθέτηση κάποιου ποσού αξιοπιστίας για την αιολική παραγωγή κατά την ένταξη των συμβατικών μονάδων. Στην παλιότερη μελέτη για το σύστημα της Πάτμου είχε θεωρηθεί μηδενικό ποσοστό αξιοπιστίας για την αιολική παραγωγή σε καταστάσεις χαμηλής διείσδυσης ΑΠΕ (σημερινή κατάσταση, με διείσδυση μόνο Α/Π και Φ/Β) και ποσοστό αξιοπιστίας 25% για μελλοντικές καταστάσεις αυξημένης διείσδυσης ΑΠΕ (με ΥΒΣ και άλλες κατανεμόμενες ΑΠΕ). Στην παρούσα μελέτη επανεξετάζεται η υιοθέτηση ποσοστού αξιοπιστίας αιολικής παραγωγής της τάξης του $20\text{-}30\%$ σε όλα τα επίπεδα διείσδυσης ΑΠΕ και τελικά επιλέγεται τιμή της τάξης του 30% .



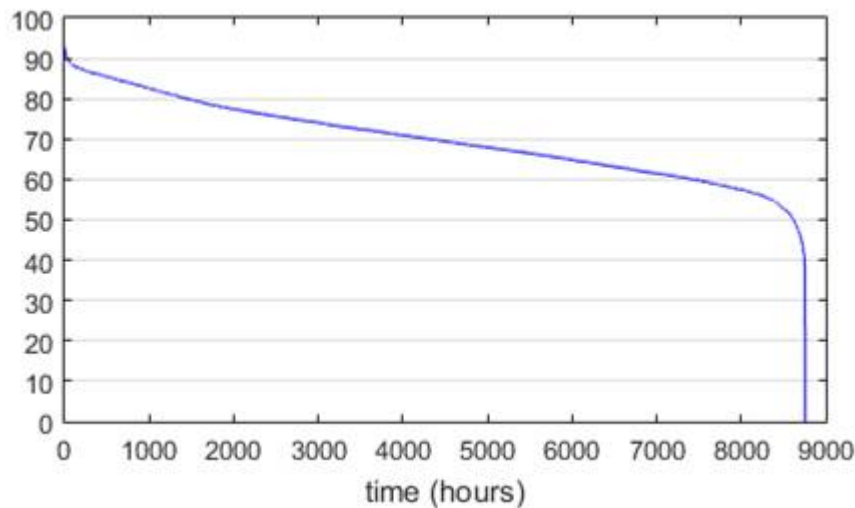
Σχήμα 2. Στρεφόμενη εφεδρεία συμβατικών μονάδων συστήματος Πάτμου προς ωριαία αιολική παραγωγή, έτους 2019.

Προσομοιώνοντας τη λειτουργία του συστήματος για το έτος 2019 με τις παραπάνω θεωρήσεις ($TE=47.5\%$ και αξιόπιστο ποσοστό αιολικής παραγωγής ίσο με 30%) προκύπτει ευχερής τήρηση των ΣΑΩΛ του υφιστάμενου Α/Π 1.2 MW , η οποία εξασφαλίζεται ακόμα και για χαμηλότερα ποσοστά αξιοπιστίας. Επαναλαμβάνοντας τις προσομοιώσεις για τη ζήτηση του έτους 2022 με τις ίδιες θεωρήσεις TE και αξιόπιστου ποσοστού αιολικής παραγωγής, προκύπτει επίσης δυνατότητα τήρησης των ΣΑΩΛ, με μικρό περιθώριο ασφαλείας $3-4\%$, ακόμα και όταν θεωρείται ένταξη όλου του περιθωρίου μη ελεγχόμενων σταθμών ΑΠΕ (Α/Π, Φ/Β, μΑ/Γ & ΣΒΒμε) της απόφασης 616/2016 της ΡΑΕ (Παράρτημα Δεδομένων).

Συνεπώς, η θεώρηση ενός αξιόπιστου ποσοστού αιολικής παραγωγής της τάξης του 30% και τεχνικού ελαχίστου συμβατικών μονάδων 47.5% επί της ονομαστικής τους ισχύος εξασφαλίζει την τήρηση των ΣΑΩΛ του υφιστάμενου Α/Π και αφήνει περιθώριο περαιτέρω μείωσης για υποστήριξη της διείσδυσης καταναεόμενων ΑΠΕ. Μείωση του TE σε επίπεδα της τάξης του 40% , όπως είχε επιχειρηθεί στην προηγούμενη μελέτη, δεν υποστηρίζεται από τα λειτουργικά δεδομένα του συστήματος, ενώ η υιοθέτηση μεγαλύτερου ποσοστού αξιοπιστίας της αιολικής παραγωγής δεν κρίνεται ενδεδειγμένη σε τόσο μικρό σύστημα με ένα και μοναδικό Α/Π σε λειτουργία.

