



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
& ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τηλ: 2310 994352, 6973 841753.
E-mail: pbiskas@auth.gr



**ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΥΧΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΟΜΙΛΟΥ Δ.Ε.Η.**

**ΙΔΡ. ΜΕΛΟΣ ΓΕΝ.Ο.Π./Δ.Ε.Η.-Κ.Η.Ε.
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΜΕΝΟ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟ ΣΩΜΑΤΕΙΟ
(Αρ. Απόφασης 1583/56 Πρωτοδικείου Αθηνών)**

Στουρνάρη 73-75, 104 32 Αθήνα. Url: www.sdmdei.gr
Τηλ. 210 5220852, 5238551. E-mail: sdmdei@otenet.gr

**ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΚΛΙΜΑ (Ε.Σ.Ε.Κ.),
ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ & ΥΔΡΑΝΤΛΗΤΙΚΩΝ
ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΗΣ ΔΕΗ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΟ 2030**

**ΜΕΣΩ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΧΟΝΔΡΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ
ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗΣ & ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ,
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2020-2030**

ΕΠΙΤΕΛΙΚΗ ΣΥΝΟΨΗ

Εκπονήθηκε από το Α.Π.Θ., κατόπιν ανάθεσης και συμβολής του
ΣΥΛΛΟΓΟΥ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΥΧΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΜΙΛΟΥ ΔΕΗ (& ΑΔΜΗΕ)

ΑΘΗΝΑ

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2020

ΣΥΜΒΑΣΗ ΕΡΓΟΥ

Για τη μελέτη διερεύνησης επιπτώσεων εφαρμογής του Εθνικού Σχεδίου για την
Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) αναφορικά με τη χρήση των λιγνιτικών και
υδραντλητικών μονάδων της ΔΕΗ πριν και μετά το 2030

Μεταξύ

του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης του

Συλλόγου Διπλωματούχων Μηχανικών Ομίλου ΔΕΗ και του

κ. Παντελή Μπίσκα, Αναπληρωτή Καθηγητή της Πολυτεχνικής Σχολής του ΑΠΘ

Ιανουάριος 2020

ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΥΜΒΟΥΛΟ

Ο Πρόεδρος της Ε.Ε. ΑΠΘ

Ευστράτιος Στυλιανίδης

Αν. Καθηγητής

Αντιπρύτανης Έρευνας

και Διά Βίου Εκπαίδευσης

ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΠΟΔΕΚΤΗ

Ο Νόμιμος Εκπρόσωπος

ΣΔΜ ΟΜΙΛΟΥ ΔΕΗ

(Απόφαση ΔΣ, 16.1.2020)

Γρηγόρης Μπαρμπαγιάννης

Πρόεδρος

**Ο ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ**

Παντελής Μπίσκας

Αναπληρωτής Καθηγητής

Πολυτεχνικής Σχολής ΑΠΘ

Επιτελική Σύνοψη (Executive Summary)

Το παρόν κείμενο αποτελεί την επιτελική σύνοψη (περίληψη) του πρώτου Παραδοτέου μελέτης που υλοποιήθηκε για λογαριασμό του Συλλόγου Διπλωματούχων Μηχανικών Ομίλου ΔΕΗ & ΑΔΜΗΕ. Αντικείμενο της μελέτης αποτελεί:

- α) η διερεύνηση της επάρκειας του ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) σε περίπτωση ολικής απόσυρσης των υφιστάμενων λιγνιτικών μονάδων, σύμφωνα με το εγκεκριμένο αναθεωρημένο Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ),
- β) η διερεύνηση της οικονομικής αποδοτικότητας ένταξης νέων μονάδων φυσικού αερίου στο Σύστημα ή της παράτασης λειτουργίας νεότερων λιγνιτικών μονάδων (π.χ. ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ 5 ή/και ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ 5 ή/και ΜΕΛΙΤΗ) μετά το έτος 2028, και
- γ) η διερεύνηση της οικονομικής αποδοτικότητας τεχνολογικών λύσεων (π.χ. υδραντλητικοί σταθμοί, νέες μονάδες ΦΑ συνδυασμένου κύκλου) που θα μπορούσαν να αντισταθμίσουν τις συνέπειες από την εμπροσθοβαρή απολιγνιτοποίηση της χώρας.

Προκειμένου να διερευνηθούν τα παραπάνω κρίσιμα ζητήματα, πραγματοποιήθηκε μακροχρόνια ανάλυση της λειτουργίας της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και του ελληνικού ΣΗΕ. Διαμορφώθηκαν δέκα (10) σενάρια προσομοίωσης, λαμβάνοντας υπόψη την εξέλιξη διαφόρων παραμέτρων, όπως π.χ. το φορτίο Συστήματος, η εγκατεστημένη ισχύς μονάδων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), η τιμή φυσικού αερίου, η τιμή δικαιωμάτων εκπομπών CO₂, η μελλοντική διαθεσιμότητα των λιγνιτικών μονάδων και των μονάδων ΦΑ του Συστήματος, κ.α.. Λοιπές παράμετροι λειτουργίας που αναμένεται να υλοποιηθούν τα επόμενα έτη (π.χ. διασύνδεση Κρήτης και λοιπών αυτόνομων νησιωτικών συστημάτων -Δωδεκάνησα, νησιά Βορείου Αιγαίου - με το ηπειρωτικό Σύστημα) λήφθηκαν κατάλληλα υπόψη στα πλαίσια της μελέτης.

Η διαμόρφωση των δέκα (10) σεναρίων (τα οποία παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα που ακολουθεί) στοχεύει στη διερεύνηση:

- α) της επίπτωσης που θα έχει στην επάρκεια ισχύος του ελληνικού ΣΗΕ η σύνθεση του μελλοντικού ενεργειακού μείγματος,
- β) της οικονομικής αποδοτικότητας της χρήσης των υφιστάμενων και νέων ΥΑΣ υπό συνθήκες υψηλής διείσδυσης ΑΠΕ
- γ) της οικονομικής αποδοτικότητας της μετατροπής των προς απόσυρση λιγνιτικών μονάδων Αμύνταιο 1 και 2 καθώς και μίας εκ των προς απόσυρση λιγνιτικών μονάδων του σταθμού Αγ. Δημητρίου σε σύγχρονες μονάδες ΦΑ, και
- δ) της αναβάθμισης της νέας λιγνιτικής μονάδας «Πτολεμαΐδα 5» ώστε να εξοπλιστεί με σύστημα μείωσης των εκπομπών CO₂.

Σενάριο	Διαθεσιμότητα ΥΑΣ	Προσφορές ΥΑΣ βάσει οικονομικών κριτηρίων ?	Κατασκευή Μονάδας ΦΑ Αμυνταίου & Αγ. Δημητρίου (από 01/01/2025)	Λειτουργία Πτολεμαΐδας 5	Επέκταση λειτουργίας Αγ. Δημητρίου 5 & Μελίτης μέχρι 31/12/2030
Σ1	2 ΔΕΗ + 3 Ιδιωτών	ΟΧΙ	ΟΧΙ	Μέχρι 31/12/2030	ΟΧΙ
Σ2	2 ΔΕΗ + 3 Ιδιωτών	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Μέχρι 31/12/2030	ΟΧΙ
Σ3	2 ΔΕΗ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Μέχρι 31/12/2030	ΟΧΙ
Σ4	3 Ιδιωτών	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Μέχρι 31/12/2030	ΟΧΙ
Σ5	-	-	ΟΧΙ	Μέχρι 31/12/2030	ΟΧΙ
Σ6	2 ΔΕΗ + 3 Ιδιωτών	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Μέχρι 31/12/2028	ΟΧΙ
Σ7	2 ΔΕΗ + 3 Ιδιωτών	ΝΑΙ	ΝΑΙ	Μέχρι 31/12/2030	ΟΧΙ
Σ8	2 ΔΕΗ + 3 Ιδιωτών	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Μέχρι 31/12/2030	ΝΑΙ
Σ9	2 ΔΕΗ + 3 Ιδιωτών	ΝΑΙ	ΟΧΙ	χωρίς χρονικό περιορισμό με σύστημα μείωσης εκπομπών CO ₂	ΟΧΙ
Σ10	2 ΔΕΗ + 3 Ιδιωτών	ΝΑΙ	ΝΑΙ	χωρίς χρονικό περιορισμό με σύστημα μείωσης εκπομπών CO ₂	ΟΧΙ

Συγκεκριμένα, τα σενάρια προσομοίωσης χαρακτηρίζονται από τις εξής βασικές παραδοχές:

