cigre Greece
National Committee of Greece

Πυλώνες 3 Pylons

Ηλεκτρονικό Περιοδικό
Ελληνικής Επιτροπής CIGRE

e-Magazine
CIGRE Greece NC

ΑΦΙΕΡΩΜΑ

Πράσινη Ενεργειακή Μετάβαση

SPECIAL ISSUE

Green Energy Transition

Μάρτιος 2023

March 2023

Πρόεδρος ΔΣ Ε.Ε. CIGRE
Γιάννης Καμπούρης

Συντακτική Ομάδα Περιοδικού “Πυλώνες”
Κώστας Βουρνάς
Συντονιστής

Θάνος Κορωνίδης • Γιώργος Γεωργαντζής

Σύνδεσμος με ΔΣ
Μάρκος Χαμπάκης

Επιμέλεια Έκδοσης
Χαράλαμπος Πήτας • Γεώργιος Τσιρόπουλος

CIGRE Greece NC BoD Chairman
Yannis Kampouris

“Pylons” Magazine Editors’ Team
Costas Vournas
Editor in Chief

Thanos Koronides • George Georgantzis

BoD Contact Person
Markos Champakis

Editing - Publishing
Charalampos Pitas • Georgios Tsiropoulos

cigre
Greece

Πίνακας Περιεχομένων Contents

Σημείωμα Έκδοσης

Editorial

Αφιέρωμα: Πράσινη Ενεργειακή Μετάβαση

Special Issue: Green Energy Transition

Δ. Λάλας: ***Η Κλιματική Αλλαγή, ο Δρόμος προς την Αποανθρακοποίηση και ο Ρόλος της Ηλεκτρικής Ενέργειας***

Μ. Καρυστιανός, Γ. Καμπούρης: ***Τα ηλεκτρικά συστήματα στο δρόμο της Ενεργειακής Μετάβασης***

Σ. Παπαθανασίου: ***Η Αποθήκευση Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα: Τρέχουσα Κατάσταση και Προοπτικές***

Γ. Καμπούρης, Β. Ζιώγας: ***Λειτουργώντας με μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ: Από τη σκοπιά του Διαχειριστή Συστήματος***

Ι. Χατζηβασιλειάδης: ***Οι ΑΠΕ στο Ελληνικό Ηλεκτρικό Σύστημα: Παρελθόν, Παρόν και Μέλλον***

Ηλεκτροκίνηση: Οφέλη και Προκλήσεις

Γ. Τσιρόπουλος, Χ. Διαμαντίδης: ***Ηλεκτροκίνηση: Προοπτικές, Δίκτυα και Συνδεσιμότητα***

ΜΟΝΙΜΕΣ ΣΤΗΛΕΣ

Αναδρομές Flash back

του Γιώργου Γεωργαντζή

Τα έντυπα της Ελληνικής Επιτροπής CIGRE

Από τη ζωή της ΕΕ CIGRE CIGRE Greece NC News

Συμμετοχή της ΕΕ Cigre σε Διεθνείς Συναντήσεις *των Χ. Πήτα και Μ. Χαμπάκη*

Συμμετοχή της ΕΕ Cigre στο Joint MB & TAC Meeting και SEERC Colloquium 2022, 30 Μαΐου – 1 Ιουνίου 2022, Βιέννη Αυστρίας

Συμμετοχή στη Σύνοδο 2022 της Διεθνούς CIGRE 28 Αυγούστου – 2 Σεπτεμβρίου 2022, Παρίσι, Γαλλία

Συμμετοχή της ΕΕ Cigre στο SEERC Joint MB&TAC Meeting στις 31 Αυγούστου 2022 στο Παρίσι, Γαλλία

Συμμετοχή της ΕΕ Cigre στο Διεθνές Συμπόσιο της CIGRE στις 6 – 8 Μαρτίου 2023 στη Μουσκάτ, Ομάν

Συμμετοχή της ΕΕ Cigre στο SEERC TAC Meeting στις 15 – 16 Μαρτίου 2023 στην Άγκυρα, Τουρκία

31η Σύνοδος ΕΕ CIGRE "ΑΘΗΝΑ 2022" *των Χ. Πήτα, Χρ. Σιαμίδου και Δ. Ζιώγα*

CIGRE NC GREECE Next Generation Network *των Χρ-Σπ. Καραβά και Β. Λακιώτη*

Ετήσια ΓΣ και Αρχαιρεσίες ΕΕ CIGRE 2023-2024 *των Χ. Πήτα και Γ. Τσιρόπουλου*

Φιλοξενία CIGRE Steering Committee & Technical Council Meeting στην Αθήνα *των Χρ. Σιαμίδου και Δ. Ζιώγα*

Η ΕΕ CIGRE στο LinkedIn, *της Χρ. Σιαμίδου*

In memoriam: Κώστας Μακρυκώστας

Είδαμε … Διαβάσαμε Exhibition and Book Reviews

"This current between us" Έκθεση στον παλιό ατμοηλεκτρικό σταθμό της ΔΕΗ

"Μισός Αιώνας ΑΠΕ στην Ελλάδα" του Ι. Σ. Χατζηβασιλειάδη

Σημείωμα Έκδοσης

Πυλώνες, Τεύχος 3 *όχι ακριβώς στην ώρα του*

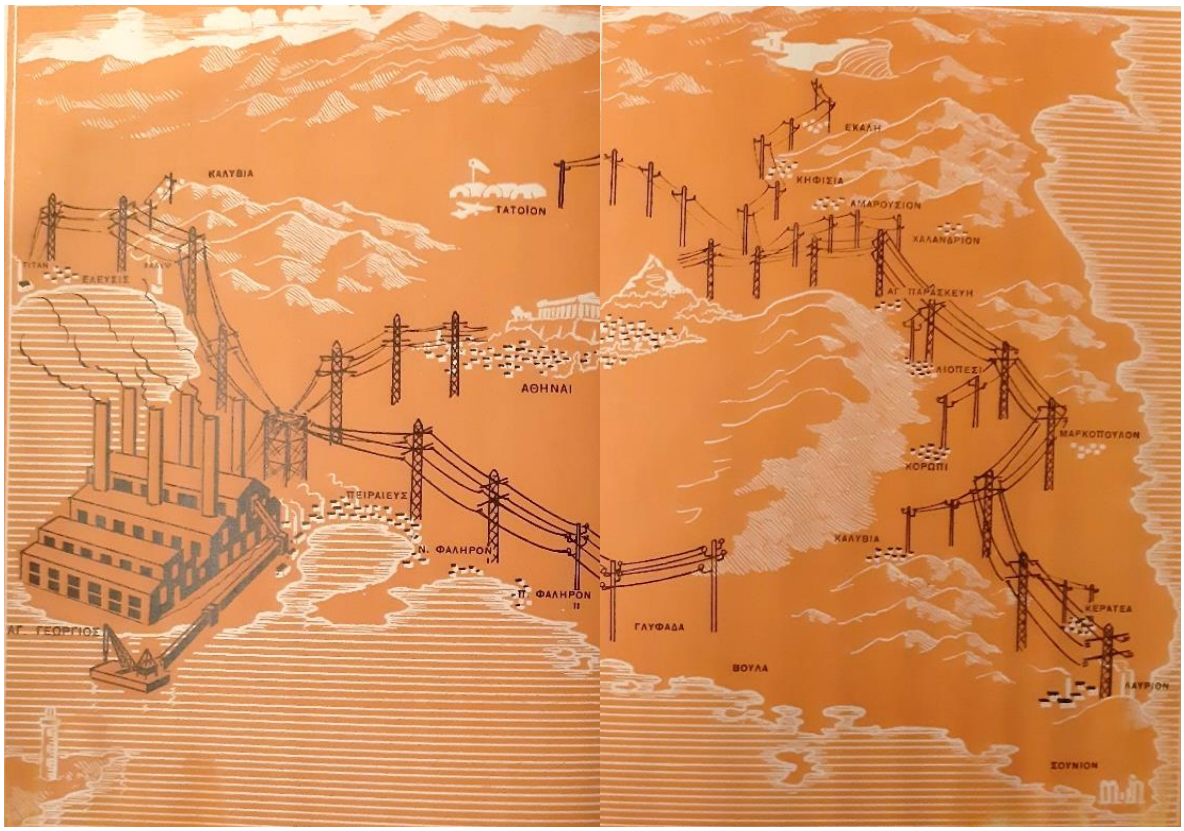
Το τρίτο τεύχος των Πυλώνων είναι εδώ, έστω και αν έρχεται με καθυστέρηση ως προς τον στόχο της εξαμηνιαίας έκδοσης που είχαμε προαναγγείλει. Ας ελπίσουμε να είμαστε περισσότερο ακριβείς στα επόμενα ραντεβού με τους αναγνώστες μας κάθε Φθινόπωρο και Άνοιξη. Τουλάχιστον θα το προσπαθήσουμε…

Στο σημερινό λοιπόν τρίτο τεύχος το Αφιέρωμα των Πυλώνων είναι στην **Ενεργειακή Πράσινη Μετάβαση**. Μια μετάβασή που δεν είναι επιλογή, αλλά αναγκαιότητα: είναι ο μόνος διαθέσιμος δρόμος για να συγκρατηθεί η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή που απειλεί το μέλλον του πλανήτη. Ο μόνος δρόμος που συνίσταται στον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου, ώστε να περιοριστεί η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης σε αντιμετωπίσιμα επίπεδα. Το άρθρο του κ. Δημήτρη Λάλα που φιλοξενείται πρώτο στο Αφιέρωμα: **η Κλιματική Αλλαγή, ο Δρόμος προς την Από-ανθρακοποίηση και ο Ρόλος της Ηλεκτρικής Ενέργειας** εισάγει το θέμα με τον καλύτερο τρόπο και δείχνει πώς και γιατί ο τομέας του Ηλεκτρισμού έχει κεντρικό ρόλο σε αυτή τη μετάβαση. Ο ρόλος αυτός γίνεται ακόμη πιο συγκεκριμένος στο κείμενο των ακολουθεί για τα **Ηλεκτρικά συστήματα στο δρόμο της Ενεργειακής Μετάβασης** που περιγράφει τις προκλήσεις που η Ενεργειακή Μετάβαση εισάγει για τα ηλεκτρικά δίκτυα. Ένα από τα πρώτα πράγματα που διδασκόμαστε μέχρι τώρα για την ηλεκτρική ενέργεια είναι ότι αυτή παράγεται τη στιγμή που χρησιμοποιείται γιατί δεν είναι εύκολο να αποθηκευτεί. Την πραγματικότητα αυτή έρχεται ωστόσο να αλλάξει υποχρεωτικά η Ενεργειακή Μετάβαση. Το πώς αντιμετωπίζεται η νέα αυτή κατάσταση στη χώρα μας, περιγράφεται παραστατικά στο άρθρο που ακολουθεί για την **Αποθήκευση Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα: Τρέχουσα Κατάσταση και Προοπτικές**.

Όπως είδαμε ήδη, η μεγάλη διείσδυση μεταβλητών ανανεώσιμων πηγών που συνεπάγεται η Πράσινη Ενεργειακή Μετάβαση αλλάζει δραματικά τον τρόπο προσαρμογής του ισοζυγίου παραγωγής και κατανάλωσης και άρα την καθημερινή λειτουργία των συστημάτων μεταφοράς και διανομής. Ενδεικτικό και εξαιρετικά κατατοπιστικό για τις νέες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν ήδη από σήμερα τα Κέντρα Ελέγχου στο επίπεδο του Συστήματος Μεταφοράς είναι το κείμενο του σημερινού μας αφιερώματος **Λειτουργώντας με μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ: από τη σκοπιά του Διαχειριστή Συστήματος**. Όμως η διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών στην ηλεκτροπαραγωγή όχι μόνο έχει ένα λαμπρό μέλλον, αλλά ήδη μια μακρά ιστορία στην Ελλάδα, θέματα τα οποία φωτίζει το άρθρο του κ. Ιωάννη Χατζηβασιλειάδη **οι ΑΠΕ στο Ελληνικό Ηλεκτρικό Σύστημα: Παρελθόν, Παρόν και Μέλλον**.

Το σημερινό αφιέρωμα δεν επαρκεί για να καλύψει μια ακόμη πτυχή της ενεργειακής μετάβασης, την **Ηλεκτροκίνηση** σε όλα τα είδη μεταφορών με τα **Οφέλη** αλλά και τις **Προκλήσεις** που συνεπάγεται. Τα θέματα αυτά θα επιχειρήσουμε να καλύψουμε σε μελλοντικό αφιέρωμα των Πυλώνων. Στο σημερινό τεύχος περιλαμβάνουμε ως μικρή εισαγωγή το κείμενο **Ηλεκτροκίνηση: Προοπτικές, Δίκτυα και Συνδεσιμότητα** και θα επανέλθουμε…

Όπως πάντα το Αφιέρωμα του τεύχους ακολουθούν οι μόνιμες περιοδικές στήλες των Πυλώνων, αρχίζοντας με τις **Αναδρομές** που σε αυτό το τεύχος αναφέρονται στα **έντυπα της Ελληνικής Επιτροπής CIGRE.** Η επόμενη μόνιμη στήλη **Από τη ζωή της ΕΕ CIGRE** είναι σε αυτό το τεύχος ιδιαίτερα πλούσια περιλαμβάνοντας όχι μόνο τις συμμετοχές της Ελληνικής Επιτροπής σε διεθνείς διοργανώσεις αλλά και όλες τις εκδηλώσεις που οργάνωσε και φιλοξένησε πρόσφατα στην Αθήνα, ακόμη και λίγα λόγια αποχαιρετισμού στη μνήμη του συναδέλφου Κ. Μακρυκώστα.