Π.2. Λειτουργία συστήματος Κω-Καλύμνου – Έτος 2019

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται η καμπύλη διάρκειας της μέσης φόρτισης των ενταγμένων ανά ώρα συμβατικών μονάδων του συστήματος της Κω-Καλύμνου για το έτος 2019, ως ποσοστό της ονομαστικής τους ισχύος. Είναι εμφανές ότι η φόρτιση των συμβατικών μονάδων διατηρείται μεγαλύτερη του δηλωμένου τεχνικού ελαχίστου 50% καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας τους, με εξαίρεση λίγες ώρες του έτους. Με βάση τη διαπίστωση αυτή, στη μελέτη υιοθετείται η δηλωμένη τιμή του 50% ως TE των συμβατικών μονάδων.



Σχήμα 3. Καμπύλη διάρκειας μέσης ωριαίας φόρτισης συμβατικών μονάδων Κω-Καλύμνου. Απολογιστικά.

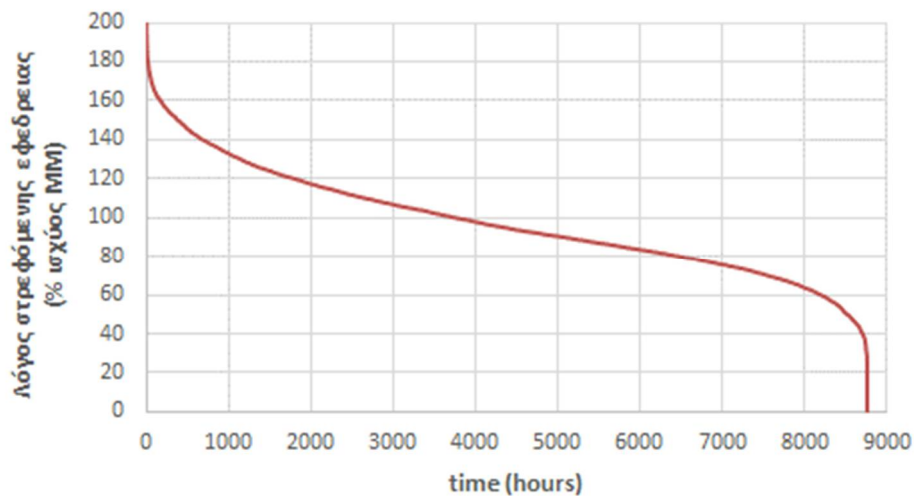
Σημειώνεται ότι στην προηγούμενη μελέτη περιθωρίων, για το σύστημα της Κω-Καλύμνου ([1,2]) είχε θεωρηθεί η ανάπτυξη τεσσάρων νέων μονάδων ονομαστικής ισχύος 8 MW η κάθε μία, με τεχνικό ελάχιστο 40% . Οι νέες μονάδες είχαν θεωρηθεί πρώτες σε σειρά ένταξης, μπροστά από άλλες μεγαλύτερης ισχύος μονάδες με $TE\ 50\%$ (H.S.D/MAN 9K60MC-S ισχύος 16.5 MW , HANJUNG-MAN 7K60MC-S ισχύος 11.6 MW), προσφέροντας σημαντική ευελιξία στο σύστημα και αφήνοντας σημαντικό περιθώριο ανάπτυξης ΑΠΕ.

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται η καμπύλη διάρκειας της τηρούμενης στρεφόμενης εφεδρείας των ενταγμένων συμβατικών μονάδων, ως ποσοστό της ισχύος της μεγαλύτερης ενταγμένης μονάδας. Διαπιστώνεται ότι για το ήμισυ περίπου του χρόνου, η διαθέσιμη στρεφόμενη εφεδρεία δεν καλύπτει την απώλεια της μεγαλύτερης μονάδας. Η διαπίστωση αυτή προσομοιώνεται υιοθετώντας την τήρηση στρεφόμενης εφεδρείας τουλάχιστον ίσης με 8 MW (αντιστοιχεί περίπου στην υποχρεωτικά ενταγμένη μονάδα του ΑΣΠ Καλύμνου ονομαστικής ισχύος 8.25 MW).