- **Σενάρια 1-5:** Το σύνολο των υφιστάμενων λιγνιτικών μονάδων αποσύρεται οριστικά στη βάση του προγράμματος εμπροσθοβαρούς απολιγνιτοποίησης που έχει περιληφθεί στο ανανεωμένο ΕΣΕΚ και το οποίο παρουσιάζεται αναλυτικά στον ακόλουθο πίνακα. Η νέα λιγνιτική μονάδα «Πτολεμαΐδα 5» θεωρείται ότι εντάσσεται στα τέλη του 2021 και είναι πλήρως διαθέσιμη για τα έτη 2022-2030¹. Η διαφοροποίηση αυτής της ομάδας σεναρίων έγκειται στη διαθεσιμότητα των υφιστάμενων υδραντλητικών σταθμών της ΔΕΗ (Σφηκιά, Θησαυρός) και των τριών νέων υδραντλητικών σταθμών που αναμένεται να κατασκευαστούν και να ενταχθούν στο Σύστημα στις αρχές του έτους 2024. Στόχος είναι η διερεύνηση και η ποσοτικοποίηση της συνεισφοράς των ΥΑΣ (ΔΕΗ και ιδιωτών) στην παροχή υπηρεσιών ευελιξίας που θα διασφαλίσουν την αξιόπιστη και ομαλή λειτουργία του Συστήματος, ιδιαίτερα υπό συνθήκες πολύ υψηλής διείσδυσης μονάδων ΑΠΕ. Σημειώνεται ότι το Σενάριο 2 χρησιμοποιείται ως Σενάριο Αναφοράς για τη σύγκριση με τα Σενάρια 6 έως 9 (τα οποία είναι Σενάρια Ευαισθησίας).
- **Σενάριο 6:** Το σενάριο αυτό διαφοροποιείται από το Σενάριο Αναφοράς (Σενάριο 2) στο ότι γίνεται η παραδοχή της πρόωρης οριστικής απόσυρσης της νέας λιγνιτικής

¹ Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης έγινε η παραδοχή ότι η μονάδα «Πτολεμαΐδα 5» πιθανώς να λειτουργήσει με χρήση διαφορετικού καυσίμου (π.χ. βιομάζα) για την περίοδο 2029-2030, το οποίο θεωρήθηκε ότι δεν μεταβάλλει τον τρόπο λειτουργίας της μονάδας (τεχνικά χαρακτηριστικά, μεταβλητό κόστος λειτουργίας, κ.α.).

μονάδας «Πτολεμαΐδα» στο τέλος του 2028, σύμφωνα με το πρόσφατο πρόγραμμα απολιγνιτοποίησης της χώρας, χωρίς ουσιαστικά να προβλέπεται παράταση λειτουργίας της μονάδας με χρήση εναλλακτικού καυσίμου. Στόχος είναι η διερεύνηση των επιπτώσεων που θα έχει αυτή η στρατηγική στην ικανότητα του Συστήματος παραγωγής να καλύπτει πλήρως τόσο την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας όσο και τις απαιτήσεις ευελιξίας που αυξάνονται συνεχώς λόγω της μεταβολής του ενεργειακού μείγματος με ενίσχυση του μεριδίου έγχυσης από μονάδες ΑΠΕ.

- **Σενάριο 7:** Το σενάριο αυτό διαφοροποιείται από το Σενάριο Αναφοράς (Σενάριο 2) στο ότι η ΔΕΗ προχωράει στην κατασκευή και λειτουργία μίας σύγχρονης μονάδας ΦΑ 660 MW στη θέση των προς απόσυρση λιγνιτικών μονάδων Αμύνταιο 1 και 2 καθώς και μίας όμοιας νέα μονάδας ΦΑ 660 MW στη θέση μίας εκ των προς απόσυρση λιγνιτικών μονάδων του σταθμού Αγ. Δημητρίου. Αναφορικά με τη δεύτερη μονάδα ΦΑ, θεωρείται ότι αυτή θα κατασκευαστεί και θα λειτουργήσει αντί μίας μονάδας ΦΑ που στα υπόλοιπα σενάρια της μελέτης θεωρείται ότι κατασκευάζεται και λειτουργεί από κάποιον ιδιώτη παραγωγό. Στόχος είναι η διερεύνηση της οικονομικής αποδοτικότητας των παραπάνω επενδυτικών κινήσεων για την ΔΕΗ, λαμβάνοντας υπόψη στη σχετική ανάλυση όλες τις πιθανές πηγές εσόδων για την Επιχείρηση από τη λειτουργία των μονάδων αυτών (χονδρική αγορά, αγορά εξισορρόπησης, μηχανισμός ισχύος, τηλεθέρμανση).
- **Σενάριο 8:** Το σενάριο αυτό διαφοροποιείται από το Σενάριο Αναφοράς (Σενάριο 2) στο ότι θεωρείται ότι επιτυγχάνεται παράταση λειτουργίας για δύο από τους πιο σύγχρονους λιγνιτικούς σταθμούς παραγωγής της χώρας, ήτοι του Αγ. Δημητρίου 5 και της Μελίτης, μέχρι 31/12/2030 αντί της πρόωρης απόσυρσής τους στις 31/12/2023. Στόχος είναι η διερεύνηση των επιπτώσεων που θα έχει η παραπάνω παράταση λειτουργίας στους διάφορους δείκτες επάρκειας ισχύος και ευελιξίας του Συστήματος (βελτίωση ή επιδείνωση).
- **Σενάριο 9:** Στο σενάριο αυτό θεωρείται ότι η νέα λιγνιτική μονάδα «Πτολεμαΐδα 5» αναβαθμίζεται μέσω της εγκατάστασης συστήματος μείωσης εκπομπών ρύπων CO₂ ήδη από την αρχή της εμπορικής λειτουργίας της. Στόχος είναι αφενός η διερεύνηση του τρόπου λειτουργίας της μονάδας στα πλαίσια της χονδρικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και της αγοράς εξισορρόπησης, δεδομένης της επίτευξης σημαντικά χαμηλότερου μεταβλητού κόστους και σημαντικά μειωμένων εκπομπών ρύπων CO₂ (το τελευταίο την καθιστά αυτομάτως επιλέξιμη για συμμετοχή σε μελλοντικούς μηχανισμούς αποζημίωσης διαθεσιμότητας ισχύος) και αφετέρου η οικονομική αξιολόγηση της πρόσθετης επένδυσης, ήτοι η ποσοτικοποίηση της θετικής συνεισφοράς μίας τέτοιας επένδυσης στα οικονομικά αποτελέσματα της Επιχείρησης.
- **Σενάριο 10:** Στο σενάριο αυτό θεωρείται ότι η νέα λιγνιτική μονάδα «Πτολεμαΐδα 5» αναβαθμίζεται μέσω της εγκατάστασης συστήματος μείωσης εκπομπών ρύπων CO₂ ήδη από την αρχή της εμπορικής λειτουργίας της και παράλληλα η ΔΕΗ προχωράει στην κατασκευή και λειτουργία μίας σύγχρονης μονάδας ΦΑ 660 MW στη θέση των προς απόσυρση λιγνιτικών μονάδων Αμύνταιο 1 και 2 καθώς και μίας όμοιας νέα μονάδας ΦΑ 660 MW στη θέση μίας εκ των προς απόσυρση λιγνιτικών μονάδων του σταθμού Αγ. Δημητρίου. Αναφορικά με τη δεύτερη μονάδα ΦΑ, θεωρείται ότι αυτή θα

κατασκευαστεί και θα λειτουργήσει αντί μίας μονάδας ΦΑ που στα υπόλοιπα σενάρια της μελέτης θεωρείται ότι κατασκευάζεται και λειτουργεί από κάποιον ιδιώτη παραγωγό. Ουσιαστικά το Σενάριο αυτό αποτελεί συνδυασμό των παραπάνω Σεναρίων 7 και 9, προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση που θα έχει η συνδυαστική υλοποίηση των τριών προαναφερθέντων επενδυτικών σχεδίων αφενός στη λειτουργία των παραπάνω μονάδων στα πλαίσια της χονδρικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και της αγοράς εξισορρόπησης και αφετέρου στα οικονομικά αποτελέσματα της Επιχείρησης.

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει το χρονοδιάγραμμα ένταξης νέων μονάδων και απόσυρσης υφιστάμενων μονάδων που υιοθετήθηκε ως βασικό δεδομένο εισόδου στις προσομοιώσεις της παρούσας μελέτης.

Για τους σκοπούς του προτεινόμενου έργου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό προσομοίωσης “Long-Term Scheduling” (LTSx) του Εργαστηρίου ΣΗΕ του ΑΠΘ. Το λογισμικό αυτό επιλύει το πρόβλημα της μεσο-/μακροπρόθεσμης προσομοίωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας για χρονικό ορίζοντα από ένα μήνα έως αρκετά έτη.