Στο τέλος του τεύχους εισάγουμε μια ακόμη περιοδική στήλη **Είδαμε … Διαβάσαμε** όπου δημοσιεύουμε παρουσιάσεις και κριτικές εκθέσεων και βιβλίων που άπτονται των ενδιαφερόντων της CIGRE. Σε αυτό το τεύχος παρουσιάζουμε την εκπληκτική έκθεση **This Current between us** που διοργανώθηκε στον παλιό ΑΗΣ Φαλήρου της ΔΕΗ (απ' όπου και η φωτογραφία από το πρώτο ηλεκτρικό δίκτυο στην περιοχή της Αθήνας. Παρουσιάζεται επίσης το βιβλίο του Ι. Χατζηβασιλειάδη **Μισός Αιώνας ΑΠΕ στην Ελλάδα**.

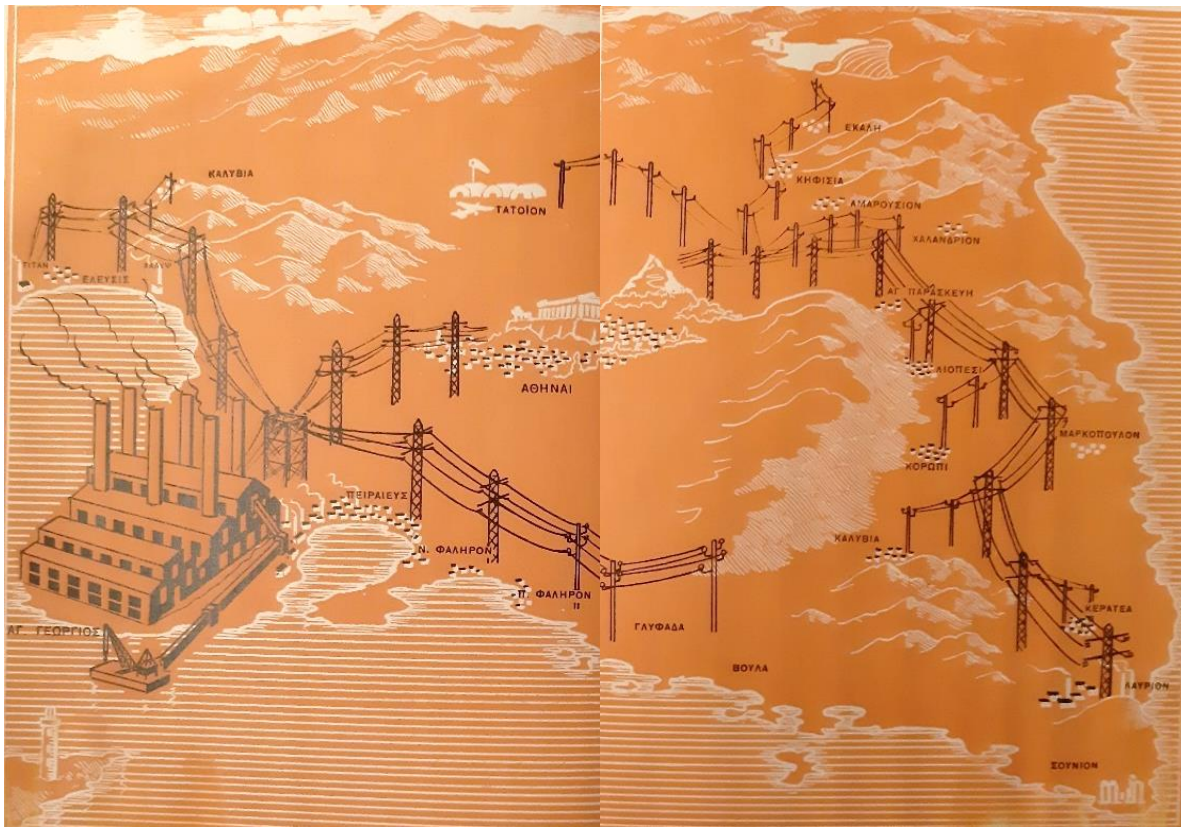
Καλή Ανάγνωση!
Οι Πυλώνες

Editorial

Pylons, Issue 3 *...not exactly on time*

The third issue of **Pylons** is here, even with a delay with respect to the bi-annual target we have initially set. We hope to be more punctual in the future so that we are consistent with our appointment with our readers every Fall and Spring… We note that we wish Pylons to be a bilingual e–magazine and we welcome contributions in English (as in the 1st and 2nd issue), nevertheless articles in Greek are not translated. Interested readers can contact us, or the authors, to obtain relevant literature in English.

In this issue the special topic is **Green Energy Transition**. A transition that is not an option, but a necessity so that the present climate crisis is kept in control by limiting greenhouse gas emissions. The first article in our special issue highlights this fact: **Climate Change, the Road to Decarbonization, and the Role of Electric Energy**. The latter becomes even more prominent in our second paper on **Electrical Systems on the Way towards the Energy Transition**, where the challenges faced by electricity networks are described. One of the first facts we are taught about electrical energy is that it should be consumed at the same time as it is generated, since it is difficult to store. Energy Transition is changing this condition. The consequences of this new reality in our country are treated in the article **Electricity Storage in Greece: Present State and Future Prospects.**



As already seen, the high penetration of time-varying renewables brought about by the Green Energy Transition has already changed dramatically the balance between generation and consumption, having a significant impact on the everyday operation of the power systems. Indicative of this is the article **Operating under High-RES Penetration: from the point of view of the Transmission Operator**. However, RES penetration has not only a bright future but has already a very interesting and significant past in Greece. This is highlighted in the article **RES in the Hellenic Power System: Past, Present, and Future**.

Our present special issue is not sufficient to cover another important aspect of the Green Transition, which is the Electrification of Transportation, with its advantages and challenges. This deserves to be addressed in a future special issue of the Pylons while in the present issue an introductory contribution on the topic, **Electrification: Prospects, Networks and Connectivity,** is included.

Our recurring themes in this issue include the **Flashback** on past publications by CIGRE Greece National Committee, several of the latest **CIGRE Greece NC News**, and finally a newly introduced column with **Exhibitions and Book Reviews** related to CIGRE interests. In this issue we present the recent exhibition "**This current between us"** that was organized in an old steam-electric power plant of PPC (from which the above map of the first electrical network in Athens area) and the book by J. Chatzivassiliadis **Half a Century of RES in Greece**.

Enjoy your reading!
Pylons

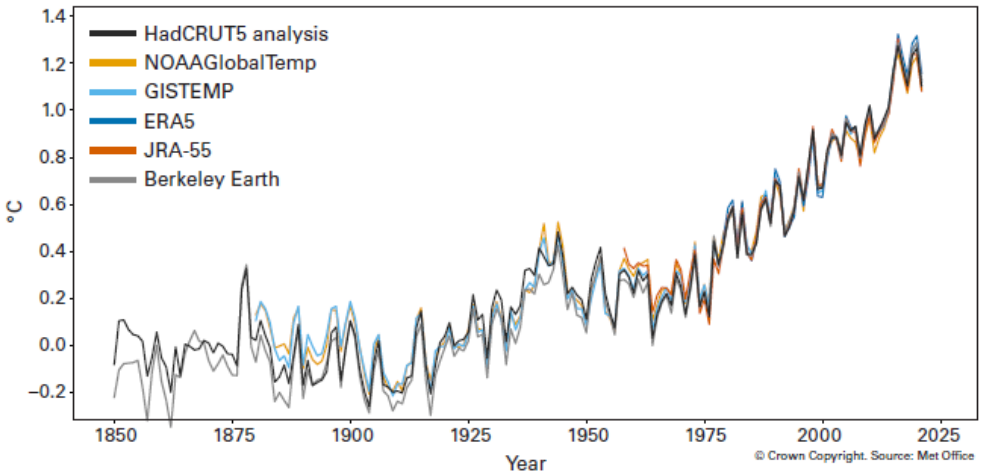
Η Κλιματική Αλλαγή, ο Δρόμος προς την Αποανθρακοποίηση και ο Ρόλος της Ηλεκτρικής Ενέργειας

του Δημήτρη Λάλα

Κλιματική Αλλαγή και Αέρια Θερμοκηπίου

Το 2022, κατά την Βρετανική Μετεωρολογική Υπηρεσία, ήταν το θερμότερο έτος στην Μεγάλη Βρετανία, μια χώρα με μερικές από τις μακρύτερες χρονοσειρές μετρήσεων θερμοκρασίας, υπερβαίνοντας τους 10°C (10,04°C) για πρώτη φορά από το 1856, το έτος έναρξης του υπολογισμού μέσης ετήσιας τιμής. Επιπλέον του μέσου όρου, στο 2022 έπεσαν και τα ρεκόρ μέγιστης θερμοκρασίας σε πολλές πόλεις και μάλιστα με μεγάλα περιθώρια. Το ίδιο φαίνεται να ισχύει, βάσει προσωρινών εκτιμήσεων (Ιανουάριος 2023) και για την Γαλλία, Γερμανία και Ιρλανδία και πιθανόν και για άλλες χώρες της Ευρώπης.

Τα στοιχεία για το 2022 έρχονται να προστεθούν στα προηγούμενα του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (World Meteorological Organization – WMO) που στην τελευταία (2022) ετήσια Έκθεση του για την Κατάσταση του Κλίματος[1] διαπιστώνει ότι τα τελευταία χρόνια της περιόδου 2015-2021 ήταν τα πλέον θερμά από έναρξης υπολογισμού της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη με την βοήθεια ικανού αριθμού μετρήσεων (δες Σχήμα 1), με την αύξηση από την περίοδο 1850-1900 να έχει ξεπεράσει τους 1.1oC.



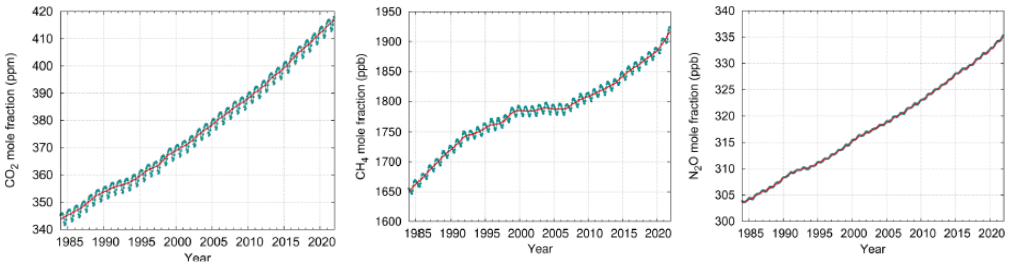
Σχήμα 1. Διαφορά της Ετήσιας Μέσης Θερμοκρασίας του πλανήτη σε σχέση με αυτή της περιόδου 1850-1900 βάσει εκτιμήσεων 6 διεθνών οργανισμών.

[1] https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11178

Εκτός από την σημαντική αύξηση της μέσης θερμοκρασίας που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια, το 2022 είδε και πολύ μεγάλη αύξηση της εμφάνισης και κυρίως της έντασης ακραίων καιρικών φαινομένων με αποτέλεσμα τις πρωτοφανείς δασικές πυρκαγιές στην Καλιφόρνια και Αυστραλία, περιοχές που έχουν επανειλημμένα πληγεί από αυτές, φονικούς καύσωνες στην Ευρώπη (Ισπανία, Γαλλία), πλημμύρες μεγάλων περιοχών στις ΗΠΑ, Γερμανία, Πακιστάν με αποτέλεσμα οι υλικές ζημίες, πέραν της ανεκτίμητης απώλειας ανθρωπίνων ζωών, να αθροίζουν σε πάνω από 268 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι τον Νοέμβριο του 2022 σύμφωνα με την Suiss Re[2].

Η σημαντική αύξηση της συχνότητας εμφάνισης και έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων, οφείλεται κατά κύριο βαθμό στην Κλιματική Αλλαγή όπως θεμελιώνουν μελέτες του διεθνούς ανεξάρτητου ερευνητικού οργανισμού World Weather Attribution[3] που αναλύει τις αιτίες των φαινόμενων αυτών διεξοδικά, η οποία ξεκίνησε με την καλπάζουσα αύξηση της συγκέντρωσης στην ατμόσφαιρα των λεγομένων Αερίων Φαινομένου Θερμοκηπίου (ΑΦΘ) δηλαδή κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα (CO2), του μεθανίου (CH4), του υποξειδίου του αζώτου (N2O) και ενώσεων του φθορίου (SF6, PFC, HFC)

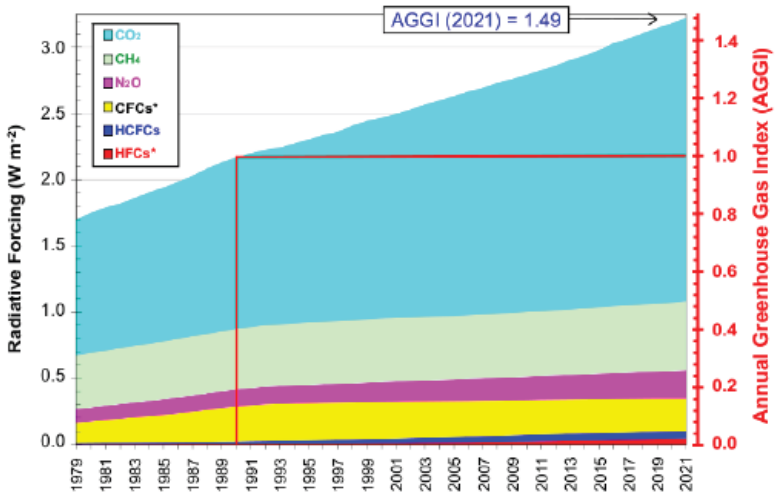
Στην τελευταία (Οκτώβριος 2022) Έκθεση[4] για τις συγκεντρώσεις ΑΦΘ στην ατμόσφαιρα του WMO παρουσιάζεται ξεκάθαρα (δες Σχήμα 2) η αδιάλειπτη αύξηση όλων των ΑΦΘ. Η μέση συγκέντρωση του CO2 το 2021 έχει ήδη φτάσει ήδη τα 415ppm (από 287ppm στην προ-βιομηχανική εποχή του 1850) και αναμένεται να ξεπεράσει τα 417ppm το 2022, με ακόμη και την τάση αυτή καθ' εαυτή να επιταχύνεται.