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται η καμπύλη διάρκειας της στρεφόμενης εφεδρείας (σε MW), όπως προκύπτει για τη θεώρηση αυτή (μπλε συνεχής γραμμή), και για εναλλακτική θεώρηση όπου τηρείται στρεφόμενη εφεδρεία για τη μεγαλύτερη ενταγμένη μονάδα 16 MW του ΑΣΠ Κω (μπλε διακεκομμένη γραμμή)¹⁹. Συγκρίνοντας με τα απολογιστικά δεδομένα λειτουργίας των συμβατικών μονάδων (κόκκινη γραμμή), είναι σαφές ότι η θεώρηση μερικής (χαμηλής) εφεδρείας οδηγεί σε καλή προσέγγιση της λειτουργίας του συστήματος στην πράξη.

Στο Σχήμα 6 παρουσιάζεται η καμπύλη διάρκειας της ενταγμένης συμβατικής ισχύος ως ποσοστό του φορτίου, για θεώρηση αξιόπιστου ποσοστού αιολικής παραγωγής 50% (μπλε συνεχής γραμμή) και μηδενικού (μπλε διακεκομμένη γραμμή)²⁰. Συγκρίνοντας με τα απολογιστικά δεδομένα (κόκκινη γραμμή), προκύπτει ότι η θεώρηση αξιόπιστου ποσοστού 50% οδηγεί σε ικανοποιητική προσέγγιση των λειτουργικών δεδομένων. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται στις προσομοιώσεις της μελέτης.

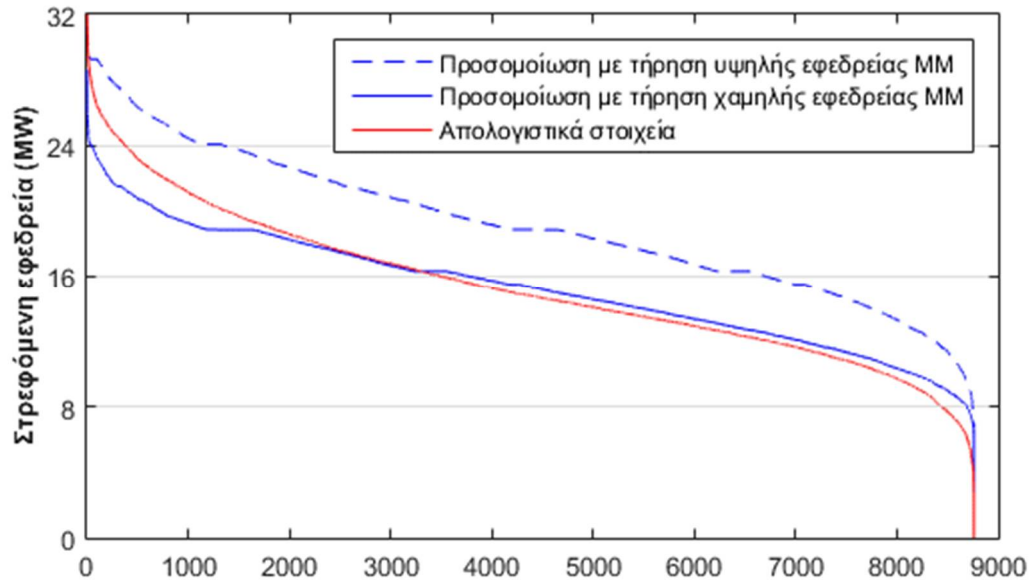
Σημειώνεται ότι στην παλιότερη μελέτη περιθωρίων για το σύστημα Κω-Καλύμνου, κατά τον προγραμματισμό ένταξης συμβατικών μονάδων τηρείτο εφεδρεία μεγαλύτερης μονάδας και ποσοστό αξιοπιστίας 25% για την αιολική παραγωγή σε καταστάσεις χαμηλής διείσδυσης ΑΠΕ και 50% για μελλοντικές καταστάσεις αυξημένης διείσδυσης.