Όνομα Μονάδας	Καύσιμο	Καθαρή Ισχύς [MW]	Έναρξη Εμπορικής Λειτουργίας	Όνομα Μονάδας	Καύσιμο	Καθαρή Ισχύς [MW]	Ημερομηνία Απόσυρσης
Πτολεμαΐδα 5	Λιγνίτης	615	01/11/2021	Αγ. Δημήτριος 1	Λιγνίτης	274	31/12/2022
Νέο CCGT ΜΥΤ	ΦΑ	790	01/07/2022	Αγ. Δημήτριος 2	Λιγνίτης	274	31/12/2022
Νέο CCGT 1 (IPP)	ΦΑ	790	01/01/2024	Αγ. Δημήτριος 3	Λιγνίτης	283	31/12/2022
Νέο CCGT 2 (IPP)	ΦΑ	660	01/07/2024	Αγ. Δημήτριος 4	Λιγνίτης	283	31/12/2022
Νέο CCGT 3 (ΔΕΗ)	ΦΑ	660	01/01/2025	Αγ. Δημήτριος 5	Λιγνίτης	342	31/12/2023
				Καρδιά 3	Λιγνίτης	280	31/12/2021
				Καρδιά 4	Λιγνίτης	280	31/12/2021
				Μεγαλόπολη 3	Λιγνίτης	255	31/12/2022
				Μεγαλόπολη 4	Λιγνίτης	256	31/12/2023
				Αμύνταιο 1	Λιγνίτης	273	30/04/2020
				Αμύνταιο 2	Λιγνίτης	273	30/04/2020
				Μελίτη	Λιγνίτης	289	31/12/2023
Σύνολο		3.515		Σύνολο		3.362	

Λαμβάνοντας υπόψη το πρόγραμμα εμπροσθοβαρούς απολιγνιτοποίησης που έχει περιληφθεί στο εγκεκριμένο ΕΣΕΚ, και σύμφωνα με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων, το ενεργειακό μείγμα παραγωγής του ελληνικού Συστήματος στο χρονικό διάστημα μελέτης έχει προδιαγραφεί να μετασχηματιστεί ραγδαία, καθώς η εμπροσθοβαρής απολιγνιτοποίηση της χώρας οδηγεί σε ραγδαία μείωση της ετήσιας λιγνιτικής παραγωγής κατά 80-90%, από τα επίπεδα των 8-9 TWh ετησίως κατά τα έτη 2020-2022 στα επίπεδα των 1,5-2 TWh ετησίως κατά τα έτη 2028-2030 (βλ. παρακάτω Σχήμα), με την παραδοχή ότι η ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ 5 θα συνεχίσει να λειτουργεί ως λιγνιτική μονάδα και κατά τα έτη 2029-2030. **Η πιθανή επέκταση λειτουργίας των μονάδων Αγ. Δημητρίου 5 και Μελίτης μέχρι το 2030 (βλ. παρακάτω Σχήμα, Σενάριο 8) προφανώς μετριάξει την απότομη μείωση της λιγνιτικής παραγωγής κατά τη τρέχουσα δεκαετία συνεισφέροντας στην επάρκεια ισχύος του Συστήματος με χρήση εγχώριων πηγών ενέργειας, και οδηγεί σε μία ομαλότερη μετάβαση στο νέο ενεργειακό τοπίο, όπου κυρίαρχο ρόλο έχει προβλεφθεί να έχουν οι**

μονάδες ΑΠΕ, το μερίδιο των οποίων έχει προδιαγραφεί να αυξηθεί από τα τρέχοντα επίπεδα του 20% στα επίπεδα του 60% το 2030, βάσει των στόχων που περιλαμβάνονται στο εγκεκριμένο ΕΣΕΚ.

Στο νέο ενεργειακό περιβάλλον, η συνεχώς αυξανόμενη παραγωγή από ευμετάβλητες μονάδες ΑΠΕ (αιολικά, Φ/Β) αναμένεται να αυξήσει σημαντικά τις απαιτήσεις εφεδρειών και διαθεσιμότητας ευέλικτης ισχύος για την εξισορρόπηση του Συστήματος στον πραγματικό χρόνο. Κατάλληλες μονάδες για την παροχή εφεδρειών και υπηρεσιών εξισορρόπησης είναι οι γρήγορες και ευέλικτες μονάδες αερίου, οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί (ΥΗΣ), και οι υδραντλητικοί σταθμοί (ΥΑΣ).

Τα αποτελέσματα της μελέτης αποδεικνύουν ότι δημιουργείται πρόσφορο έδαφος για την εντατικότερη λειτουργία των ΥΑΣ (Σφηκιά, Θησαυρός και νέοι ιδιωτικοί ΥΑΣ), ως αποτέλεσμα των αυξημένων αναγκών εξισορρόπησης του Συστήματος λόγω αφενός της εμπροσθοβαρούς απόσυρσης των λιγνιτικών μονάδων παραγωγής μέχρι το έτος 2023 και αφετέρου της συνεχούς αύξησης των (ευμετάβλητων και αβέβαιων) εγχύσεων από μονάδες ΑΠΕ, ειδικότερα κατά το διάστημα 2024-2030. Προκύπτει επίσης ξεκάθαρα ότι **οι ΥΑΣ της ΔΕΗ παρουσιάζουν υψηλότερο συντελεστή χρησιμοποίησης σε σχέση με τους ιδιωτικούς ΥΑΣ, παρά τη μικρότερη συνολική εγκατεστημένη ισχύ των πρώτων**. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στους μεγαλύτερους κατόντη ταμειωτήρες που διαθέτουν οι ΥΑΣ της ΔΕΗ (ειδικότερα ο ΥΑΣ Θησαυρού) σε σχέση με τους ιδιωτικούς ΥΑΣ. Επίσης, τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων αποδεικνύουν ότι **οι ΥΑΣ της ΔΕΗ παρέχουν ευελιξία στο σύστημα και επιτρέπουν την άντληση (και συνακόλουθα έγχυση) μεγαλύτερου όγκου υδάτων σε καθημερινή βάση, συνεισφέροντας έτσι περισσότερο στην αξιόπιστη και ομαλή λειτουργία του Συστήματος σε σχέση με τους ιδιωτικούς ΥΑΣ**. Επίσης, παρατηρείται ότι όταν η λειτουργία των ΥΑΣ δε γίνεται αποκλειστικά βάσει οικονομικών κριτηρίων αλλά στη βάση επίλυσης προβλημάτων διαχείρισης του ΣΗΕ από τον ΑΔΜΗΕ, όπως π.χ. αποτροπή περικοπών ενέργειας από μονάδες ΑΠΕ, κάλυψη αιχμών φορτίου, συνεισφορά σε εφεδρείες, κτλ., η συνολική ετήσια υδροηλεκτρική παραγωγή και το ετήσιο φορτίο άντλησης είναι σημαντικά αυξημένα, καθώς γίνεται εντατικότερη χρήση των ΥΑΣ για την αντιστάθμιση της μεταβλητότητας παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ και την εξομάλυνση της λειτουργίας του Συστήματος σε πραγματικό χρόνο, όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα (Σενάριο 1). **Ειδικότερα σε συνθήκες πολύ υψηλής διείσδυσης ΑΠΕ οι ΥΑΣ αποδεικνύονται ιδιαίτερα χρήσιμες μονάδες**, καθώς η χρήση τους μεγιστοποιείται σε λειτουργία άντλησης προκειμένου να απορροφηθεί η πλεονάζουσα ενέργεια ΑΠΕ.

Τα οικονομικά αποτελέσματα των ΥΑΣ δείχνουν ότι στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων διαχείρισης του Συστήματος από τον ΑΔΜΗΕ και όχι βάσει οικονομικών κριτηρίων (Σενάριο 1) πετυχαίνουν αισθητά χαμηλότερα μεικτά κέρδη (ακόμη και πιθανές καθαρές ζημιές) σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια, παρά το υψηλότερο φορτίο άντλησης και την υψηλότερη παραγόμενη ενέργεια, καθώς η λειτουργία τους, εν γένει, δεν αποσκοπεί στη μεγιστοποίηση των συνολικών κερδών τους αλλά στην κάλυψη των αναγκών εξισορρόπησης του Συστήματος. Αυτό σημαίνει ότι **εφόσον οι ΥΑΣ λειτουργούν από τον Διαχειριστή του Συστήματος ακόμη και αντιοικονομικά για τις ανάγκες εξισορρόπησης του Συστήματος (όπως π.χ. στο Σενάριο 1), τότε πρέπει να προβλεφθούν από το ρυθμιστικό πλαίσιο περαιτέρω έσοδα για τους σταθμούς αυτούς,**

είτε με τη μορφή αποζημίωσης για την παροχή επικουρικών υπηρεσιών είτε και με τη μορφή εσόδων από το Μόνιμο Μηχανισμό Αποζημίωσης Επάρκειας Ισχύος (ΜΜΑΕΙ).