Σχήμα 2. Εξέλιξη των συγκεντρώσεων CO2, CH4 N2O στην ατμόσφαιρα (WMO Greenhouse Bulletin, October 2022).

Σε μία ατμόσφαιρα σε πολύ λεπτή ισορροπία μεταξύ απορροφήσεων, ροών και εκπομπών θερμότητας και ΑΦΘ (δες και Σχήμα 5 κατωτέρω) στο πολύ ρηχό στρώμα αέρα μέσα στο οποίο ζούμε, η αλλαγή κατά 40% και πλέον του CO2, (κύριου συστατικού μαζί με τους υδρατμούς του μηχανισμού του Θερμοκηπίου αφού ευθύνεται κατά περίπου 80% για τον ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας), εντός λίγων δεκαετιών είναι άκρως ανησυχητική. Η πρόσθετη ενέργεια ανά m2 στην επιφάνεια της γης (radiative forcing) βαίνει αυξανόμενη όπως φαίνεται στο Σχήμα 3 και έχει σαν αποτέλεσμα την ήδη καταγραφείσα αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1,1oC.

[2] https://www.swissre.com/press-release/Hurricane-Ian-drives-natural-catastrophe-year-to-date-insured-losses-to-USD-115-billion-Swiss-Re-Institute-estimates/2ab3a681-6817-4862-8411-94f4b8385cee
[3] https://www.worldweatherattribution.org/
[4] https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11352



Σχήμα 3. Η πορεία της πρόσθετης ενέργειας στην επιφάνεια του εδάφους λόγω αύξησης των συγκεντρώσεων ΑΦΘ σε σχέση με αυτή της προ-βιομηχανικής εποχής κατά NOAA.

Η αύξηση της συγκέντρωσης των ΑΦΘ και κυρίως του CO2 στην ατμόσφαιρα καταλήγει σε αύξηση της ενέργειας που σωρεύεται στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας και των επαγομένων αλλαγών στην γενική κυκλοφορία των συστημάτων καιρού με τις αρνητικές συνέπειες που ήδη έχουν εμφανιστεί αλλά και αυτών που εκτιμάται θα επέλθουν στο μέλλον.

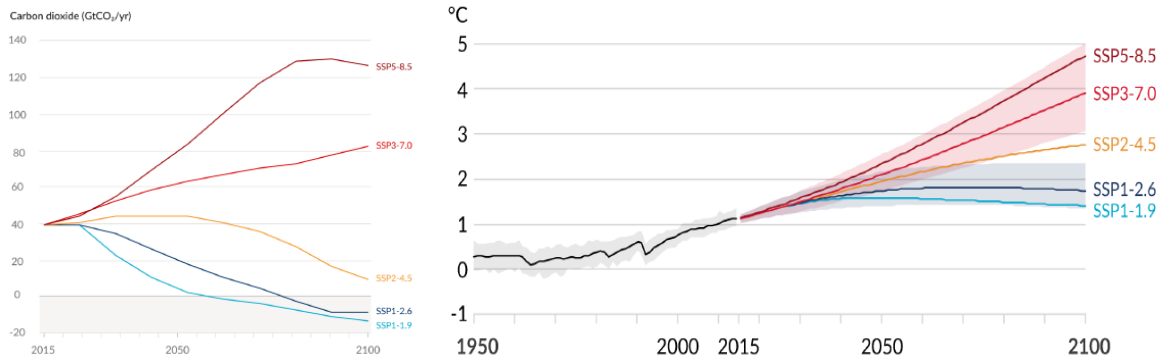
Εκθέσεις Εκτίμησης Κατάστασης

Οι επιπτώσεις αυτές καταγράφονται στις περιοδικές Εκθέσεις Εκτίμησης της Κατάστασης (Assessment Reports) της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel for Climate Change – IPCC) των Ηνωμένων Εθνών που δημοσιεύονται ανά 6-7ετία με την τελευταία να δημοσιεύεται το 2022. Στην συγγραφή των εκθέσεων αυτών συμμετέχουν πάνω από 3000 επιστήμονες όλων των ειδικοτήτων από όλες τις χώρες, οργανωμένοι σε τρείς Ομάδες Εργασίας κάθε μία εκ των οποίων δημοσιεύει επιμέρους έκθεση που εκτείνεται σε πάνω από 1000 σελίδες[5].

Οι εκθέσεις περιλαμβάνουν τις εκτιμήσεις με χρονικό ορίζοντα το 2100 για την αύξηση των εκπομπών CO2 και άλλων ΑΦΘ βάσει συγκεκριμένων σεναρίων εξέλιξης της παγκόσμιας οικονομίας, της ζήτησης και παραγωγής ενέργειας αλλά και άλλων δραστηριοτήτων που επηρεάζουν τις εκπομπές CH4 όπως η χρήση γης, η διαχείριση αποβλήτων, η κτηνοτροφία και οι γεωργικές πρακτικές. Περιλαμβάνουν στην συνέχεια τις αυξήσεις των συγκεντρώσεων στην ατμόσφαιρα και τις αλλαγές στις κλιματικές παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η βροχόπτωση και τα ακραία καιρικά φαινόμενα, και τέλος τις φυσικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της αλλαγής των κλιματικών παραμέτρων.

Στο Σχήμα 4 δίνεται η πορεία των εκπομπών CO2 και της θερμοκρασίας σύμφωνα με τα 6 σενάρια εξέλιξης που παρουσίασε ο IPCC βάσει των οποίων έγιναν οι εκτιμήσεις με την χρήση συνδυασμών κλιματικών και οικονομικών αριθμητικών μοντέλων (IAM).

[5] https://www.ipcc.ch/



Σχήμα 4. Η εξέλιξη (α) των εκπομπών CO2 (β) και της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη σύμφωνα με τα τελευταία σενάρια εξέλιξης της παγκόσμιας οικονομίας του IPCC (SPM-8 Summary for Policy makers WG-I, 2022).

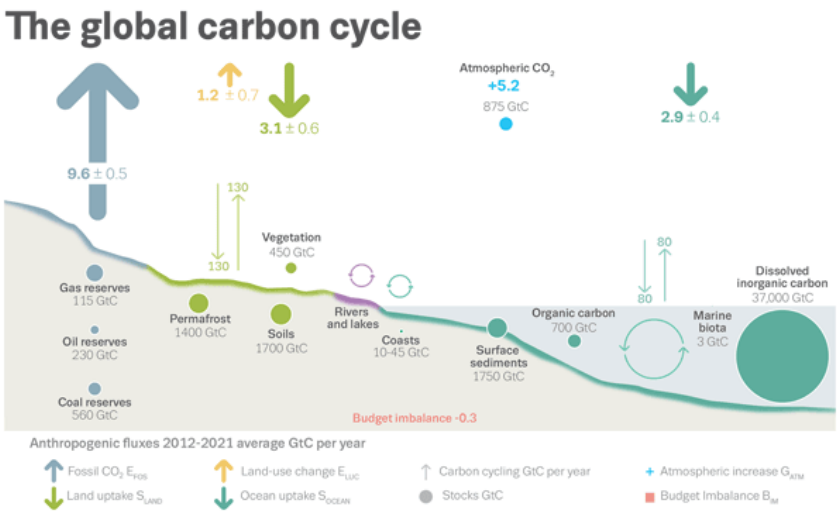
Επιπλέον ο IPCC δημοσιεύει Σύνοψη (Synthesis Report) της τάξεως των 100 σελίδων, με τα κυριότερα ευρήματα, που απευθύνεται στις πολιτικές ηγεσίες οι οποίες καλούνται να πάρουν αποφάσεις για μέτρα που αποβλέπουν στον μετριασμό των εκπομπών αλλά και την προσαρμογή στις επερχόμενες αντίξοες κλιματικές συνθήκες που περιγράφονται λεπτομερώς στις επιμέρους εκθέσεις των τριών Ομάδων Εργασίας.

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο Σχήμα 4, είναι προφανές ότι για να επιτευχθεί η Συμφωνία των Παρισίων του 2015 για συγκράτηση της θερμοκρασίας κάτω των 2oC και όσο τον δυνατόν πλησιέστερα στο 1,5oC θα πρέπει να μειωθούν οι εκπομπές παγκοσμίως τουλάχιστον κάτω των 20 GtCO2 πριν το 2050 (σενάρια SSP1- 2.6 και SSP1-1.9). Είναι επομένως σημαντικό να αναλύσει κανείς τις πηγές των εκπομπών ΑΦΘ και κυρίως του CO2.

Η ετήσια εκτίμηση του ισοζυγίου CO2 σε παγκόσμιο επίπεδο αποτελεί αντικείμενο συντονισμένης έρευνας δεκάδων ερευνητικών κέντρων διεθνώς, τα οποία εκδίδουν ετησίως Έκθεση για το Ισοζύγιο Άνθρακα (Global Carbon Budget) από το οποίο προκύπτει η ετήσια ποσότητα αύξησης του CO2 στην ατμόσφαιρα. Η πλέον πρόσφατη έκδοση (P. Friedlingstein et al., Global Carbon Budget November 2022[6]) πέραν του γενικού ισοζυγίου του άνθρακα περιλαμβάνει συνοπτική ανάλυση που δίνεται στο Σχήμα 5, ενώ στο Σχήμα 6 από την ίδια Έκθεση παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη των πηγών και απορροφήσεων.

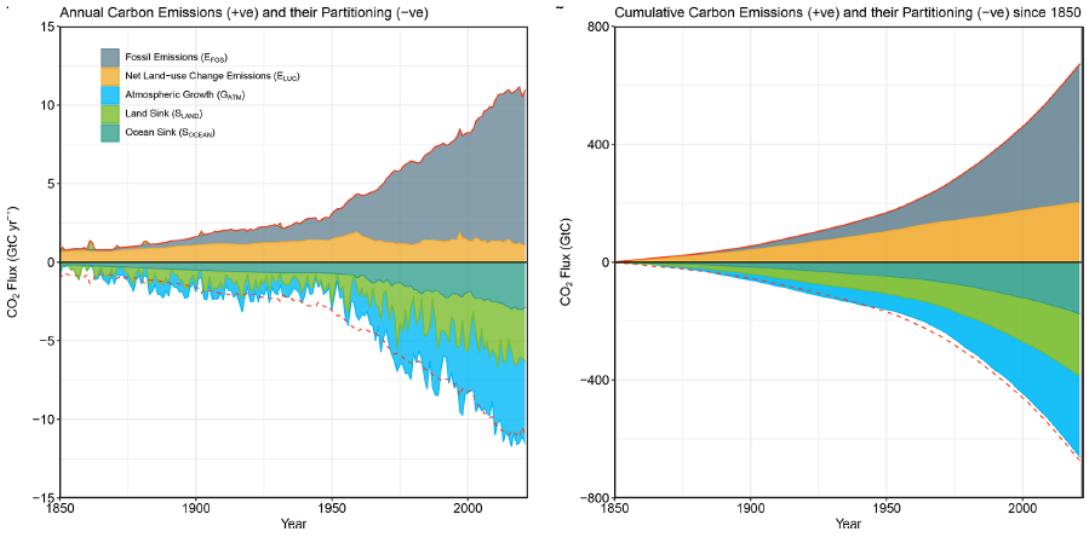
Μια επισκόπηση του ισοζυγίου του Σχήματος 5 καταδεικνύει την σημασία των ωκεανών τόσο στην απορρόφηση όσο και στην αποθήκευση, γεγονός που υπογραμμίζει τον κίνδυνο σε περίπτωση που ο πολύ μεγάλος όγκος του αποθηκευμένου CO2 κυρίως των βαθέων στρωμάτων εκλυθεί, όπως γίνεται ήδη σε κάποιες μεγάλες λίμνες. Μια δεύτερη διαπίστωση είναι το πολύ μεγάλο μέγεθος των εκπομπών από καύσεις ορυκτών καυσίμων, προφανώς ανθρωπογενούς αιτίας, οι οποίες ευτυχώς κατά το μεγαλύτερο μέρος τους δεν καταλήγουν στην ατμόσφαιρα.

[6] Earth Syst. Sci. Data, 14, 4811–4900, 2022



Σχήμα 5. Πηγές, αποθηκεύσεις και απορροφήσεις άνθρακα 2021 (P. Friedlingstein et al., November 2022[7]). Για την μετατροπή από tC/yr σε tCO2/yr, πολλαπλασμός επί 3,67.

Δύο αναπόφευκτα συμπεράσματα είναι ότι (α) θα πρέπει πάση θυσία να μη διαταραχθεί η ισορροπία στους ωκεανούς και η ικανότητα τους να συνεχίσουν να απορροφούν CO2 και (β) να μειωθούν οι εκπομπές λόγω χρήσης καυσίμων. Η σημασία του δευτέρου καταδεικνύεται από την διαχρονική εξέλιξη των εκπομπών που παρουσιάζεται στο Σχήμα 6, η οποία ξεκινάει στα μέσα του 19ου αιώνα με την βιομηχανική επανάσταση και την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας αλλά απογειώνεται την δεκαετία του 1950 με την επιτάχυνση της ανάπτυξης μετά τον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο.