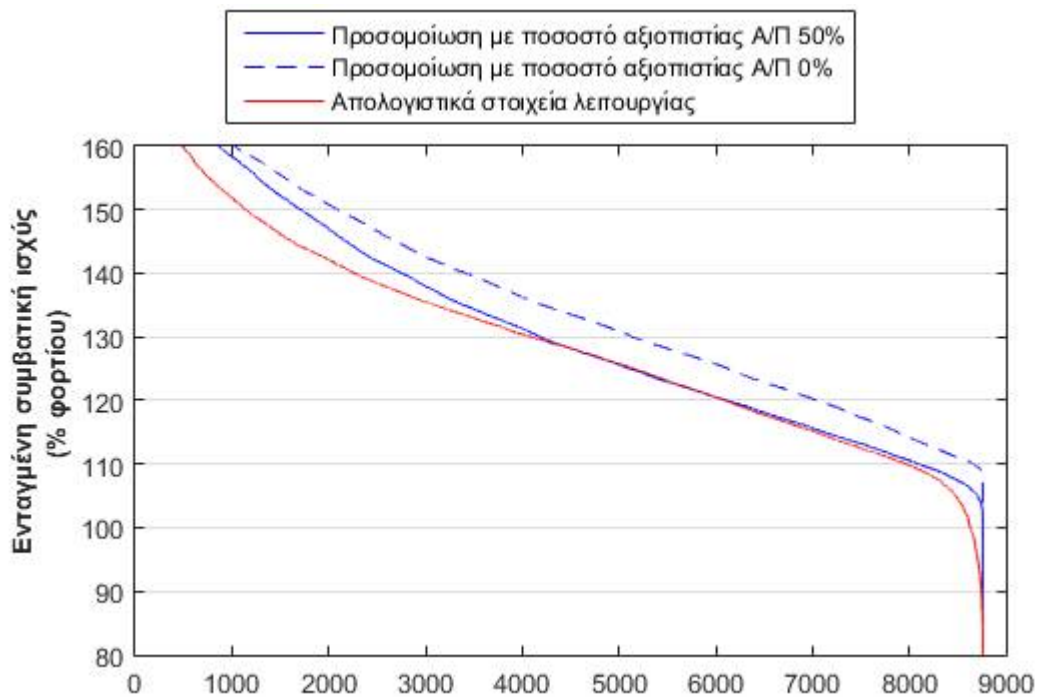
Σχήμα 4. Στρεφόμενη εφεδρεία συμβατικών μονάδων συστήματος Κω-Καλύμνου, ως ποσοστό της ισχύος της μεγαλύτερης ενταγμένης μονάδας – Απολογιστικά.

¹⁹ Τηρείται και εφεδρεία για το μη αξιόπιστο μέρος της αιολικής παραγωγής, που λαμβάνεται ίσο με 50%.

²⁰ Τηρείται επίσης εφεδρεία 8 MW, σύμφωνα με τα προαναφερθέντα.



Σχήμα 5. Στρεφόμενη εφεδρεία συμβατικών μονάδων (MW). Προσομοίωση-Απολογιστικά.

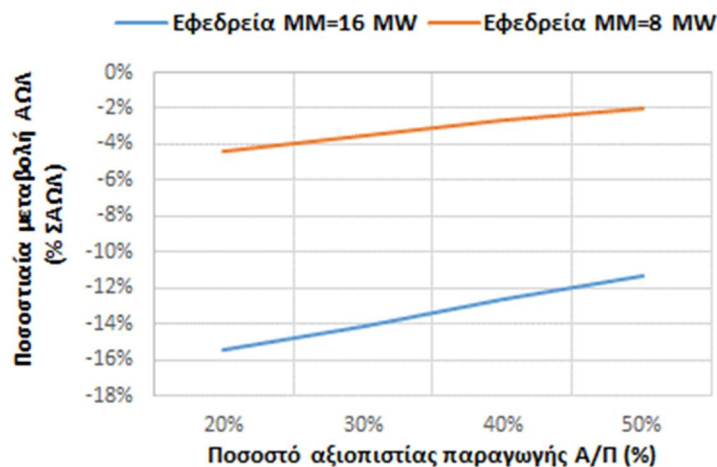


Σχήμα 6. Ενταγμένη συμβατική ισχύς, ως ποσοστό του φορτίου²¹. Προσομοίωση -Απολογιστικά.

Στο Σχήμα 7 παρουσιάζονται αποτελέσματα προσομοιώσεων του συστήματος στην τρέχουσα ανάπτυξη του, όσον αφορά τις ΑΩΛ του ενεργειακά αποδοτικότερου Α/Π (Πίνακας 14 του Παραρτήματος Ι), ως ποσοστό των αντίστοιχων ΣΑΩΛ, οι οποίες ανέρχονται σε 6350. Είναι σαφές ότι η τήρηση εφεδρείας μεγαλύτερης μονάδας (μπλε γραμμή) οδηγεί σε σημαντική παραβίαση των ΣΑΩΛ, ενώ αντίθετα η

²¹ Ως φορτίο εδώ νοείται η φαινόμενη ζήτηση, μετά την αφαίρεση της συμβολής της ενσωματωμένης Φ/Β παραγωγής.