Οι ΥΑΣ της ΔΕΗ κατά την περίοδο 2020-2023 αποκομίζουν τα υψηλότερα ετήσια μεικτά κέρδη της περιόδου 2020-2030, καθώς λειτουργούν χωρίς ανταγωνισμό από τους ιδιωτικούς ΥΑΣ και παράλληλα συνεισφέρουν στην κάλυψη του ελλείμματος ενέργειας λόγω της πρόωρης απόσυρσης των λιγνιτικών μονάδων. Η ένταξη των ιδιωτικών ΥΑΣ και η ταυτόχρονη λειτουργία των δύο νέων μονάδων ΦΑ το 2024 οδηγεί σε σημαντική μείωση των ετήσιων μεικτών κερδών των ΥΑΣ της ΔΕΗ σε όλα τα σενάρια κατά το διάστημα 2024-2030 καθώς αυξάνεται ο ανταγωνισμός μεταξύ των ευέλικτων μονάδων παραγωγής για την παροχή ευέλικτης ισχύος στο Σύστημα. **Στην περίπτωση που οι ιδιωτικοί ΥΑΣ δεν εντασσόταν στο Σύστημα, τα ετήσια κέρδη των ΥΑΣ της ΔΕΗ θα παρουσίαζαν συνεχή αυξητική τάση μέχρι το 2030.**

Η τιμή αποκλίσεων παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλή εξάρτηση από τη διαθεσιμότητα των ΥΑΣ. Συγκεκριμένα, η μη αξιοποίηση κανενός ΥΑΣ θα οδηγούσε σε υπερβολικά υψηλές τιμές αποκλίσεων, καθώς το Σύστημα θα αναγκαζόταν να καταφύγει σε ιδιαίτερα δαπανηρές λύσεις (π.χ. ενεργοποίηση αεριοστροβιλικών μονάδων με πολύ υψηλό μεταβλητό κόστος) προκειμένου να διασφαλίσει ότι διαθέτει τους απαραίτητους πόρους ισχύος και ευελιξίας για να καλύψει πλήρως τις ανισορροπίες του Συστήματος στον πραγματικό χρόνο. Παρόμοιες πολύ υψηλές τιμές αποκλίσεων στα επίπεδα των 200 €/MWh παρατηρούνται στο διάστημα 2020-2023 στην περίπτωση μη αξιοποίησης των υφιστάμενων ΥΑΣ της ΔΕΗ (Σφηκιά, Θησαυρός). Σημειώνεται ότι η τιμή αποκλίσεων αναμένεται να διαδραματίσει πολύ σημαντικό ρόλο στη λειτουργία των νέων αγορών, καθώς είναι η τιμή στην οποία θα χρεώνονται/πιστώνονται όλες οι αποκλίσεις των Συμμετεχόντων, συμπεριλαμβανομένων των νέων μονάδων ΑΠΕ. Συνεπώς, η εντατική αξιοποίηση των ΥΑΣ της ΔΕΗ κατά την επερχόμενη χρονική περίοδο (και ειδικότερα κατά το διάστημα 2020-2023) θα οδηγήσει σε συγκράτηση των τιμών εκκαθάρισης της αγοράς σε λογικά επίπεδα προς όφελος του Συστήματος και των τελικών καταναλωτών.

Στο πλαίσιο διερεύνησης των επιπτώσεων που θα έχει η εμπροσθοβαρής απολιγνιτοποίηση της χώρας στην ικανότητα του Συστήματος παραγωγής να καλύπτει πλήρως τόσο την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας όσο και τις απαιτήσεις ευελιξίας που αυξάνονται συνεχώς λόγω της μεταβολής του ενεργειακού μείγματος με ενίσχυση του μεριδίου έγχυσης από ευμετάβλητες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), ο υπολογισμός των σχετικών δεικτών επάρκειας ισχύος (LOLE και EUE) και ευελιξίας (IRRE, EURE) αποδεικνύει ότι η περίπτωση εντατικής χρήσης των ΥΑΣ χωρίς αυστηρά οικονομικά κριτήρια αποτελεί τη βέλτιστη επιλογή, καθώς όλοι οι δείκτες αξιοπιστίας παρουσιάζουν τη χαμηλότερη τιμή ανά έτος σε σύγκριση με τα υπόλοιπα σενάρια προσομοίωσης. Αυτό επιβεβαιώνει ότι η συμβολή της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας στην επάρκεια ισχύος αλλά και ευελιξίας είναι ιδιαίτερα σημαντική, ειδικότερα όταν συνδυάζεται με υψηλή διείσδυση στοχαστικών εγχύσεων από μονάδες ΑΠΕ.

Η πιθανή απόσυρση της μονάδας Πτολεμαΐδα 5 στο τέλος του έτους 2028 προκαλεί σημαντική επιδείνωση του δείκτη επάρκειας ισχύος LOLE, ενώ τόσο η πιθανή ένταξη της μονάδας ΦΑ της ΔΕΗ στο Αμόνταιο όσο και η παράταση ζωής των λιγνιτικών μονάδων Αγ. Δημητρίου 5 και Μελίτης μέχρι το 2030 οδηγούν σε βελτίωση του δείκτη LOLE, άρα αποδεικνύεται η συμβολή τους στην επάρκεια ισχύος του Συστήματος .

Αναφορικά με τους δείκτες επάρκειας ευελιξίας (IRRE και EURE), παρατηρείται ότι η **σταδιακή απολιγνιτοποίηση τα χρόνια 2020-2022 προκαλεί σημαντική αύξηση αυτών των δεικτών, το οποίο ερμηνεύεται ως συμβολή των υφιστάμενων λιγνιτικών μονάδων στην επάρκεια ευελιξίας του Συστήματος**. Παρ' όλα αυτά, η παράταση ζωής των πιο σύγχρονων λιγνιτικών μονάδων Αγ. Δημητρίου 5 και Μελίτης μέχρι το 2030, σε συνδυασμό με την υψηλή διείσδυση των ΑΠΕ, οδηγεί σε επιδείνωση των παραπάνω δεικτών αξιοπιστίας κατά το διάστημα 2024-2030. Αυτό αποδεικνύει ότι η **ύπαρξη των λιγνιτικών μονάδων ταυτοχρόνως με υψηλή διείσδυση ΑΠΕ έντονης μεταβλητότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας (όπως π.χ. οι Φ/Β σταθμοί) κρίνεται ως προβληματική για τη διαχείριση του Συστήματος**. Εν γένει, η **ισχυρή διείσδυση των τεχνολογιών ΑΠΕ έντονης μεταβλητότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας αποδεικνύεται σημαντικό πρόβλημα για τον Διαχειριστή του Συστήματος**, καθότι οδηγεί σε:

- i. σημαντική περίσσεια ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας,
- ii. σημαντικά προβλήματα κάλυψης των αιχμών φορτίου και των απαιτήσεων εφεδρειών κατά τη διάρκεια που οι τεχνολογίες αυτές ΑΠΕ δεν παράγουν ηλεκτρική ενέργεια και ειδικότερα κατά τις ώρες της βραδινής αιχμής, και
- iii. σημαντικές περικοπές ΑΠΕ κατά τη διάρκεια της ημέρας ακόμη και με την παρουσία των υδραντλητικών μονάδων (υπάρχουσες ΔΕΗ και νέες μονάδες ιδιωτών).

Η λειτουργία μπαταριών σημαντικής ονομαστικής ισχύος με ορίζοντα το έτος 2030 μπορεί να συμβάλλει στην άμβλυση των ανωτέρω προβλημάτων, αλλά απαιτούνται μηχανισμοί εκτός αγοράς για την κάλυψη του κόστους επένδυσης των μπαταριών αυτών. **Για το μηδενισμό των ανωτέρω προβλημάτων στη διαχείριση του συστήματος και των περικοπών ΑΠΕ απαιτούνται (εκτός των δύο υπαρχόντων υδραντλητικών σταθμών της ΔΕΗ και των τριών νέων υδραντλητικών σταθμών που αναμένεται να κατασκευαστούν) τουλάχιστον 1.650 MW μπαταριών με δυνατότητα αποθήκευσης τετραπλάσιας ενέργειας (συνεχούς αποθήκευσης για 4 ώρες), συνολικού κόστους άνω των 1,15 δις. ευρώ.**

Επιπρόσθετα, στο πλαίσιο διερεύνησης της δυνατότητας ανέγερσης δύο (2) νέων σταθμών ΦΑ συνδυασμένου κύκλου από τη ΔΕΗ στη θέση των προς απόσυρση λιγνιτικών μονάδων του Αμυνταίου και του Αγίου Δημητρίου, αντίστοιχα, προέκυψε ότι η επιλογή των συγκεκριμένων χωροθετήσεων αποτελεί βέλτιστη επιλογή για την Επιχείρηση λόγω της δυνατότητας εκμετάλλευσης/αναβάθμισης υφιστάμενων υποδομών, γειτνίασης με τον αγωγό ΤΑΡ, και μειωμένων χρεώσεις μεταφοράς ΔΕΣΦΑ. Επίσης, τα θετικά οικονομικά μεγέθη αξιολόγησης των δύο επιχειρηματικών σχεδίων