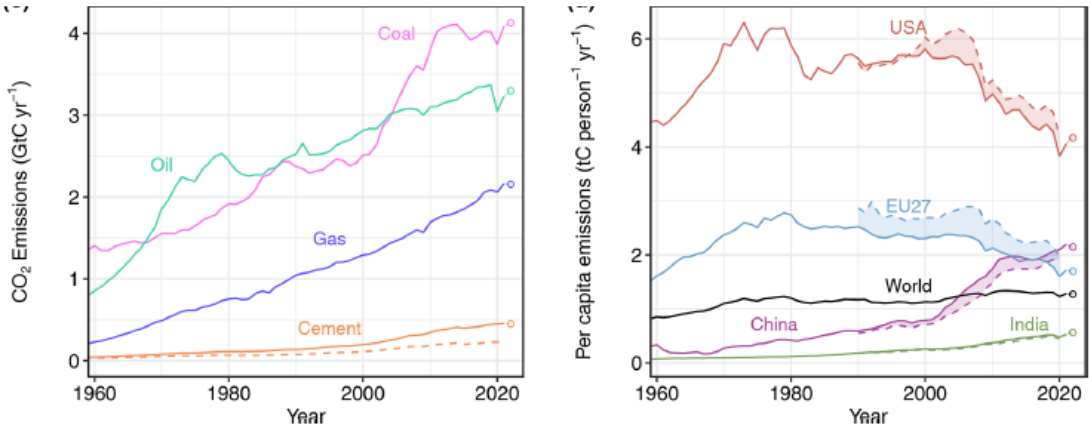


Σχήμα 6. Διαχρονική εξέλιξη (α) του ετήσιου ρυθμού εκπομπών και απορροφήσεων CO2 και (β) των αντίστοιχων σωρευτικών μεγεθών από προ-βιομηχανικής εποχής (P. Friedlingstein et al., November 2022[8]).

Αναλύοντας τις εκπομπές ανά καύσιμο (δες Σχήμα 7) αναδεικνύεται η σημαντική συνεισφορά του άνθρακα που όμως έχει αρχίσει να κάμπτεται ελαφρά μετά το 2010 μετά από μεγάλη αύξηση την δεκαετία του 2000-2010, η συνεχής αύξηση του πετρελαίου αλλά και του φυσικού αερίου, αλλά με μόνο το πρώτο να

[7] https://essd.copernicus.org/articles/14/4811/2022/
[8] ibid

επηρεάζεται από την πανδημία 2020-2021 που οφείλεται στην μείωση της χρήσης μέσων μεταφοράς. Ενδιαφέρον έχει και η κατανάλωση καυσίμων και αντιστοίχως εκπομπών στις μεγαλύτερες οικονομίες όπου ανά κεφαλή οι ΗΠΑ εξακολουθούν να εκπέμπουν με σχεδόν διπλάσιο ρυθμό από τον επόμενο, την Κίνα, η οποία έχει ήδη ξεπεράσει την Ευρωπαϊκή Ένωση. Ανησυχητική όμως είναι η πιθανότητα και η Ινδία να φτάσει σε αντίστοιχα επίπεδα ανά κεφαλή που θα μεταφράζεται σε πολύ μεγάλο απόλυτο μέγεθος ετήσιων εκπομπών ανάλογο με αυτό της Κίνας που σήμερα αγγίζει τα 3 GtC/yr (11 GtCO2/yr), διπλάσιο των ΗΠΑ και περίπου το 1/3 των παγκοσμίων εκπομπών.



Σχήμα 7. Παγκόσμιες ετήσιες εκπομπές CO2 ανά καύσιμο και ανά κράτος (P. Friedlingstein et al., November 2022[9]). Οι σκιασμένες περιοχές για ΗΠΑ, Κίνας και ΕΕ αφορούν εκπομπές των εισαγομένων προϊόντων που καταναλώνονται εντός αυτών. Για την μετατροπή από tC/yr σε tCO2/yr, πολλαπλασιασμός επί 3,67.

Στις εκπομπές που παρουσιάζονται στα Σχήματα 6 και 7 που αφορούν στον άνθρακα θα πρέπει κανείς να προσθέσει και τις εκπομπές από τα υπόλοιπα ΑΦΘ που προσθέτουν ένα επιπλέον ποσοστό της τάξης σήμερα του 20%. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4 από το IPCC θα πρέπει ο ρυθμός των εκπομπών να μειωθεί γρήγορα και σημαντικά αν θέλουμε να αποφύγουμε τις καταστροφικές συνέπειες της αλλαγής του κλίματος όπως αυτές εκτιμώνται στις σχετικές μελέτες και παρουσιάζονται αναλυτικά στις εκθέσεις των 3 Ομάδων Εργασίας του IPCC που δημοσιεύτηκαν το 2022.

Σύμβαση-Πλαίσιο του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή

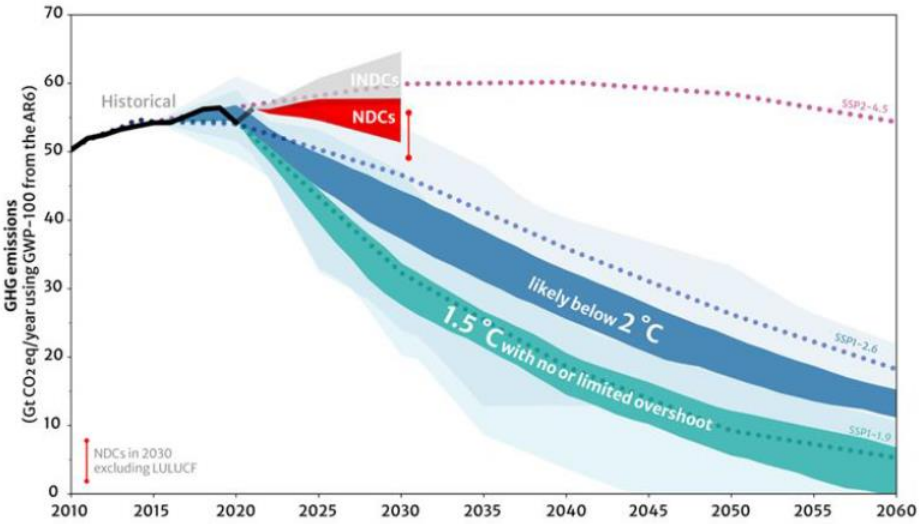
Η προσπάθεια αυτή δεν μπορεί παρά να περιλαμβάνει όλα τα κράτη αφού το πρόβλημα είναι παγκόσμιο. Για τον λόγο αυτό ήδη από το 1992 έχει συμφωνηθεί, υπό την αιγίδα του ΟΗΕ, από όλα τα κράτη η Σύμβαση-Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή (United Nations Framework Convention for Climate Change - UNFCCC) και από το 1997 το Πρωτόκολλο του Κυότο που καθόρισε ποσοτικούς δεσμευτικούς στόχους μείωσης μέχρι το 2020 για όλα τα «αναπτυγμένα» κράτη δηλαδή τις περίπου 40 χώρες-μέλη του ΟΟΣΑ. Σύντομα όμως έγινε φανερό ήδη από την δεκαετία του 2000-2010 ότι (α) οι μειώσεις του Πρωτοκόλλου του Κυότο δεν ήταν αρκετές αφού άφηναν εκτός μεγάλες χώρες όπως την Κίνα, την Βραζιλία και την

[9] https://essd.copernicus.org/articles/14/4811/2022/

Ινδία και (β) ότι η αλματώδης αύξηση της ζήτησης ενέργειας αλλά και τροφίμων με την μεγάλη ανάπτυξη των αναπτυσσόμενων χωρών θα οδηγούσε σε αύξηση των ετήσιων εκπομπών παρά τις δεσμεύσεις του Πρωτοκόλλου του Κυότο. Ετσι το 2015 επιτεύχθηκε στο Παρίσι νέα συμφωνία (Paris Agreement – Συμφωνία των Παρισίων) που πλέον περιλαμβάνει όλες τις χώρες και τις καλεί να καταθέσουν ατομικούς οικιοθελείς στόχους μείωσης εκπομπών μέχρι το 2030 (Indented Nationally Determined Contributions -INDC) ώστε να «συγκρατηθεί η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη σημαντικά κάτω από τους 2oC από την προ-βιομηχανική εποχή και εί δυνατόν κοντά στους 1,5oC».

Από το 2015 μέχρι τον Οκτώβριο 2022, 169 χώρες έχουν καταθέσει στόχους μείωσης[10] INDC που καλύπτουν 94.9% των συνολικών εκπομπών ΑΦΘ (περίπου 52,6 GtCO2eq το 2021) ενώ 39 χώρες έχουν καταθέσει νέες και περισσότερο φιλόδοξες προσφορές μείωσης (Nationally Determined Contributions – NDC) τα τελευταία χρόνια. Όμως περίπου μόνο 20 εξ αυτών (με προεξέχουσα την Ευρωπαϊκή Ένωση) έχουν ήδη ψηφίσει ή έχουν επεξεργαστεί νόμους (όπως ο Κλιματικός Νόμος της ΕΕ κα της Ελλάδος) ή πολιτικές και μέτρα (πχ. το Fit For 55 της ΕΕ και τα Εθνικά Σχέδια για την Ενέργεια και το Κλίμα – ΕΣΕΚ των Κρατών-Μελών) ώστε να διασφαλίζεται κατά το δυνατόν η επίτευξη αυτών των στόχων.

Στο Σχήμα 8 δίνεται η πρόσφατη εκτίμηση[11] της Γραμματείας της UNFCCC για την δυνατότητα παραμονής σε τροχιά επίτευξης των στόχων της Συμφωνίας των Παρισίων με βάση τους κατατεθειμένους στόχους/δεσμεύσεις. Με τα σημερινά δεδομένα των NDC, η αύξηση της μέσης θερμοκρασία του πλανήτη θα φτάσει τους 2.5-2.9oC ενώ αν υλοποιηθούν και όλα τα μέτρα στα NDC που υπόκεινται σε προϋποθέσεις περιλαμβανομένων αυτών της χρηματοδότησης και αντίστοιχων δεσμεύσεων από άλλες χώρες, θα φτάσει τους 2,1-2,4oC, πάνω από τον στόχο του «σημαντικά κάτω των 2oC» της Συμφωνίας των Παρισίων.



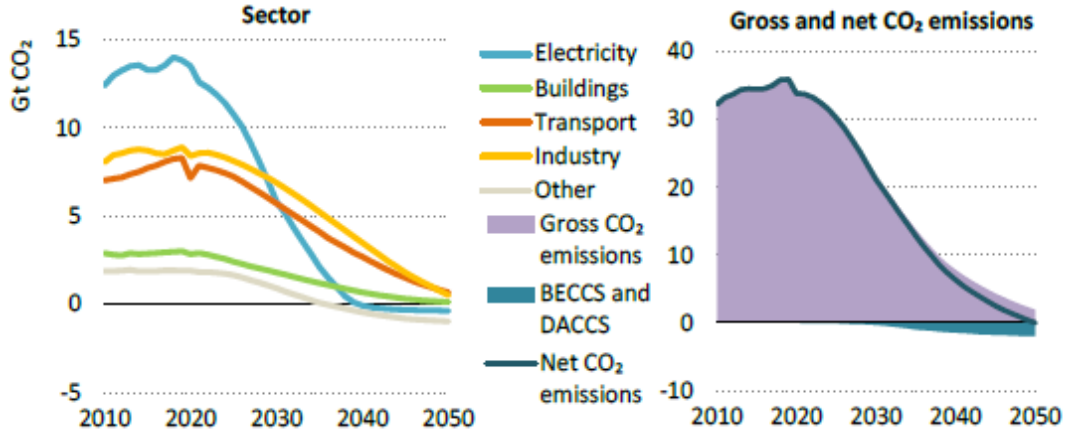
Σχήμα 8. Οι κατατεθέντες μέχρι το 2021 εθνικοί στόχοι και οι τροχιές προς επίτευξη των στόχων της Συμφωνίας των Παρισίων σύμφωνα μέ την Εκθεση της Γραμματείας της UNFCCC (October 2022).

[10] https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2022_04.pdf

[11] ibid

Οδικός Χάρτης Μείωσης Εκπομπών

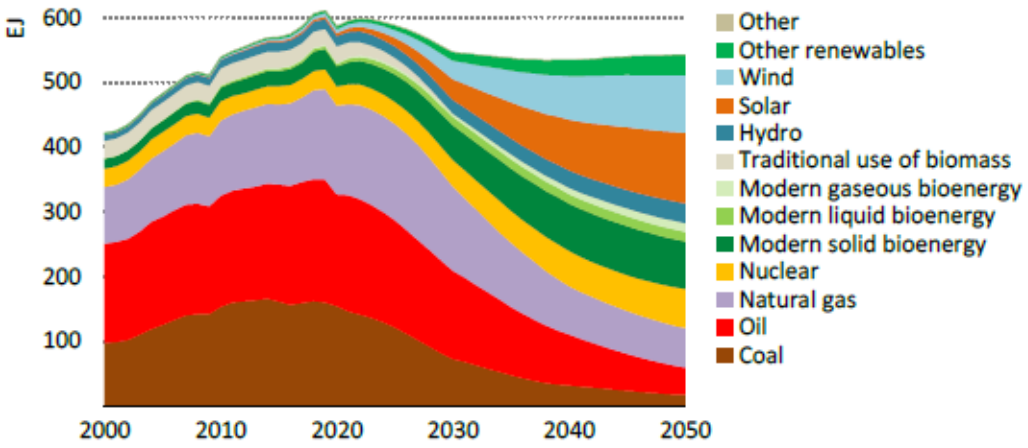
Όμως το 2030 είναι πλέον μόλις 7 χρόνια μακρυά και θα άξιζε να εξετασθεί πώς αυτές οι μειώσεις που είναι εγγεγραμμένες στα NCP των διαφόρων κρατών θα υλοποιηθούν και πως θα πρέπει να επεκταθούν ώστε να πλησιάσουμε τον στόχο του +1,5oC. Το 2021, ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (International Energy Agency – IEA) δημοσίευσε[12] ένα Οδικό Χάρτη για την μείωση των εκπομπών CO2 μέχρι το 2050 ή και νωρίτερα. Στο Σχήμα 9 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τροχιές μείωσης των εκπομπών ανά τομέα δραστηριότητας σύμφωνα με το σενάριο μηδενικών εκπομπών (NZE) του Οδικού Χάρτη του IEA. Την μεγαλύτερη και ταχύτερη μείωση καλείται να υλοποιήσει ο τομέας της παραγωγής ηλεκτρισμού και να φτάσει στην πλήρη αποανθρακοποίηση ήδη από το 2040, ενώ οι άλλοι τρεις τομείς έχουν μια σταθερή σχεδόν μείωση και δεν καταλήγουν στην πλήρη αποανθρακοποίηση. Η συνολική καθαρή αποανθρακοποίηση επιτυγχάνεται με τον συνυπολογισμό των απορροφήσεων CO2 από την ατμόσφαιρα για την παραγωγή συνθετικών καυσίμων και την αποθήκευση σε κατάλληλους χώρους όπως το υπέδαφος.