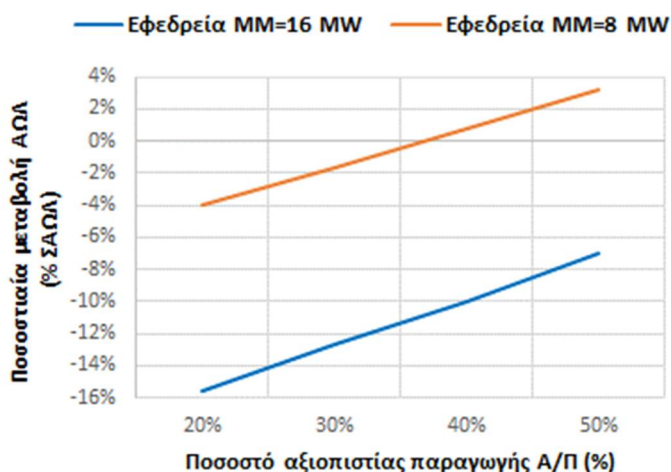
θεώρηση μικρότερης εφεδρείας της τάξης των 8 MW (πορτοκαλί γραμμή) προσεγγίζει οριακά τις ΣΑΩΛ (απόκλιση 2% για ποσοστό αξιοπιστίας αιολικής παραγωγής της τάξης του 50%)²².



Σχήμα 7. Αποτελέσματα προσομοιώσεων - Ποσοστιαία μεταβολή ΑΩΛ (%ΣΑΩΛ)

Επαναλαμβάνοντας τις προσομοιώσεις για το έτος 2022, θεωρώντας ενταγμένη όλη την ισχύ περιθωρίου της απόφασης της 616/2016 της ΡΑΕ για τους μη ελεγχόμενους σταθμούς ΑΠΕ (Α/Π, Φ/Β, μΑ/Γ & ΣΒΒμε) και τους ελεγχόμενους ΣΒΒ, προκύπτουν τα αποτελέσματα του Σχήματος 8. Και πάλι η τήρηση εφεδρείας μεγαλύτερης μονάδας οδηγεί σε απαγορευτικά χαμηλές ΑΩΛ, ενώ αντίθετα με την τήρηση εφεδρείας 8 MW κατά την ένταξη των μονάδων οι ΑΩΛ υπερβαίνουν ελαφρώς τις ΣΑΩΛ (4706), αφήνοντας περιθώριο της τάξης του 3% για την ανάπτυξη λοιπών ΑΠΕ (ΥΒΣ, Γ/Θ).

Συμπερασματικά, η θεώρηση αξιόπιστου ποσοστού αιολικής παραγωγής της τάξης του 50% και απαίτηση ελάχιστης στρεφόμενης εφεδρείας 8 MW κατά την ένταξη των μονάδων κρίνονται οι ενδεδειγμένες θεωρήσεις για το σύστημα Κω-Καλύμνου, αφενός με βάση τα απολογιστικά στοιχεία λειτουργίας και αφετέρου προκειμένου να επιτυγχάνεται η τήρηση συμβατικών υποχρεώσεων έναντι Α/Π του συστήματος.



Σχήμα 8. Αποτελέσματα προσομοιώσεων έτους 2022- Ποσοστιαία μεταβολή ΑΩΛ (%ΣΑΩΛ)

²² Η επίπτωση στις ΑΩΛ (%ΣΑΩΛ) των δύο πάρκων με υψηλές ΣΑΩΛ (Πίνακας 13 του Παραρτήματος Ι) είναι σημαντικά μεγαλύτερη.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1]. «Δεδομένα Συστημάτων Λέσβου και Κω-Καλύμνου», Τεχνική Έκθεση στα πλαίσια του έργου «Διερεύνηση των περιθωρίων διείσδυσης όλων των τεχνολογιών ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά συστήματα», Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ – Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος, Μάιος 2014.
- [2]. «Διερεύνηση των περιθωρίων διείσδυσης όλων των τεχνολογιών ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά συστήματα», Έκθεση Β' Φάσης, Συστήματα Λέσβου και Κω-Καλύμνου, ΕΠΙΣΕΥ-
- [3]. «Δεδομένα Συστημάτων Πάτμου και Σερίφου», Τεχνική Έκθεση στα πλαίσια του έργου «Διερεύνηση των περιθωρίων διείσδυσης όλων των τεχνολογιών ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά συστήματα», Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ – Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος, Σεπτέμβριος 2014.
- [4]. «Διερεύνηση των περιθωρίων διείσδυσης όλων των τεχνολογιών ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά συστήματα», Έκθεση Β' Φάσης, Συστήματα Πάτμου και Σερίφου, ΕΠΙΣΕΥ - Ε.Μ.Π, Σεπτέμβριος 2014.