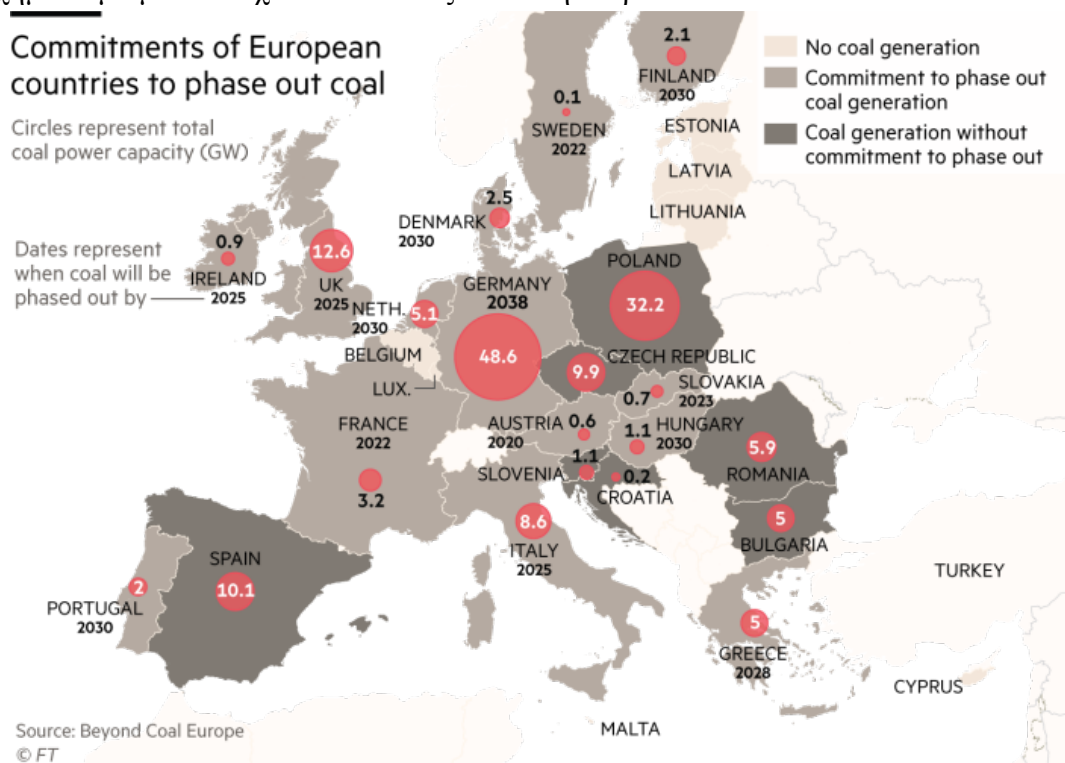
α) NPV=199,7 εκ.€, IRR=11,9%

β) NPV=176,0 εκ.€, IRR=11,1%

αποδεικνύουν ότι η **κατασκευή και λειτουργία των εν λόγω νέων σταθμών CCGT από το 2025 αποτελεί συμφέρουσα επενδυτική επιλογή για την ισχυροποίηση της θέσης της Επιχείρησης στο νέο περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από την εμπροσθοβαρή απολιγνιτοποίηση της χώρας, τη σταθερά αυξανόμενη διείσδυση μονάδων ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα και τη λειτουργία των νέων αγορών ηλεκτρικής ενέργειας, διασφαλίζοντας παράλληλα τη συνέχιση λειτουργίας της τηλεθέρμανσης προς τους γειτονικούς δήμους Αμυνταίου και Κοζάνης.**

Αναφορικά με τη δυνατότητα χρονικής επέκτασης λειτουργίας της μονάδας ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ 5 μετά το 2028 με χρήση λιγνίτη, αρχικά παρουσιάζεται μία επισκόπηση της νέας ενεργειακής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναφορικά με την ενεργειακή μετάβαση και των μέχρι σήμερα δημοσιευμένων πρακτικών απανθρακοποίησης των ευρωπαϊκών χωρών.

Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (European Green Deal) που ανακοινώθηκε στα τέλη του 2019 από την ηγεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) αποτελεί συνέχεια της πρότερης δέσμευσής της για επείγουσα παγκόσμια δράση για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, όπως αυτή είχε αναληφθεί στο πλαίσιο της Συμφωνίας των Παρισίων του 2015. Η νέα Συμφωνία ουσιαστικά αποτελεί τον οδικό χάρτη για τον μετασχηματισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέχρι το 2050 σε μία μοντέρνα, βιώσιμη και κλιματικά ουδέτερη οικονομία, με μηδενισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, κυριαρχία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μεγιστοποίηση της εξοικονόμησης ενέργειας. Προκειμένου δε αυτή η ενεργειακή μετάβαση να διεξαχθεί με τον ομαλότερο και δικαιότερο τρόπο, η ΕΕ θα παράσχει οικονομική στήριξη και τεχνική βοήθεια για να βοηθήσει τους ανθρώπους, τις επιχειρήσεις και τις περιοχές που πλήττονται περισσότερο μέσω του Μηχανισμού Δίκαιης Μετάβασης (Just Transition Mechanism). Ο Μηχανισμός αυτός προβλέπει την ενίσχυση των περιοχών που θα πληγούν περισσότερο από τον ενεργειακό μετασχηματισμό με τουλάχιστον €100 δις. κατά την περίοδο 2021-2027.



Σχήμα 1. Δεσμευτικό χρονοδιάγραμμα απόσυρσης ανθρακικών/λιγνιτικών μονάδων

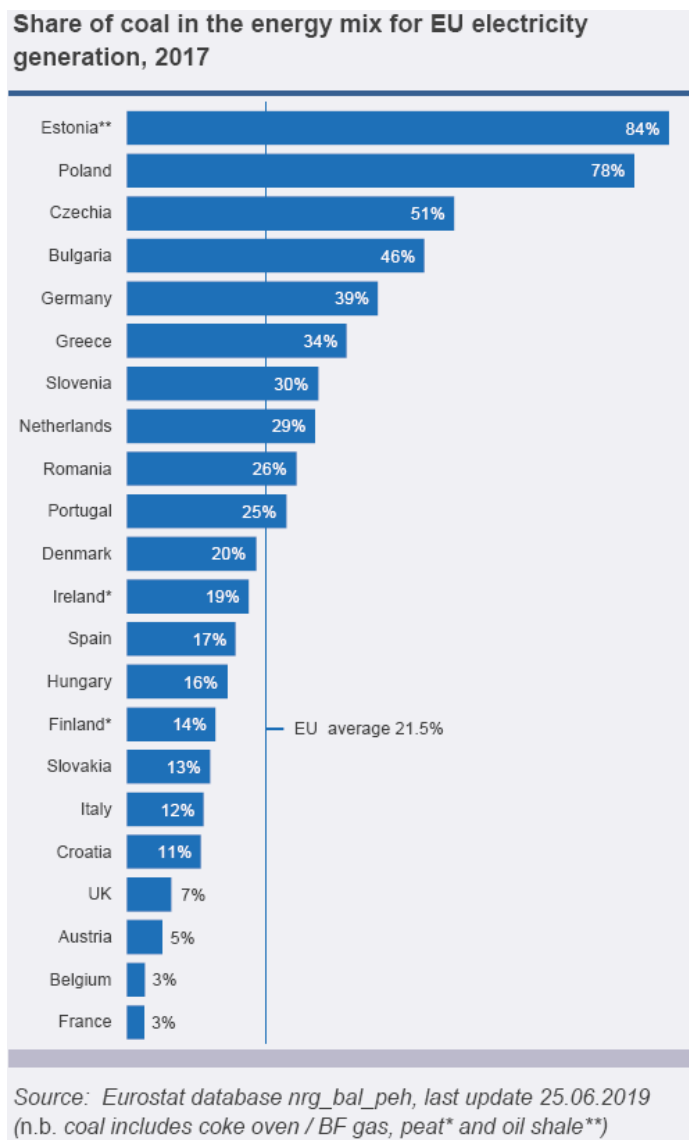
Μεταξύ των βασικών πρωτοβουλιών για την επίτευξη της κλιματικά ουδέτερης οικονομίας το 2050 βρίσκεται η πλήρης απεξάρτηση των ευρωπαϊκών κρατών από τη χρήση άνθρακα/λιγνίτη για ηλεκτροπαραγωγή. Στο πλαίσιο αυτό, ικανός αριθμός ευρωπαϊκών κρατών έχει μέχρι στιγμής ανακοινώσει επίσημα δεσμευτική τελική ημερομηνία απόσυρσης

(end-date) του συνόλου των λιγνιτικών και ανθρακικών μονάδων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1².

Η Ελλάδα έχει δεσμευτεί (μέσω του αναθεωρημένου Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) που υπέβαλλε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή στα τέλη Δεκεμβρίου 2019) για την πλήρη απεξάρτηση από τη λιγνιτική παραγωγή μέχρι το έτος 2028, ενώ προηγουμένως προτίθεται να εφαρμόσει ένα εντατικό και εμπροσθοβαρές πρόγραμμα απόσυρσης των δώδεκα (12) υφιστάμενων λιγνιτικών μονάδων μέχρι το τέλος του έτους 2023. Ουσιαστικά, για την περίοδο 2024-2028 θα βρίσκεται σε λειτουργία μόνο η νέα λιγνιτική μονάδα Πτολεμαΐδα 5, εγκατεστημένης ισχύος 660 MW. Είναι αξιοσημείωτο ότι **το χρονοδιάγραμμα απόσυρσης των υφιστάμενων ελληνικών λιγνιτικών μονάδων προηγείται ουσιαστικά κατά 7 έτη (θεωρώντας ότι το 2023 είναι πρακτικά το έτος-ορόσημο της απεξάρτησης από τη εγχώρια λιγνιτική παραγωγή) σε σχέση με αυτό των περισσότερων προηγμένων ευρωπαϊκών κρατών (βλ. Δανία, Ολλανδία, Ουγγαρία, Φινλανδία, κ.α.).**

Ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται επίσης στο γεγονός ότι χώρες που η ηλεκτροπαραγωγή τους σήμερα βασίζεται σε μεγάλο ποσοστό στη χρήση άνθρακα ή/και λιγνίτη (βλ. Σχήμα 2), είτε έχουν ανακοινώσει πολύ μεταγενέστερη δεσμευτική τελική ημερομηνία πλήρους απόσυρσης των μονάδων αυτών (π.χ. Γερμανία το 2038), είτε δεν έχουν αναλάβει προς το παρόν καμία δέσμευση για απόσυρση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων άνθρακα/λιγνίτη (π.χ. Πολωνία, Τσεχία, Ισπανία, Βουλγαρία, Ρουμανία, Σλοβενία, Κροατία, κ.α.).