Σχήμα 9. Μειώσεις εκπομπών CO2 ανά τομέα σύμφωνα με το σενάριο NZE του Οδικού Χάρτη για το 2050 του IEA.

Στο σενάριο NZE του IEA παρόλη την εξάλειψη των εκπομπών, η συνολική χρήση ενέργειας μειώνεται κατά 10% μόνο σε σχέση με αυτή του 2020 (δες Σχήμα 10) παρόλη την βελτίωση της απόδοσης κατά 4% ετησίως από το 2020 έως το 2030 και κατά 2,7% μετά μέχρι 2050 καθώς και του συντελεστή εκπομπής ανά μονάδα ενέργειας, και αυτό γιατί ο παγκόσμιος πληθυσμός θα εξακολουθήσει να αυξάνεται και θα φτάσει τα 10 δισεκατομμύρια το 2050 όπως και το παγκόσμιο ΑΕΠ το οποίο σχεδόν θα τριπλασιαστεί.

[12] https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf

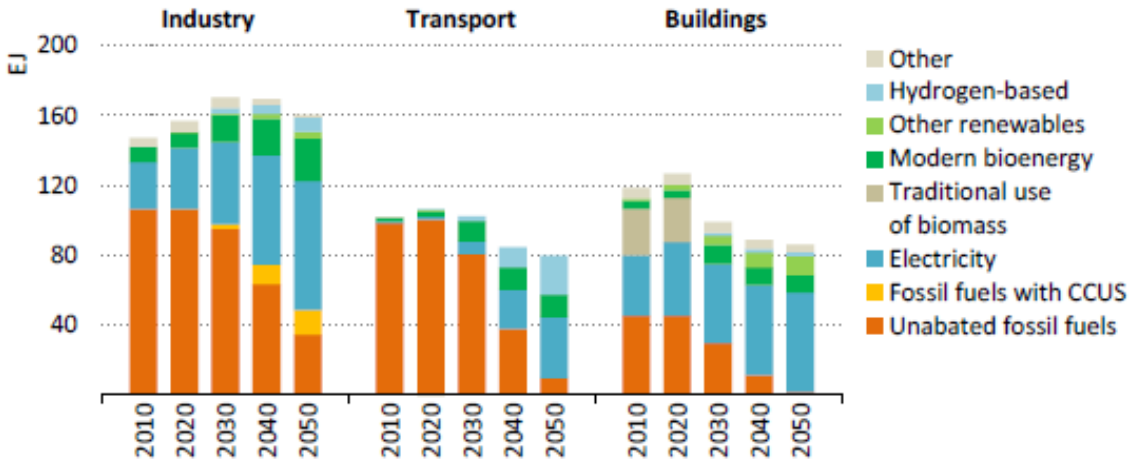


Σχήμα 10. Συνολική κατανάλωση ενέργειας κατά το σενάριο NZE μηδενικών εκπομπών ΑΦΘ (IEA).

Στο σενάριο NZE το 65% της ενέργειας παράγεται από ΑΠΕ το 2050 με μόνο ένα 21% από συμβατικά καύσιμα (άνθρακας, πετρέλαιο φυσικό αέριο) με το υπόλοιπο να συνεισφέρεται από πυρηνική ενέργεια. Οι εκπομπές CO2 από τα ορυκτά καύσιμα απορροφούνται ή αξιοποιούνται για παραγωγή συνθετικών καυσίμων.

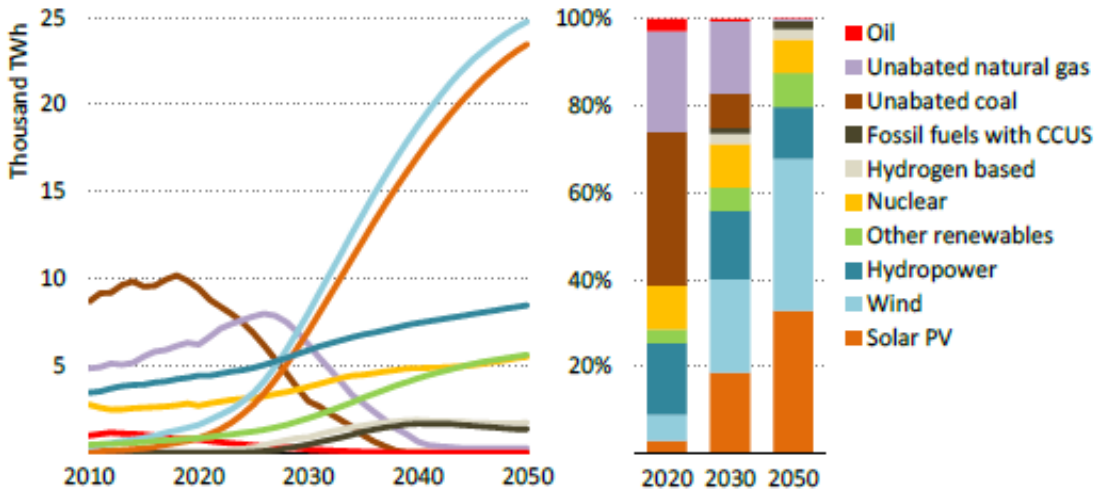
Ενδιαφέρον όμως έχει και η δομή της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στους βασικούς κλάδους της οικονομικής δραστηριότητας. Οι καταναλώσεις κατά κλάδο και κατά ενεργειακό φορέα δίνεται στο Σχήμα 11. Και στους τρεις κλάδους, η ηλεκτρική ενέργεια καλείται να καλύψει το μεγαλύτερο μέρος της ζήτησης σε ποσοστά από 45% στην βιομηχανία μέχρι 70% στον οικιακό/τριτογενή τομέα. Τα ορυκτά καύσιμα ουσιαστικά χρησιμοποιούνται μόνο στον βιομηχανικό τομέα όταν απαιτούνται πολύ υψηλές θερμοκρασίες (χαλυβουργία) ή ως πρώτες ύλες σε βιομηχανικές διεργασίες.

Η ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη της τελικής κατανάλωσης προέρχεται (δες Σχήμα 12) σε ποσοστό πάνω από 95% από μονάδες χωρίς εκπομπές ΑΦΘ (ΑΠΕ και πυρηνικές μονάδες) ενώ και οι μονάδες με συμβατικά καύσιμα είναι εφοδιασμένες με συστήματα παρακράτησης αερίων ΑΦΘ.



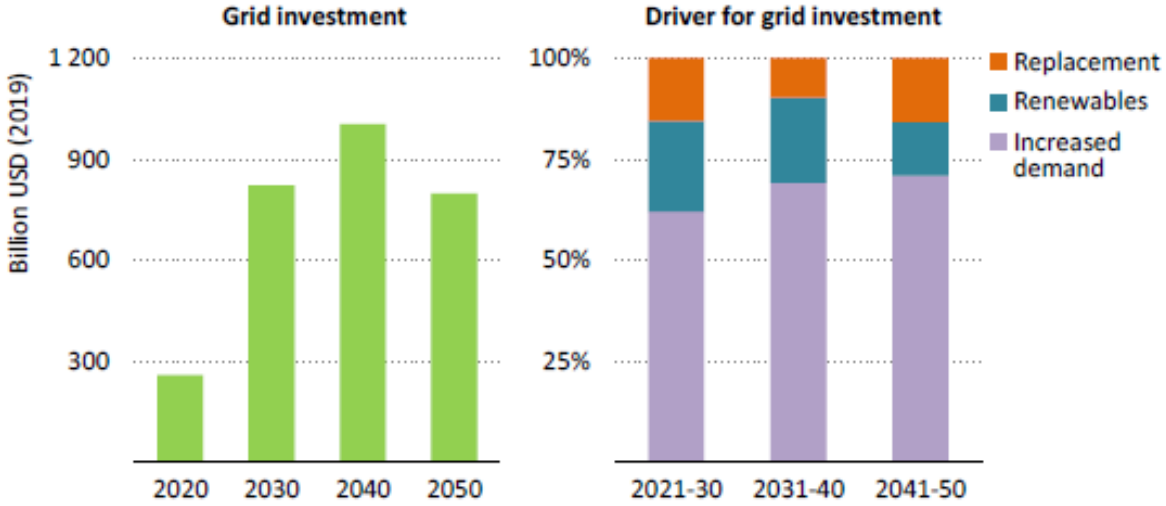
Σχήμα 11. Τελική κατανάλωση ενέργειας κατά το σενάριο NZE μηδενικών εκπομπών του IEA.

Η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας φτάνει το 2050 στις 71200 TWh (από 26900TWh το 2020) με εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ 26000 GW (14500 GW ΦΒ και 8000 GW αιολικών).



Σχήμα 12. Τελική κατανάλωση ενέργειας κατά το σενάριο NZE μηδενικών εκπομπών του IEA.

Για την αξιοποίηση του τόσο μεγάλου αριθμού στοχαστικών ΑΠΕ θα απαιτηθούν αντίστοιχα μεγάλες εγκαταστάσεις αποθήκευσης ύψους 3000 GW. Ταυτόχρονα για να συνδεθούν οι σταθμοί ΑΠΕ αλλά και για να μεταφερθεί η ηλεκτρική ενέργεια στους τελικούς καταναλωτές θα πρέπει να ενισχυθούν τα ηλεκτρικά δίκτυα και να αυξηθεί το μήκος του κατά 250%. Αυτό θα απαιτήσει, και σημαντικά κεφάλαια (πέραν του κόστους ανάπτυξης των 26600 GW ΑΠΕ) τα οποία παρουσιάζονται ανά δεκαετία στο Σχήμα 13.



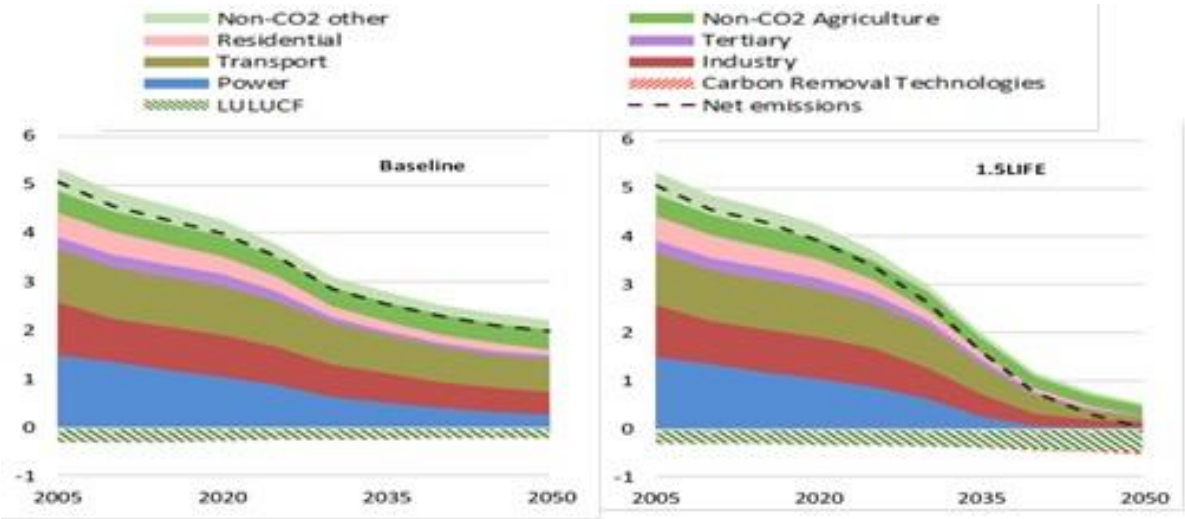
Σχήμα 13. Επενδύσεις για την ενίσχυση και επέκταση του ηλεκτρικού δικτύου κατά το σενάριο NZE μηδενικών εκπομπών το 2050 του IEA.

Η ανάλυση του IEA περιλαμβάνει και τα απαιτούμενα μέτρα για την υλοποίηση του σεναρίου καθώς και εκτιμήσεις βελτίωσης του κόστους και της απόδοσης ενεργειακών και βιομηχανικών τεχνολογιών, της ειδικής κατανάλωσης μέσων μεταφοράς, της εξοικονόμησης ενέργειας στον οικιακό/τριτογενή τομέα αλλά και επιπτώσεις από την ορθολογικότερη χρήση της ενέργειας με βάση την επάρκεια που απαιτεί αλλαγή συμπεριφοράς των πολιτών.

Ευρωπαϊκός Οδικός Χάρτης και Ηλεκτρική Ενέργεια

Δύο χρόνια πριν την έκθεση του IEA, τον Νοέμβριο το 2018 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανακοίνωσε τον δικό της Οδικό Χάρτη[13] για την επίτευξη μηδενικών εκπομπών μέχρι το 2050, με βάση τον οποίο κατέθεσε και τους στόχους της για ευθυγράμμιση με τον φιλόδοξο στόχο του 1.5oC της Συμφωνίας των Παρισίων στην Γραμματεία του UNFCCC το 2020. Παράλληλα είχαν κατατεθεί στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή αντίστοιχες Εθνικές Εκθέσεις Ενέργειας και Κλίματος (ΕΣΕΚ) από όλα τα Κράτη-Μέλη μέχρι το 2050 το πρώτο εξάμηνο του 2019 καθώς και Οδικοί Χάρτες από αρκετά από αυτά μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, όπως είχαν την υποχρέωση να πράξουν βάσει του Κανονισμού (ΕΕ)1999/2018.

Ο Οδικός Χάρτης της ΕΕ εξετάζει 8 σενάρια (συν ένα βάσης) με διάφορα μείγματα μέτρων και πολιτικών καθώς και παραδοχών για το κόστος της ενέργειας και την αποτελεσματικότητα των τεχνολογιών. Από τα 8 τα δύο (1.5TECH και 1.5LIFE) εναρμονίζονται με τις απαιτήσεις για επίτευξη περιορισμού της αύξησης της θερμοκρασίας παγκοσμίως στου 1,5oC και καταλήγουν σε μηδενικές καθαρές εκπομπές ΑΦΘ το 2050 που επιτυγχάνεται και με την συνδρομή απορροφήσεων. Τα δύο αυτά σενάρια αξιοποιούν συνδυασμό των νέων τεχνολογιών και ενεργειακών φορέων μαζί με την προώθηση της κυκλικής οικονομίας, με το μεν πρώτο 1.5TECH με έμφαση στην μεγάλη χρήση συνθετικών καυσίμων και με το δεύτερο 1.5LIFE στην εξοικονόμηση ενέργειας και την αλλαγή συμπεριφοράς . Η εξέλιξη των εκπομπών του σεναρίου αναφοράς και του 1.5LIFE, ανά τομέα δίνεται στο Σχήμα 14.

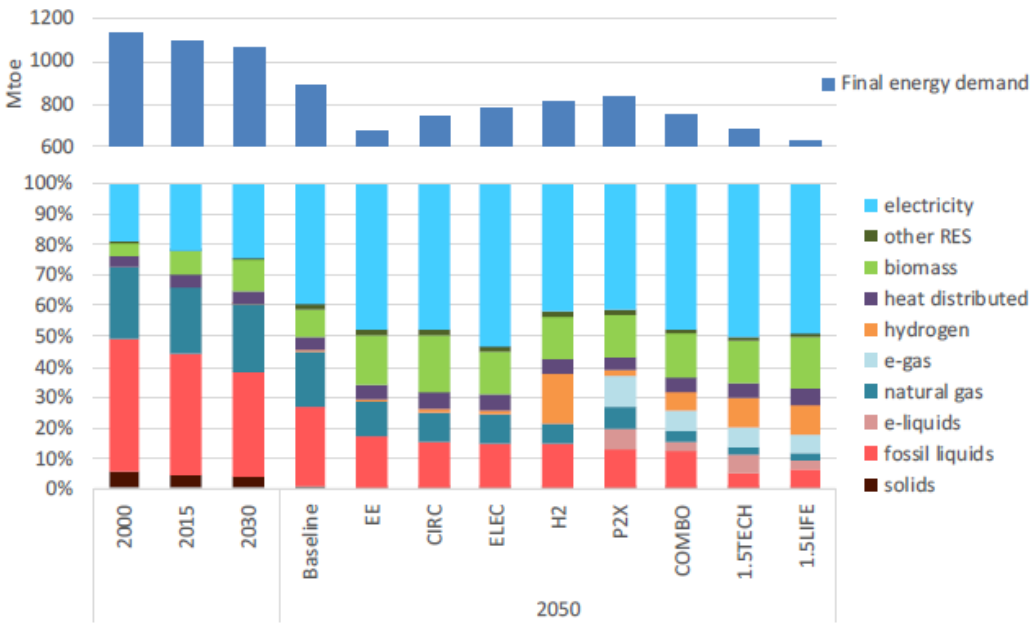


Σχήμα 14. Η εξέλιξη των εκπομπών ΑΦΘ της Ευρωπαϊκής Ένωσης (σε GtCO2) σύμφωνα με τον Οδικό Χάρτη για το 2050 (α) Σενάριο βάσης που μπορεί να θεωρηθεί αναμενόμενης εξέλιξης (β) Σενάριο 1.5LIFE ένα από τα 2 σενάρια (εκ των 8 συνολικά) που επιτυγχάνουν πλήρη απανθρακοποίηση της ΕΕ το 2050.

Ενδιαφέρον έχει και η διάρθρωση της τελικής κατανάλωσης στα σενάρια του Οδικού Χάρτη η οποία παρουσιάζεται στο Σχήμα 15. Τα δύο μηδενικά σενάρια 1.5TECH και 1.5LIFE έχουν τις μικρότερες καταναλώσεις (680 Mtoe και 630 Mtoe από συνολική κατανάλωση 1240 Mtoe και 1150 Mtoe αντίστοιχα), με το δεύτερο

[13] https://climate.ec.europa.eu/system/files/2018-11/com_2018_733_analysis_in_support_en.pdf

να έχει κατάτι χαμηλότερες λόγω της μεγαλύτερης εξοικονόμησης από την ευαισθητοποιημένη συμπεριφορά των πολιτών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ακόμη και στο σενάριο αναφοράς υπάρχει σημαντική μείωση των εκπομπών από την λειτουργία των ήδη δρομολογηθεισών πολιτικών και την βελτίωση της τεχνολογίας.



Σχήμα 15. Η τελική κατανάλωση ενέργειας το 2050 ανά φορέα ενέργειας για τα 8 σενάρια του Οδικού Χάρτη της ΕΕ.

Στο Σχήμα 15 δίνεται επίσης και η συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας η οποία βρίσκεται πάνω από 50% σε όλα τα σενάρια, σε συμφωνία με τα σενάρια του IEA με μεγάλη αύξηση σε σχέση με το περίπου 22% του 2015. Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται κατά 81-85% από ΑΠΕ (από 30% το 2015 και 57% το 2030) περίπου ισομερώς μεταξύ αιολικής και ΦΒ ενώ η εγκατεστημένη ισχύς φτάνει τα 2750 GW και 2350 GW αντίστοιχα για τα δύο σενάρια από 985 GW το 2015. Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί η σημαντική χρήση βιομάζας σε όλα τα σενάρια αλλά και συνθετικών καυσίμων (κυρίως H2 και συνθετικών αερίων όπως CH4) που παράγονται με ενέργεια από ΑΠΕ και αντικαθιστούν τα ορυκτά καύσιμα στην βιομηχανία και μεταφορές.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, μετά την ψήφιση του Ενεργειακού Νόμου[14], συνεχίζει την επεξεργασία νέων σεναρίων ώστε να πληροφορήσει τις διαβουλεύσεις για την συμφωνία των νέων κανονιστικών διατάξεων για την λειτουργία των κεντρικών εργαλείων μείωσης των εκπομπών όπως το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ETS), οι υποχρεωτικοί στόχοι μείωσης των εκπομπών εκτός ETS, οι υποχρεώσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων, η μείωση των εκλύσεων αερίων ΑΦΘ στις μεταφορές και η ενίσχυση των απορροφήσεων από τον γεωργικό/δασικό τομέα, κ.α. έτσι ώστε όχι μόνο να επιτευχθεί ο μηδενικός στόχος εκπομπών το 2050 αλλά να μειωθούν οι εκπομπές ΑΦΘ με ταχύτερους ρυθμούς

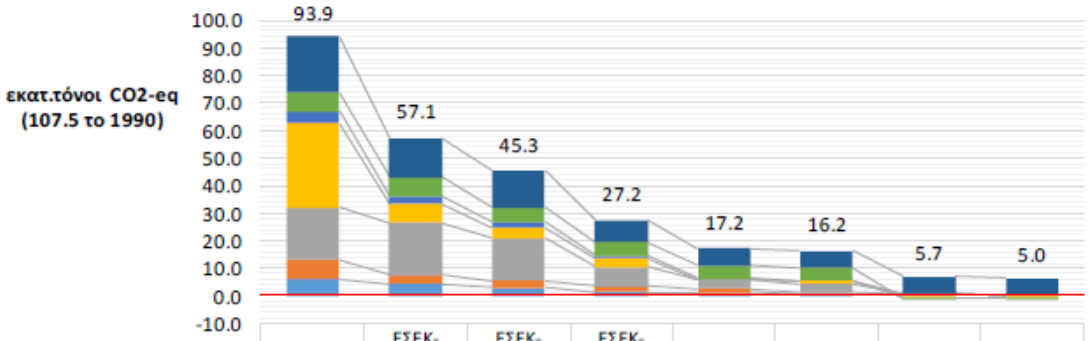
[14] https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-green-deal/european-climate-law_en

ώστε να φτάσουν στο 45% σε σχέση με αυτές του 1990 το 2030 (μείωση 55%) εξ ου και «Fit for 55» [15] το όνομα του πακέτου των νομοθετημάτων.

Παράλληλα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, πολλοί άλλοι μη-κυβερνητικοί οργανισμοί και ακαδημαϊκά ιδρύματα έχουν επεξεργαστεί Οδικούς Χάρτες για την Ευρωπαϊκή Ένωση με συγκεκριμένες προσεγγίσεις που κυρίως αποσκοπούν στην ταχύτερη μείωση των εκπομπών. Παραδείγματα είναι αυτοί του European Climate Foundation[16], καθώς και οι αναμενόμενοι εντός των επομένων μηνών από την Climact[17] για λογαριασμό της CAN Europe[18] με στόχο τον μηδενισμό το 2040 και την negaWatt[19], η οποία επεξεργάζεται ένα σενάριο μεγάλης εξοικονόμησης βασισμένο στην αρχή της επάρκειας, δηλαδή της χρήσης των φυσικών πόρων και κυρίως της ενέργειας με μέτρο, και με ουσιαστική αλλαγή της συμπεριφοράς των πολιτών.

Το Ελληνικό Σχέδιο (ΕΣΕΚ)

Το 2019 και η Ελλάδα (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας) δημοσίευσε και κατέθεσε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή Μακροχρόνια Στρατηγική (Οδικό Χάρτη) για το 2050[20]. Ο Οδικός Χάρτης περιλαμβάνει 6 σενάρια εκ των οποίων τα δύο (EE1.5 Energy Efficiency και NC1.5 New Carriers) καταλήγουν σε μηδενικές εκπομπές CO2 το 2050 όπως φαίνεται στο Σχήμα 16.



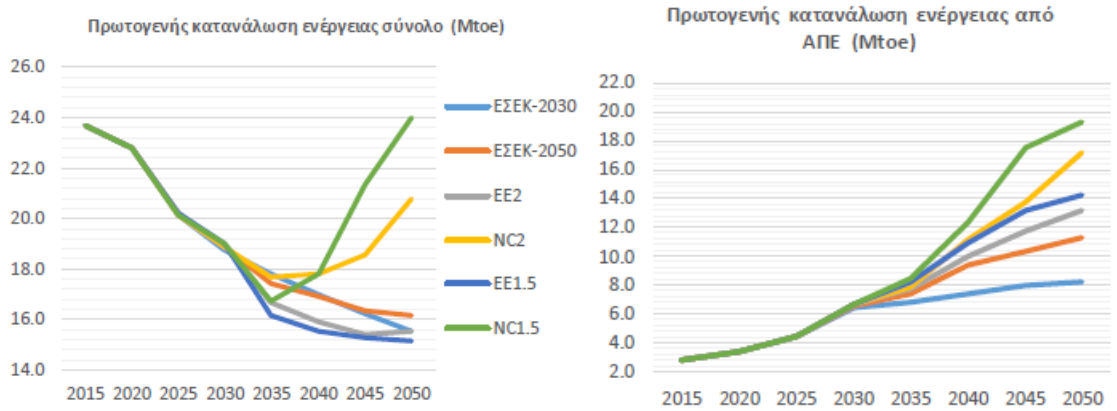
	2015	ΕΣΕΚ-2030 2030	ΕΣΕΚ-2030	ΕΣΕΚ-2050	EE2	NC2	EE1.5	NC1.5
			2050					
Αέρια εκτός CO2	20.2	14.2	13.4	7.7	6.0	6.0	6.0	6.0
Βιομηχανικές διεργασίες	6.8	6.9	5.2	5.1	4.9	4.6	-0.6	-0.6
Λοιπός ενεργειακός τομέας	4.2	2.6	2.1	0.8	0.2	0.1	0.0	0.1
Ηλεκτροπαραγωγή	30.7	7.0	3.6	3.0	0.2	1.3	-0.6	-0.6
Μεταφορές	19.0	18.8	15.6	7.1	3.5	3.0	0.2	0.1
Κτίρια και γεωργία	7.0	3.2	2.4	1.9	1.4	0.6	0.2	0.0
Βιομηχανία	5.9	4.4	2.9	1.5	1.1	0.6	0.5	0.0
Σύνολο	93.9	57.1	45.3	27.2	17.2	16.2	5.7	5.0

Σχήμα 16. Οι εκπομπές ΑΦΘ στα 6 σενάρια του Ελληνικού Οδικού Χάρτη το 2050 ανά κλάδο καθώς και αυτές το 2030 που αφορούν όλα τα σενάρια.