² <https://www.ft.com/content/ba190c72-f590-11e9-b018-3ef8794b17c6>



Σχήμα 2. Μερίδιο άνθρακα/λιγνίτη στο μείγμα ηλεκτροπαραγωγής χωρών της ΕΕ ³

Οι βασικοί λόγοι καθυστέρησης της διαδικασίας πλήρους απεξάρτησης από τον άνθρακα είναι ²:

α) τα επαρκή αποθέματα άνθρακα και λιγνίτη που υπάρχουν ακόμη σε πολλά κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε συνδυασμό με την έλλειψη εναλλακτικής εγχώριας πηγής καυσίμου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από συμβατικούς σταθμούς παραγωγής, καθώς το φυσικό αέριο αποτελεί σε πολύ μεγάλο ποσοστό εισαγόμενο καύσιμο για το σύνολο των ευρωπαϊκών κρατών,

β) η βιομηχανία άνθρακα στο σύνολό της (ορυχεία, τροφοδοσία μονάδων, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας) συνεισφέρει στη διατήρηση χιλιάδων θέσεων εργασίας με αμοιβές σημαντικά υψηλότερες του μέσου όρου των χωρών, συνεισφέροντας παράλληλα σημαντικά στα έσοδα των κρατικών προϋπολογισμών μέσω φόρων, εισφορών, κτλ.

γ) οι ανθρακικές/λιγνιτικές μονάδες παραγωγής μπορούν να συνεισφέρουν (σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με τις μονάδες αερίου) στην παροχή εφεδρειών και υπηρεσιών

³ Coal industry across Europe, European Association for Coal and Lignite, 7th Edition, 2020

εξισορρόπησης για την κάλυψη των ανισοροπιών του Συστήματος που οφείλονται στη συνεχώς αυξανόμενη διείσδυση μονάδων ευμετάβλητων ΑΠΕ (αιολικοί και Φ/Β σταθμοί).

Προκειμένου να διαμορφωθεί το πλάνο απανθρακοποίησης και να διερευνηθούν οι πιθανές επιπτώσεις στην οικονομία και την κοινωνία, η Γερμανία προχώρησε στη σύσταση μίας ειδικής Επιτροπής Άνθρακα (Coal Commission), στο πόρισμα της οποίας (Ιανουάριος 2019) καταγράφονται συγκεκριμένες προτάσεις για την ομαλότερη μετάβαση σε ένα «πράσινο» ενεργειακό σύστημα. Οι βασικότερες προτάσεις αφορούν⁴:

α) τη σταδιακή και σε βάθος χρόνου απόσυρση των ανθρακικών και λιγνιτικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής μέχρι το 2038 (με ενδιάμεση αξιολόγηση το 2032 ώστε να διερευνηθεί εάν είναι εφικτό να επισπευσθεί η πλήρης απανθρακοποίηση του ηλεκτρικού συστήματος το 2035, αλλά σε καμία περίπτωση νωρίτερα)

β) την υποστήριξη του μετασχηματισμού των πληγείσων περιοχών με την προώθηση νέων επενδύσεων και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, τον εκσυγχρονισμό των υποδομών ενέργειας και μεταφορών, την ανάπτυξη της έρευνας και της καινοτομίας, κ.α.

γ) τον εκσυγχρονισμό του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας με ένταξη νέων, αποδοτικών και ευέλικτων μονάδων συμπαραγωγής και μονάδων αποθήκευσης, ενώ θα πρέπει παράλληλα να διασφαλιστεί η ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού μέσω θέσπισης κατάλληλων μηχανισμών επάρκειας ισχύος, εφόσον οι υφιστάμενοι μηχανισμοί (χονδρεμπορική αγορά) δεν παρέχει τα κατάλληλα σήματα για την ένταξη νέας απαραίτητης ισχύος παραγωγής στο μέλλον.

δ) στοχευμένες αποζημιώσεις τόσο προς τους τελικούς (βιομηχανικούς και οικιακούς) καταναλωτές οι οποίοι αναμένεται να βρεθούν αντιμέτωποι με αύξηση της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας όσο και προς τους ιδιοκτήτες των ανθρακικών σταθμών παραγωγής ως αντιστάθμιση της πρόωρης απόσυρσής τους από το Σύστημα. Οι τελευταίες αναμένεται να διαμορφωθούν είτε μέσω δημοπρασιών είτε μέσω απευθείας διαπραγματεύσεων με τους ιδιοκτήτες των σταθμών αυτών.

ε) την υποστήριξη των εργαζομένων που απασχολούνται άμεσα στη βιομηχανία άνθρακα, μέσω στοχευμένων παροχών.

στ) τη συνεχή παρακολούθηση της πορείας εξέλιξης της διαδικασίας απανθρακοποίησης, με ενδιάμεσες αναφορές προόδου ανά τριετία (2023, 2026, 2029, 2032).

Παράλληλα με τα παραπάνω μέτρα, ήδη από τον Φεβρουάριο 2018 έχει εγκριθεί από την ΕΕ μηχανισμός διασφάλισης επαρκούς ισχύος για την Γερμανία με τη μορφή στρατηγικών εφεδρειών (strategic reserves). Σύμφωνα με την εγκριτική απόφαση της ΕΕ⁵, ο Διαχειριστής του Συστήματος διενεργεί δημοπρασία ανά διετία για την προμήθεια εφεδρικής παραγωγής εγκατεστημένης ισχύος 2 GW. Οι επιλεγθείσες μονάδες παραγωγής αποσύρονται από την καθημερινή συμμετοχή τους στην χονδρεμπορική αγορά και οφείλουν να τίθενται σε λειτουργία κατόπιν εντολής του Διαχειριστή μόνο σε έκτακτες περιπτώσεις, όπου η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας υπερβαίνει τη διαθέσιμη προσφορά. Με τον τρόπο αυτό, δεν επηρεάζεται η καθημερινή λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, επιτυγχάνεται μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων CO₂ από τις μονάδες παραγωγής και διατηρείται

⁴ Agora Energiewende und Aurora Energy Research (2019): The German Coal Commission. A Roadmap for a Just Transition from Coal to Renewables.

⁵ https://ec.europa.eu/competition/state_aid/cases/269083/269083_1983030_171_2.pdf

συγκεκριμένος αριθμός συμβατικών μονάδων σε εφεδρεία επιτυγχάνοντας διασφάλιση της ενεργειακής επάρκειας.

Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχουν αρκετές ευρωπαϊκές χώρες που προς το παρόν δεν έχουν ανακοινώσει κανένα χρονοδιάγραμμα απανθρακοποίησης του ηλεκτροπαραγωγικού τομέα τους³. Μεταξύ αυτών, η Πολωνία, η οικονομία της οποίας εξαρτάται σε εξαιρετικά μεγάλο βαθμό από τον άνθρακα, όχι μόνο δεν μειώνει την εγκατεστημένη ισχύ ανθρακικών/λιγνιτικών σταθμών αλλά σήμερα βρίσκεται σε φάση κατασκευής πέντε (5) νέων ανθρακικών/λιγνιτικών σταθμών παραγωγής συνολικής ισχύος 4,3 GW, οι οποίοι πρόκειται να αντικαταστήσουν υφιστάμενους γηρασμένους σταθμούς που παρουσιάζουν πολύ υψηλότερους συντελεστές εκπομπών ρύπων CO₂. Σύμφωνα με κυβερνητικές δηλώσεις, αυτοί οι ανθρακικοί/λιγνιτικοί σταθμοί θα αποτελέσουν τους τελευταίους αυτής της τεχνολογίας που πρόκειται να κατασκευαστούν στην Πολωνία. Παρ' όλα αυτά, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανθρακικούς/λιγνιτικούς σταθμούς αναμένεται να διατηρηθεί στα σημερινά επίπεδα μέχρι το 2030.

Παρομοίως, η Βουλγαρία έχει θέσει ως βασική προτεραιότητα στην υπό διαμόρφωση ενεργειακή στρατηγική της μέχρι το 2030 τη διασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και την οικονομική σταθερότητα των εταιρειών του ενεργειακού τομέα. Στο πλαίσιο αυτό και δεδομένου ότι δε διαφαίνεται αξιόπιστη και οικονομικά αποδεκτή εναλλακτική πηγή εφοδιασμού που θα μπορούσε να αντικαταστήσει το λιγνίτη στο άμεσο μέλλον, οποιοδήποτε σχέδιο για μείωση της λιγνιτικής παραγωγής ή/και οριστική απόσυρση λιγνιτικών μονάδων μετατίθεται χρονικά για την περίοδο μετά το 2030 ή οποτεδήποτε τεθεί σε λειτουργία το νέο πυρηνικό εργοστάσιο στο Belene.