[15] https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/
[16] https://europeanclimate.org/wp-content/uploads/2019/03/Towards-Fossil-Free-Energy-in-2050.pdf
[17] https://climact.com
[18] https://caneurope.org/
[19] https://negawatt.org/IMG/pdf/negawatt-scenario-2022_english-summary.pdf
[20] https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/11/lts_gr_el.pdf

Και στα δύο αυτά σενάρια οι εναπομένουσες εκπομπές αφορούν στα άλλα ΑΦΘ εκτός CO2 προερχόμενα κυρίως από τον αγροτικό τομέα και τα απόβλητα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα δύο σενάρια μηδενικών εκπομπών (ΕΕ1.5 και NC1.5) ικανοποιούν και το στόχο της μείωσης κατά 80% σε σχέση με αυτές του 1990 (107 MtCO2e) μέχρι το 2040 που θέτει στο Αρθρο 1 ο Ελληνικός Κλιματικός Νόμος[21].

Η πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας για όλα τα σενάρια δίνεται στο Σχήμα 17 μαζί με το μέρος που προέρχεται από ΑΠΕ που για τα δύο σενάρια μηδενικών εκπομπών καλύπτει πάνω από το 80% του συνόλου. Τα δύο αυτά σενάρια επίσης διαφέρουν στο ότι από την δεκαετία του 2030 παρουσιάζουν αύξηση της κατανάλωσης που προέρχεται κυρίως από την χρήση ενέργειας για παραγωγή συνθετικών καυσίμων. Η αύξηση αυτή είναι πολύ μεγαλύτερη για το σενάριο NC1.5 το οποίο στηρίζεται ακριβώς στην μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ (71,8 GW εκ των οποίων 37,3 GW ΦΒ και 19,7 GW αιολικά) και την χρήση σημαντικού μέρους της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (173,2 TWh ή 14,8 Mtoe) για την παραγωγή συνθετικών καυσίμων. Το άλλο σενάριο ΕΕ1.5 βασίζεται επίσης σε μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ (38,5 GW εκ των οποίων 14,7 GW ΦΒ και 13,1 GW αιολικά με παραγωγή 99,2 TWh ή 8,6Mtoe ηλεκτρικής ενέργειας) αλλά έχει μικρότερη κατανάλωση λόγω πολιτικών και μέτρων για βαθιά εξοικονόμηση.



Σχήμα 17. Η πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2050 ανά σενάριο του Οδικού Χάρτη και το τμήμα της από ΑΠΕ.

Η τελική κατανάλωση των δύο σεναρίων ανά τομέα δίνεται στον Πίνακα 1. Η συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας στην τελική κατανάλωση είναι 58,5% και 48% για το ΕΕ1.5 και NC1.5 αντίστοιχα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα ποσοστά αυτά είναι της τάξης μεγέθους του 50% που εμφανίζονται τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και σε ευρωπαϊκό όπως παρουσιάστηκε προηγουμένως. Πάντως και στα δύο σενάρια (περισσότερο στο NC1.5) μετά τον ηλεκτρισμό στην τελική κατανάλωση σημαντικό ρόλο καλούνται να παίξουν και τα συνθετικά καύσιμα τα οποία όμως θα κατασκευαστούν με ενέργεια που θα προέρχεται από ΑΠΕ η συντριπτική πλειοψηφία της οποίας θα είναι σε μορφή ηλεκτρισμού. Άλλες διαφορές είναι η μικρότερη συνολική κατανάλωση στο ΕΕ1.5 σενάριο που προέρχεται από την εξοικονόμηση κυρίως στον Οικιακό τομέα και η μικρότερη ηλεκτροκίνηση στο NC1.5 σενάριο λόγω αυξημένης χρήσης συνθετικών καυσίμων.

[21] Ν4936/2022 (ΦΕΚ105, 27Μαϊου 2022)

Πίνακας 1: Τελική Κατανάλωση Ενέργειας το 2050 (ktoe)

	Συνολική		Ηλεκτρική	
Τομείς/Σενάρια	EE1.5	NC1.5	EE1.5	NC1.5
Οικιακός	2344	3020	1894	1785
Τριτογενής	1576	1710	1513	1558
Γεωργία	186	178	150	143
Βιομηχανία	2372	2661	1499	1473
Μεταφορές (χωρίς bunkers)	4148	4616	1161	890
Σύνολο	**10626**	**12185**	**6217**	**5848**

Εστιάζοντας στον ηλεκτρικό τομέα, στους Πίνακες 2 και 3 δίνονται η ακαθάριστη ζήτηση και παραγωγή ηλεκτρισμού για τα σενάρια του Οδικού Χάρτη. Η διαφορετική στρατηγική των δύο σεναρίων μηδενικών εκπομπών εμφανίζεται ξεκάθαρα στην σχεδόν διπλάσια παραγωγή ηλεκτρισμού μεταξύ τους (173,2 TWh έναντι 99,2 TWh) αλλά και στη ζήτηση για Διυλιστήρια/παραγωγή συνθετικών καυσίμων, η οποία για το NC1.5 αποτελεί σχεδόν το 43% ενώ για το EE1.5 μόλις το 8,5%.

Πίνακας 2: Ακαθάριστη ζήτηση ηλεκτρισμού (TWh)

	2015	ΕΣΕΚ-2030 2030	ΕΣΕΚ-2030	ΕΣΕΚ-2050	EE2	NC2	EE1.5	NC1.5
			2050					
Απώλειες δικτύου	4.9	4.5	4.9	4.9	4.7	4.9	4.9	4.7
Ιδιοκαταναλώσεις και απώλειες αποθήκευσης	2.6	1.0	1.2	1.4	12.8	20.8	13.3	26.0
Διϋλιστήρια\παραγωγή συνθετικών καυσίμων	1.7	1.0	0.9	2.6	2.5	43.8	8.7	74.5
Μεταφορές	0.4	1.6	4.7	8.4	10.7	9.3	13.5	10.3
Τριτογενής τομέας	20.2	23.0	25.1	22.3	20.4	21.6	19.3	19.8
Οικιακός τομέας	17.5	21.4	23.2	22.4	21.7	22.2	22.0	20.8
Βιομηχανία	12.7	13.7	14.6	18.3	15.0	15.5	17.4	17.1
Σύνολο	60.0	66.2	74.7	80.3	87.9	138.1	99.2	173.2

Πίνακας 3: Ακαθάριστη παραγωγή ηλεκτρισμού (TWh)

	2015	ΕΣΕΚ-2030 2030	ΕΣΕΚ-2030	ΕΣΕΚ-2050	EE2	NC2	EE1.5	NC1.5
			2050					
Υδρογόνο	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	8.9	5.3	9.8
Αέριο (φυσικό και συνθετικό)	11.8	20.4	10.7	9.0	0.3	3.9	3.0	13.9
Πετρελαϊκά προϊόντα	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Λιγνίτης	18.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Γεωθερμία	0.0	0.7	1.0	2.0	2.0	2.7	2.2	3.7
Βιομάζα	0.4	4.0	4.3	6.7	11.1	12.6	11.6	13.2
Φωτοβολταϊκά	3.8	11.2	15.9	16.0	17.5	42.9	24.1	58.9
Αιολικά	4.5	18.0	32.4	36.4	40.3	54.4	41.3	60.9
Υδροηλεκτρικά	5.9	7.0	6.9	6.9	8.1	9.3	8.4	9.3
Καθαρές Εισαγωγές	9.6	4.9	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4

Για λόγους ευστάθειας και μείωσης της απόρριψης της παραγωγής ΑΠΕ, για τις τόσο μεγάλες εγκαταστάσεις μεταβλητών ΑΠΕ απαιτείται δυνατότητα αποθήκευσης που σαν γενικός κανόνας θα κυμαίνεται στα 20-25% της εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ. Στον Πίνακα 4 δίνονται τα μεγέθη αποθήκευσης του Οδικού Χάρτη με τις απαιτήσεις του NC1.5 σεναρίου να είναι τριπλάσιες αυτών του EE1.5. Και στα δύο σενάρια, ο όγκος της αποθηκευτικής ικανότητας βασίζεται πρωτίστως στην παραγωγή, χρήση και αποθήκευση συνθετικών καυσίμων και δευτερευόντως σε μπαταρίες..

Πίνακας 4: Μέσα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (TWh)

		ΕΣΕΚ-2030	ΕΣΕΚ-2030	ΕΣΕΚ-2050	EE2	NC2	EE1.5	NC1.5
	2015	2030	2050					
Ηλεκτρόλυση	0.0	0.0	0.0	0.4	2.2	15.1	4.0	23.5
Μπαταρίες	0.0	1.2	2.3	2.6	2.2	2.0	2.5	3.0
Αντλιοταμίευση	0.7	1.5	1.5	1.7	1.5	1.6	1.7	1.5
Σύνολο ισχύος	0.7	2.8	3.9	4.8	5.9	18.8	8.3	28.1

Τα δύο σενάρια EE1.5 και NC1.5 αποτελούν σχεδόν εκ διαμέτρου διαφορετικές προσεγγίσεις για την μετάβαση σε μια πράσινη οικονομία και ως εκ τούτου οι πολιτικές και τα μέτρα καθώς επίσης και οι αναγκαίες επενδύσεις έχουν διαφορετική στόχευση. Στην προσέγγιση αυτή συνάδουν με τα 2 αντίστοιχα σενάρια του Ευρωπαϊκού Οδικού Χάρτη (1.5LIVE και 1.5TECH αντίστοιχα) αλλά με μεγαλύτερες αποκλίσεις μεταξύ τους.

Με την ψήφιση του Κλιματικού Νόμου και τους στόχους που τίθενται, όλα τα Κράτη Μέλη καλούνται να αναπροσαρμόσουν τα ΕΣΕΚ τους που συντάχτηκαν το 2018 ώστε να ενσωματώνουν νέες πολιτικές και μέτρα για την επίτευξη του νέου μεγαλύτερου στόχου μείωσης εκπομπών ΑΦΘ κατά 55% μέχρι το 2030 σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης και να καταθέσουν επικαιροποιημένα ΕΣΕΚ μέσα στο Α' Εξάμηνο του 2023. Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας στη 16η Φεβρουαρίου 2023 δημοσίευσε υπό μορφή 28 διαφανειών Σχέδιο του νέου ΕΣΕΚ το οποίο εστιάζεται στην περίοδο 2020-2030 αλλά περιλαμβάνει και στοιχεία της πορείας μέχρι το 2050 των βασικών παραμέτρων εκπομπών ΑΦΘ, τελικής κατανάλωσης ενέργειας, ισχύος ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων και ηλεκτροπαραγωγής καθώς και μέσων αποθήκευσής της.

Η πληροφορία που έχει δημοσιευθεί μέχρι στιγμής δεν είναι αρκετή για την πλήρη ανάλυση του Σχεδίου. Όμως, από τα στοιχεία ηλεκτροπαραγωγής είναι προφανές ότι το νέο ΕΣΕΚ υιοθετεί την προσέγγιση του σεναρίου NC1.5 του Οδικού Χάρτη, δηλαδή αυτό της μεγάλης εγκατάστασης ΑΠΕ και με αξιοποίηση συνθετικών καυσίμων (και όχι αυτή της βαθειάς εξοικονόμησης του EE1.5) αφού βασίζεται στην εγκατάσταση 75GW μονάδων ΑΠΕ μέχρι το 2050, εκ των οποίων 34.5GW ΦΒ, 10GW χερσαία αιολικά και 17GW υπεράκτια αιολικά, καθώς και 23.3GW μπαταριών. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να φθάσει τις 173.3TWh (έναντι 168,5TWh του NC1.5 και 94,1TWh του EE1.5). Το Σχέδιο όμως διαφέρει από το σενάριο NC1.5 στον τρόπο εξισορρόπησης της στοχαστικότητας της παραγωγής των ΑΠΕ για την οποία βασίζεται στη χρήση μεγάλης εγκατάστασης μπαταριών και αντλιοταμίευσης σε αντίθεση με την μεγάλη

παραγωγή συνθετικών καυσίμων του NC1.5. Έτσι, στο νέο ΕΣΕΚ, η ηλεκτρική ενέργεια καλείται να παίξει τον κύριο λόγο στην τελική κατανάλωση.

Με δεδομένο τον ρόλο του ηλεκτρισμού, θα πρέπει να ξεκινήσει μια ανάλυση σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια των προαπαιτούμενων τόσο σε υποδομές όσο και σε τεχνολογίες τελικής κατανάλωσης ανά τομέα. Π.χ. το Σχέδιο Μελέτης Επάρκειας του ΑΔΜΗΕ 2024-2035 τα βασικά στοιχεία του οποίου διέρρευσαν στο τέλος του 2022[22], βασίζεται σε 2 σενάρια ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, το βασικό με ζήτηση 64,2 TWh και το δεύτερο αυξημένης ζήτησης με 69 TWh το 2035, με το Σχέδιο του νέου ΕΣΕΚ να αναφέρει ζήτηση 73,5 TWh ήδη από το 2030. Θα πρέπει να εξετασθούν σε μεσο-μακροπρόθεσμο ορίζοντα 2030-2050, θέματα ηλεκτροδότησης οχημάτων (κατανάλωση αλλά και αξιοποίηση αποθήκευσης), δίκτυα (χερσαία και υποθαλάσσια για τα 17GW υπερακτίων αιολικών!!!), αξιοποίηση περισσοτέρων θέσεων για αντλιοταμίευση (ώστε να επιτευχθεί ο στόχος των 2.5GW ήδη από το 2030 του Σχεδίου και των 5.2GW το 2050), χωροθέτηση ΑΠΕ, αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρισμού περιλαμβανομένης και της αυτοπαραγωγής στον οικιακό τομέα, διείσδυση αντλιών θερμότητος, κ.α. Η εμβάθυνση αυτή γίνεται περισσότερο επιτακτική ενόψει σημαντικών καθυστερήσεων στις λήψεις αποφάσεων και στην υλοποίησή τους λόγω αδυναμιών των αρμοδίων φορέων και της αδειοδοτικής νομοθεσίας αλλά και των χρόνων ζωής των εγκαταστάσεων του ενεργειακού τομέα (2-3 δεκαετίες) που πιθανόν να οδηγήσουν σε αχρήστευση επενδύσεων (stranded investments) .