Αντίστοιχη είναι η βούληση της Ρουμανίας, η οποία στην ενεργειακή στρατηγική που διαμόρφωσε πρόσφατα (Νοέμβριος 2018) για την περίοδο 2019-2030 με προοπτική μέχρι το 2050 θέτει ως βασική προτεραιότητα τη διατήρηση του τρέχοντος επιπέδου διαφοροποίησης των εγχώριων πρωτογενών πηγών ενέργειας (άνθρακας, λιγνίτης, φυσικό αέριο, πετρέλαιο). Στο πλαίσιο αυτό, σχεδιάζει και κινητροδοτεί την αντικατάσταση μέχρι το 2030 των υφιστάμενων γηρασμένων σταθμών παραγωγής που πλησιάζουν στο τέλος της ωφέλιμης διάρκειας ζωής τους με σύγχρονους, υψηλής απόδοσης και χαμηλών εκπομπών συμβατικούς σταθμούς παραγωγής.

Σε ανάλογους ρυθμούς διατήρησης των εγχώριων ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, λιγνίτης) κινείται η Τσεχία, η οποία έχει ήδη εμπλακεί σε ένα εκτεταμένο πρόγραμμα αναβάθμισης και εκσυγχρονισμού ανθρακικών μονάδων στη Βόρεια Βοημία, επιτυγχάνοντας αφενός να μειωθούν σημαντικά οι εκπομπές ρύπων CO₂ και αφετέρου να επεκταθεί η ωφέλιμη διάρκεια ζωής των μονάδων αυτών μετά το 2030.

Ενώ τα βασικά στοιχεία της ενεργειακής πολιτικής της Σλοβενίας είναι ευθυγραμμισμένα με τις βασικές προτεραιότητες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενέργεια και το κλίμα (αύξηση της διεύθυνσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αύξηση της ενεργειακής απόδοσης) στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής η χώρα αναμένεται να προχωρήσει σε μερική μόνο αντικατάσταση της ανθρακικής/λιγνιτικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλεκτρική ενέργεια προερχόμενη από ανανεώσιμες πηγές. Σε μακροχρόνιο ορίζοντα, το λιγνιτωρυχείο Premogovnik Velenje (το οποίο συγκαταλέγεται μεταξύ των μεγαλύτερων και πιο σύγχρονων υπόγειων ορυχείων στην Ευρώπη) αναμένεται να συνεχίσει τη λειτουργία του και την τροφοδοσία συνοδών λιγνιτικών σταθμών μέχρι το 2054, στο πλαίσιο διατήρησης

ενός καλά ισορροπημένου ενεργειακού μείγματος που θα διασφαλίζει την ενεργειακή ασφάλεια της χώρας. Άλλωστε, πρόσφατα (2015) η κρατική εταιρεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας (HSE) προχώρησε στην κατασκευή ενός υπερσύγχρονου θερμικού σταθμού παραγωγής απόδοσης 43%, επιτυγχάνοντας αφενός την αντικατάσταση παλαιότερων σταθμών παραγωγής με ταυτόχρονη μείωση των εκπομπών ρύπων CO₂ κατά 35%, και αφετέρου σταθεροποίηση των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας με βελτιωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, παρά την αυξανόμενη ζήτηση.

Βάσει των παραπάνω, προκύπτει ξεκάθαρα ότι η πρόσφατη απόφαση της Ελληνικής Πολιτείας να ενταχθεί μεταξύ των 4-5 ευρωπαϊκών κρατών (βλ. Σχήμα 1) αναφορικά με την ταχύτητα οριστικής απόσυρσης των εγχώριων ανθρακικών/λιγνιτικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής κρίνεται ως αδικαιολόγητη, λαμβάνοντας υπόψη τη βαρύτητα και τη μελλοντική δυνητική συνεισφορά της εγχώριας λιγνιτικής παραγωγής στη διαμόρφωση ενός διαφοροποιημένου ενεργειακού μείγματος που θα ενισχύει την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού της χώρας. Δεδομένου ότι σήμερα δεν υφίσταται ενωσιακό ρυθμιστικό πλαίσιο που να υποχρεώνει τα κράτη-μέλη σε άμεση και πλήρη απανθρακοποίηση της ηλεκτροπαραγωγής (όπως άλλωστε τεκμηριώνεται από την παραπάνω ανάλυση), η αναγκαιότητα παράτασης της διαδικασίας πλήρους απολιγνιτοποίησης της Ελλάδας μέχρι το 2030 ή και αργότερα ενισχύεται από το ότι η πιθανή καθυστέρηση ή ματαίωση κατασκευής και λειτουργίας των νέων μονάδων φυσικού αερίου συνδυασμένου κύκλου που αναμένεται να ενταχθούν στο ελληνικό Σύστημα μέχρι το έτος 2024 σε συνδυασμό με την πιθανή επικράτηση ηπιότερου ρυθμού ένταξης νέων μονάδων ΑΠΕ, θα οδηγούσε σε σημαντική επιδείνωση των δεικτών επάρκειας ισχύος, θέτοντας σε κίνδυνο την επάρκεια ισχύος του ελληνικού Συστήματος επί μακρόν. Στην περίπτωση που αποφασιστεί η εν λόγω παράταση, προκειμένου να αποτραπεί η ζημιογόνα λειτουργία των λιγνιτικών μονάδων παραγωγής δεδομένης της εντεινόμενης υποαποζημίωσης των συμβατικών μονάδων παραγωγής μέσω της χονδρεμπορικής αγοράς (missing money problem) κυρίως λόγω της μεγάλης μείωσης της Οριακής Τιμής Συστήματος (ΟΤΣ) που προκαλούν οι εγχύσεις από μονάδες ΑΠΕ, είναι απαραίτητο να λειτουργήσουν μηχανισμοί πλήρους κάλυψης του κόστους παραγωγής σε συνδυασμό με πληρωμές μέσω του μόνιμου μηχανισμού ισχύος (σε ισχύ μέχρι το 2025 για τις υφιστάμενες λιγνιτικές μονάδες, βάσει των διατάξεων του προσφάτως εγκεκριμένου Ευρωπαϊκού Κανονισμού 2019/943 σχετικά με την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας). Η θέσπιση ενός μηχανισμού διασφάλισης επαρκούς ισχύος με τη μορφή στρατηγικών εφεδρειών στα πρότυπα του Γερμανικού μηχανισμού, όπου θα μπορούσαν να συμμετέχουν οι υπό απόσυρση λιγνιτικές μονάδες θα αποτελούσε εναλλακτική ισοδύναμη λύση, η οποία θα συνεισέφερε σημαντικά στη διασφάλιση της επάρκειας ηλεκτρικής ενέργειας με παράλληλη αποφυγή αφενός της καθημερινής ζημιογόνας λειτουργίας των εν λόγω λιγνιτικών μονάδων και αφετέρου της αυξημένης περιβαλλοντικής επιβάρυνσης. Προκειμένου δε να ελαχιστοποιηθεί η επιβάρυνση των τελικών καταναλωτών, οι αναγκαίοι πόροι για τη χρηματοδότηση ενός τέτοιου μηχανισμού επάρκειας ισχύος θα μπορούσαν ιδανικά να προέλθουν από τον προαναφερθέντα Μηχανισμό Δίκαιης Μετάβασης (Just Transition Mechanism), ενισχύοντας με τον τρόπο αυτό έμπρακτα τις περιοχές Δυτικής Μακεδονίας και Μεγαλόπολης που αναμένεται ότι θα πληγούν ανεπανόρθωτα από την επιδιωκόμενη ενεργειακή μετάβαση.

Στην περίπτωση που δεν καταστεί εφικτή η περαιτέρω χρονική παράταση λειτουργίας των υφιστάμενων λιγνιτικών μονάδων ή/και της νέας λιγνιτικής μονάδας «Πτολεμαΐδα 5» μετά το 2028, εξετάστηκε η **δυνατότητα αναβάθμισης της νέας λιγνιτικής μονάδας «Πτολεμαΐδα 5» ώστε να εξοπλιστεί με σύστημα μείωσης εκπομπών CO₂**. Τα κύρια οφέλη από την εν λόγω αναβάθμιση είναι:

- (α) σημαντική μείωση του συντελεστή εκπομπών ρύπων CO₂ από 1,05 σε 0,37 tn CO₂/MWh,
- (β) σημαντική μείωση του συνολικού μεταβλητού κόστους της μονάδας που θα της παρέχει σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα κατά τη συμμετοχή της στις νέες αγορές ηλεκτρικής ενέργειας, και
- (γ) εξασφαλισμένη συμμετοχή σε μηχανισμούς αποζημίωσης διαθεσιμότητας ισχύος (capacity markets), επιτυγχάνοντας σημαντικά πρόσθετα ετήσια έσοδα.

Στα πλαίσια της οικονομικής αξιολόγησης προέκυψε ξεκάθαρα ότι **η αναβάθμιση της λιγνιτικής μονάδας με εγκατάσταση συστήματος μείωσης εκπομπών CO₂ αποτελεί ιδιαίτερα συμφέρουσα επενδυτική επιλογή για την Επιχείρηση, καθώς βελτιώνει σε πολύ μεγάλο βαθμό τις μελλοντικές ταμειακές ροές της μονάδας παραγωγής** ακόμη και στην περίπτωση που το πρόσθετο κόστος επένδυσης της θεωρούμενης αναβάθμισης ξεπερνάει τα 1,5 δις €. Συνεπώς, **κρίνεται επιτακτική η υλοποίηση της θεωρούμενης αναβάθμισης προκειμένου αφενός να παραταθεί σημαντικά ο χρόνος λειτουργίας επιτυγχάνοντας παράλληλα σαφώς βελτιωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα και αφετέρου να βελτιωθούν σημαντικά τα οικονομικά αποτελέσματα της εν λόγω λιγνιτικής μονάδας παραγωγής**. Επίσης, η αναβάθμιση αυτή θα οδηγήσει σε λειτουργία της μονάδας με λιγνίτη χωρίς χρονικό περιορισμό.

Επιπρόσθετα της παραπάνω αξιολόγησης, στην περίπτωση κατά την οποία η νέα λιγνιτική μονάδα «Πτολεμαΐδα 5» αναβαθμίζεται μέσω της εγκατάστασης συστήματος μείωσης εκπομπών ρύπων CO₂ ήδη από την αρχή της εμπορικής λειτουργίας της και παράλληλα η ΔΕΗ προχωράει στην κατασκευή και λειτουργία μίας σύγχρονης μονάδας ΦΑ 660 MW στη θέση των προς απόσυρση λιγνιτικών μονάδων Αμύνταιο 1 και 2 καθώς και μίας όμοιας νέα μονάδας ΦΑ 660 MW στη θέση μίας εκ των προς απόσυρση λιγνιτικών μονάδων του σταθμού Αγ. Δημητρίου (Σενάριο 10) προκύπτει ότι η συνδυαστική θεώρηση των παραπάνω τριών επενδυτικών κινήσεων οδηγεί σε:

- α) μεγαλύτερη Καθαρή Παρούσα Αξία για το σύνολο των επενδύσεων, αλλά
- β) μειωμένη απόδοση στα συνολικά οικονομικά αποτελέσματα της Επιχείρησης για κάθε επένδυση ξεχωριστά, σε σχέση με την περίπτωση υλοποίησης μόνο μίας από τις δύο επενδύσεις (δηλαδή μόνο η αναβάθμιση της Πτολεμαΐδας 5 ή η κατασκευή των δύο μονάδων ΦΑ στο Αμύνταιο και στον Αγ. Δημήτριο).

Σε κάθε περίπτωση, **το βέλτιστο σενάριο για την επιχείρηση είναι η υλοποίηση και των τριών επενδύσεων**.

Συμπερασματικά, κεντρικός στόχος της παρούσας μελέτης είναι η καταγραφή και η ανάλυση του συνόλου των προκλήσεων που αναμένεται να αντιμετωπίσει η ΔΕΗ στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εντός της τρέχουσας δεκαετίας, λαμβάνοντας υπόψη αφενός τις προβλέψεις του αναθεωρημένου Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα

και αφετέρου τις νέες συνθήκες που δημιουργούνται παγκοσμίως σε πολιτικό και τεχνολογικό επίπεδο, όπως είναι η αναμενόμενη σταδιακή αύξηση του κόστους εκπομπών ρύπων CO₂, η ένταξη νέων μονάδων φυσικού αερίου, η ραγδαία αύξηση εγκατεστημένης ισχύος και ταυτόχρονη μείωση του κόστους εγκατάστασης μονάδων ΑΠΕ – κυρίως αιολικών και Φ/Β σταθμών-, η εκτεταμένη χρήση αντλητικών σταθμών και λοιπών μονάδων αποθήκευσης για την ημερήσια διαχείριση του προφίλ παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ (κυρίως Φ/Β), κ.α.

Στο νέο περιβάλλον της ενεργειακής μετάβασης, η ΔΕΗ έχει τη δυνατότητα να διαδραματίσει καίριο ρόλο διαμορφώνοντας σε μεγάλο βαθμό το εγχώριο μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των επόμενων ετών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με:

- α) ενίσχυση της παρουσίας της Επιχείρησης στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες ΑΠΕ, οι οποίες ιδανικά θα μπορούσαν να εγκατασταθούν στις περιοχές της Δυτικής Μακεδονίας και της Μεγαλόπολης που πλήττονται περισσότερο από την προωθούμενη απολιγνιτοποίηση. Στο πλαίσιο αυτό, προτείνεται η εγκατάσταση και λειτουργία καινοτόμων υβριδικών συστημάτων παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. σύστημα Φ/Β σταθμών και μπαταριών), η χρηματοδότηση των οποίων θα μπορούσε να προέλθει από ευρωπαϊκά προγράμματα, από την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων ή/και μέσω του ευρωπαϊκού Μηχανισμού Δίκαιης Μετάβασης. Δεδομένου ότι τα συστήματα αυτά θα έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν εγγυημένη ισχύ ανά πάσα χρονική στιγμή θα μπορούν δυνητικά να συμμετέχουν σε μελλοντικούς μηχανισμούς αποζημίωσης διαθεσιμότητας ισχύος μεγιστοποιώντας τα αναμενόμενα έσοδά τους.
- β) τη συστηματική αξιοποίηση των υποδομών αντλησιοταμίευσης που διαθέτει η Επιχείρηση (και οι οποίες σήμερα λειτουργούν λίγες ώρες το χρόνο) στο πλαίσιο των νέων αγορών ηλεκτρικής ενέργειας. Η αξιοπιστία και η πολύ γρήγορη απόκριση των συστημάτων αυτών αναμένεται να καταστεί απαραίτητη στο νέο περιβάλλον που διαμορφώνεται με τη μεγάλη αύξηση του μεριδίου συμμετοχής των ευμετάβλητων μονάδων ΑΠΕ σε συνδυασμό με τη ωρίμανση λειτουργίας της νέας αγοράς εξισορρόπησης ισχύος και ενέργειας (Balancing Market) στην οποία θα αμείβεται η παροχή υπηρεσιών εξισορρόπησης από τις αντίστοιχες οντότητες της αγοράς.
- γ) την κατασκευή και λειτουργία σύγχρονων μονάδων ΦΑ συνδυασμένου κύκλου (CCGT) στη θέση των προς απόσυρση λιγνιτικών μονάδων παραγωγής στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας. Η επιλογή της συγκεκριμένης χωροθέτησης αποτελεί βέλτιστη επιλογή για την Επιχείρηση, λόγω της δυνατότητας εκμετάλλευσης/αναβάθμισης υφιστάμενων υποδομών, γειτνίασης με τον αγωγό μεταφοράς φυσικού αερίου TAP, και μειωμένων χρεώσεων μεταφοράς ΔΕΣΦΑ. Αυτά αναμένεται να προσδώσουν συγκριτικό πλεονέκτημα στις μονάδες αυτές έναντι πιθανών νέων ιδιωτικών μονάδων παραγωγής στο πλαίσιο συμμετοχής τους στις νέες αγορές, διασφαλίζοντας παράλληλα τη συνέχιση λειτουργίας της τηλεθέρμανσης (η οποία παρέχεται σήμερα από λιγνιτικές μονάδες που πρόκειται να αποσυρθούν) στους γειτονικούς δήμους.
- δ) την αναβάθμιση της νέας λιγνιτικής μονάδας «Πτολεμαΐδα 5» με εγκαταστάσεις μείωσης των εκπομπών CO₂. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων αποδεικνύουν ότι η αναβάθμιση αυτή αποτελεί ιδιαίτερα συμφέρουσα επενδυτική επιλογή για την Επιχείρηση, καθώς βελτιώνει σε πολύ μεγάλο βαθμό τις μελλοντικές ταμειακές ροές της μονάδας

παραγωγής. Συνεπώς κρίνεται επιτακτική η υλοποίηση της θεωρούμενης αναβάθμισης προκειμένου αφενός να επιτευχθεί βελτιωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα και αφετέρου να βελτιωθούν σημαντικά τα οικονομικά αποτελέσματα της λιγνιτικής μονάδας παραγωγής. Επίσης, η αναβάθμιση αυτή θα οδηγήσει σε λειτουργία της μονάδας με καύσιμο λιγνίτη χωρίς χρονικό περιορισμό, διασφαλίζοντας παράλληλα την απρόσκοπτη συνέχιση λειτουργίας αρκετών ορυχείων λιγνίτη στην περιοχή Δυτικής Μακεδονίας για την τροφοδοσία της.

Βασική προτεραιότητα της Επιχείρησης θα πρέπει να είναι η έγκαιρη προσαρμογή στις νέες συνθήκες που διαμορφώνονται στο ενεργειακό τοπίο και η άμεση ανάληψη σχετικών πρωτοβουλιών, προκειμένου να μπορέσει να προχωρήσει άμεσα στην ανάπτυξη και λειτουργία καινοτόμων ενεργειακών έργων προς όφελος της Επιχείρησης, των τοπικών κοινωνιών και της εθνικής οικονομίας.