Εν ολίγοις, αμέσως μετά την δημοσίευση του νέου ΕΣΕΚ σε επαρκή λεπτομέρεια, απαιτείται η ουσιαστική εξειδίκευση των μέτρων που περιλαμβάνονται (εν είδει παραδοχών/παραμετροποίησης στα αριθμητικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν), η ανάλυση συγκεκριμένων δράσεων, ο προσδιορισμός ευθύνης ανά φορέα/υπηρεσία προώθησης και παρακολούθησης και κυρίως η συνεκτίμηση του κόστους άνθρακα (δηλαδή του κόστους μείωσης των εκπομπών) στις αποφάσεις χρηματοδότησης από δημόσιους πόρους.

[22] https://energypress.gr/news/meleti-admie-aparaitites-treis-toylahiston-nees-monades-aerioy-gia-tin-eparkeia-toy-systimatos

Τα ηλεκτρικά συστήματα στο δρόμο της Ενεργειακής Μετάβασης

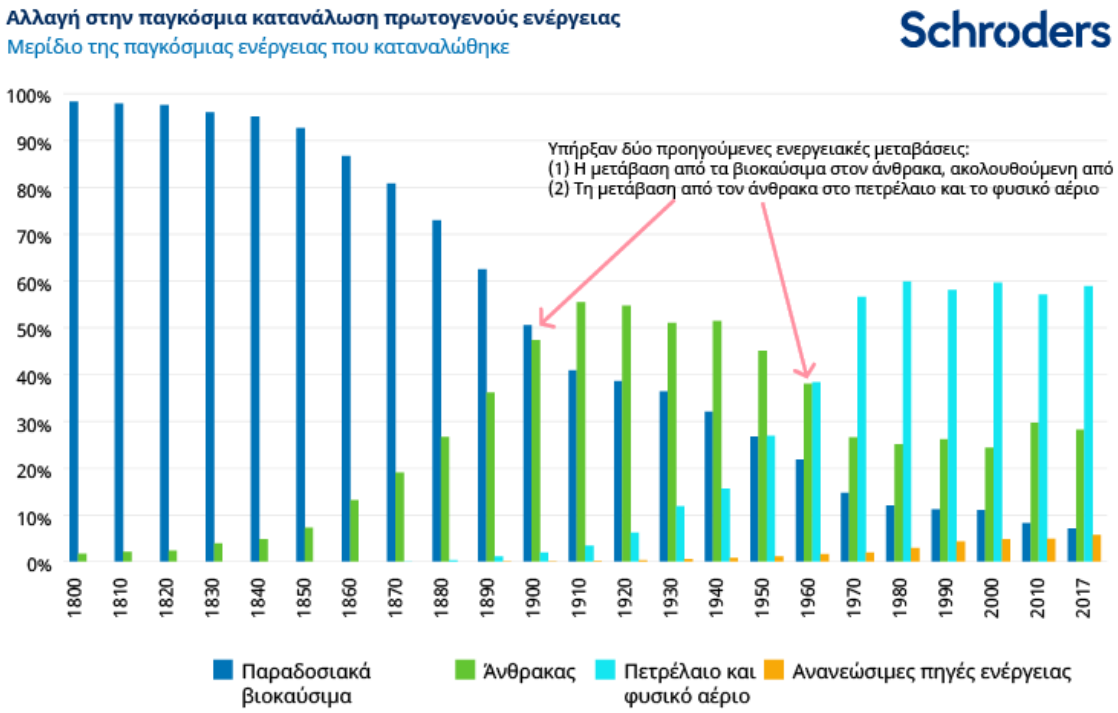
των Μ. Καρυστιανού και Γ. Καμπούρη

Ενεργειακή Μετάβαση και Ηλεκτρική Ενέργεια

Η ενεργειακή ή πράσινη μετάβαση εξελίσσεται σε ένα από τα κορυφαία προτάγματα της ιστορικής περιόδου που διανύουμε και φιλοδοξεί να αποτελέσει τη συντεταγμένη απάντηση-σχέδιο για την αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης σε πλανητικό επίπεδο. Ο όρος **ενεργειακή μετάβαση** εκφράζει το σύγχρονο σχέδιο μετάβασης προς μια αειφόρο ανάπτυξη μέσω της αυξημένης ενσωμάτωσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στη σφαίρα της καθημερινής ζωής. Η έννοια της ενεργειακής μετάβασης περιλαμβάνει επίσης ένα σύνολο πολιτικών, μέτρων και δράσεων που έχουν στόχο τη λειτουργία της οικονομίας με μηδενικές ανθρωπογενείς εκπομπές άνθρακα.

Οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) έχουν υιοθετήσει ως κοινό στόχο τη μετάβαση σε οικονομία μηδενικών εκπομπών άνθρακα με χρονικό ορίζοντα το 2050. Ένας παράλληλος στόχος είναι η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα το συντομότερο δυνατό και η ενεργειακή αυτονομία της ΕΕ. Τα παραπάνω απαιτούν το ριζικό μετασχηματισμό του ευρωπαϊκού ενεργειακού συστήματος.

Στη σύγχρονη εποχή υπήρξαν δύο προηγούμενες μεταβάσεις σε νέες πηγές ενέργειας: στα τέλη του 19ου αιώνα από τα παραδοσιακά βιοκαύσιμα (κυρίως ξύλα) στον άνθρακα και στα μέσα του 20ου αιώνα από τον άνθρακα στο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Οι μεταβάσεις αυτές που επέφεραν ανατρεπτικές αλλαγές στην οικονομική και κοινωνική ζωή καθοδηγήθηκαν από τεχνολογικά επιτεύγματα όπως η εισαγωγή της ατμομηχανής που οδήγησε στην γενίκευση της χρήσης του άνθρακα και των κινητήρων εσωτερικής καύσης που οδήγησαν στη μετάβαση στο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Ωστόσο, ενώ η μετάβαση στη χρήση του άνθρακα συντελέστηκε σε διάστημα περίπου 70 χρόνων και η υιοθέτηση του πετρελαίου και του φυσικού αερίου σε διάστημα περίπου 50 χρόνων (βλ. Σχήμα 1), η μετάβαση τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα πρέπει να συντελεστεί πολύ πιο γρήγορα λόγω της κρισιμότητας της κλιματικής απειλής.



Σχήμα 1: Η εξέλιξη των χρησιμοποιούμενων ενεργειακών πόρων ιστορικά[23]

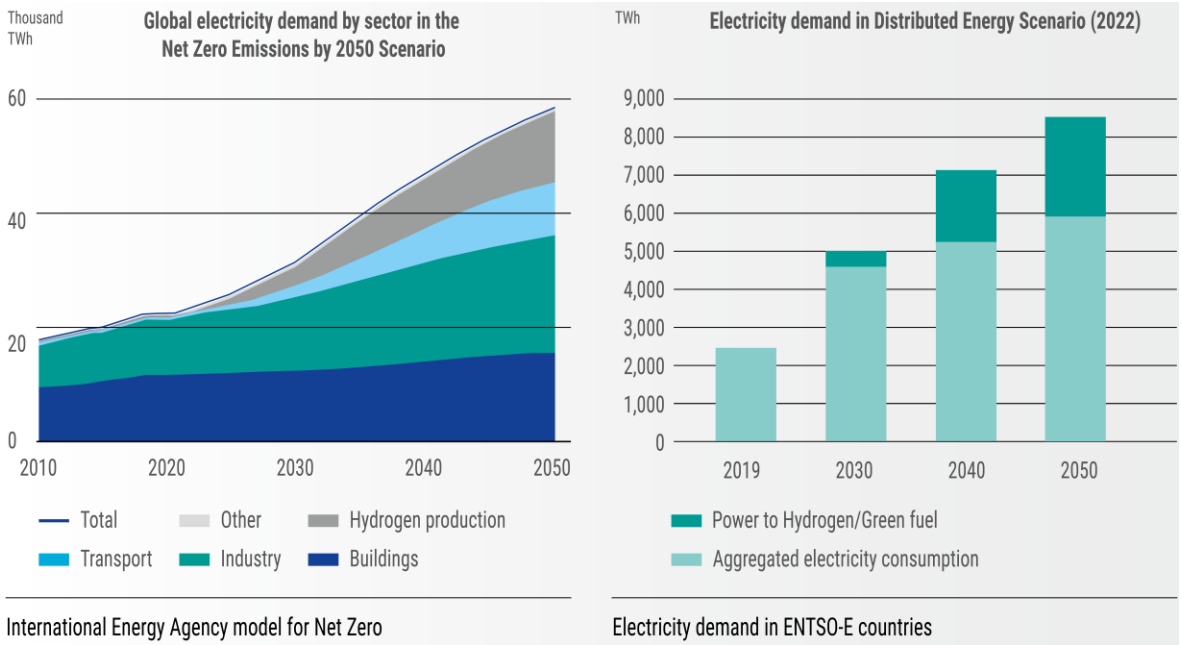
Κατά την προηγούμενη δεκαετία αναγνωρίστηκε η ανάγκη δραστικού περιορισμού των παγκόσμιων εκπομπών άνθρακα στην προοπτική μηδενισμού τους με στόχο τον περιορισμό της παγκόσμιας υπερθέρμανσης κάτω από τον 1.5 βαθμό Κελσίου για το μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Καθώς τα ορυκτά καύσιμα αποτελούν τη μεγαλύτερη πηγή εκπομπών άνθρακα, τέθηκαν στόχοι για περιορισμό στη χρήση τους με σημαντικότερη τη συμφωνία του Παρισιού για το κλίμα το 2015.

Όπως είναι φανερό από τα έως σήμερα αποτελέσματα των μέτρων αποανθρακοποίησης, τα σημαντικότερα αποτελέσματα (με διαφορά) – όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών άνθρακα – έχουν επιτευχθεί στον τομέα του ηλεκτρισμού συγκριτικά με άλλους τομείς (μεταφορές, κτήρια, βιομηχανία). Το γεγονός αυτό οδηγεί στην υιοθέτηση λύσεων εξηλεκτρισμού των τελικών ενεργειακών χρήσεων ως τον πιο σύντομο και ασφαλή δρόμο για την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.

Πράγματι, όπως παραδέχονται όλα τα διεθνή μακροπρόθεσμα ενεργειακά σενάρια, σε μια οικονομία μηδενικών εκπομπών άνθρακα, ο ηλεκτρισμός θα γίνει η κυρίαρχη μορφή ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια θα διαδραματίσει κεντρικό ρόλο στην επίτευξη ενός ενεργειακού συστήματος κλιματικής ουδετερότητας λόγω της υψηλότερης απόδοσης των τελικών ηλεκτρικών χρήσεων έναντι των συνθετικών «πράσινων» καυσίμων και λόγω της ωριμότητας των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Η ηλεκτρική ενέργεια έχει αποδειχθεί η πλέον ευέλικτη και αποδοτική μορφή ενέργειας, η οποία μπορεί να εξασφαλίσει την απαιτούμενη ισχύ σε πολύ μεγάλο αριθμό εφαρμογών. Η πρόβλεψη για μια πολύ πιο εξηλεκτρισμένη οικονομία,

[23] *https://www.schroders.com/en/gr/professional-investor/insights/markets/what-is-energy-transition-and-why-does-it-matter-to-investors_gr/*

αποτυπώνεται καθαρά σ τις προβλέψεις για τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας που έχουν δημοσιευτεί πρόσφατα σχετικά με τις πιθανές διαδρομές προς την οικονομία μηδενικών εκπομπών άνθρακα (βλ. Σχήμα 2).

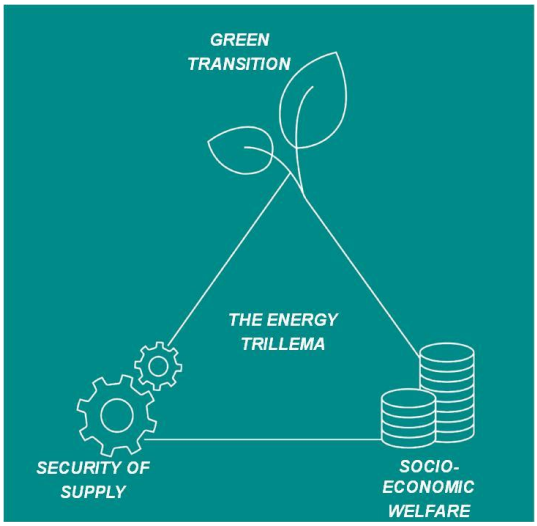


Σχήμα 2 Μοντέλο "Net Zero" της International Energy Agency[24] και μοντέλο ENTSO-E[25]

Η ενεργειακή πράσινη μετάβαση συνδέεται άρρηκτα με την κοινωνική ευημερία και την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού όπως έχει αποδοθεί επιτυχημένα στο αποκαλούμενο **ενεργειακό τρίλημμα** (βλ. Σχήμα 3). Όπως εύστοχα αποτυπώνεται σε σύγχρονες αναλύσεις, η ενεργειακή μετάβαση είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη μέσο-μακροπρόθεσμα της κοινωνικής ευημερίας παρά το σημαντικό οικονομικό κόστος που συνεπάγεται. Με άλλα λόγια, το κόστος που θα απαιτηθεί για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης εκτιμάται ότι θα είναι πολλαπλάσιο από το κόστος της ενεργειακής μετάβασης. Ενεργειακή μετάβαση όμως δεν μπορεί να υπάρξει χωρίς την εξασφάλιση του εφοδιασμού σε ενέργεια, κάτι που υπό την ευρεία έννοια περικλείει τη διαθεσιμότητα πόρων αλλά και την ασφάλεια - ανθεκτικότητα των υποδομών του ενεργειακού συστήματος.

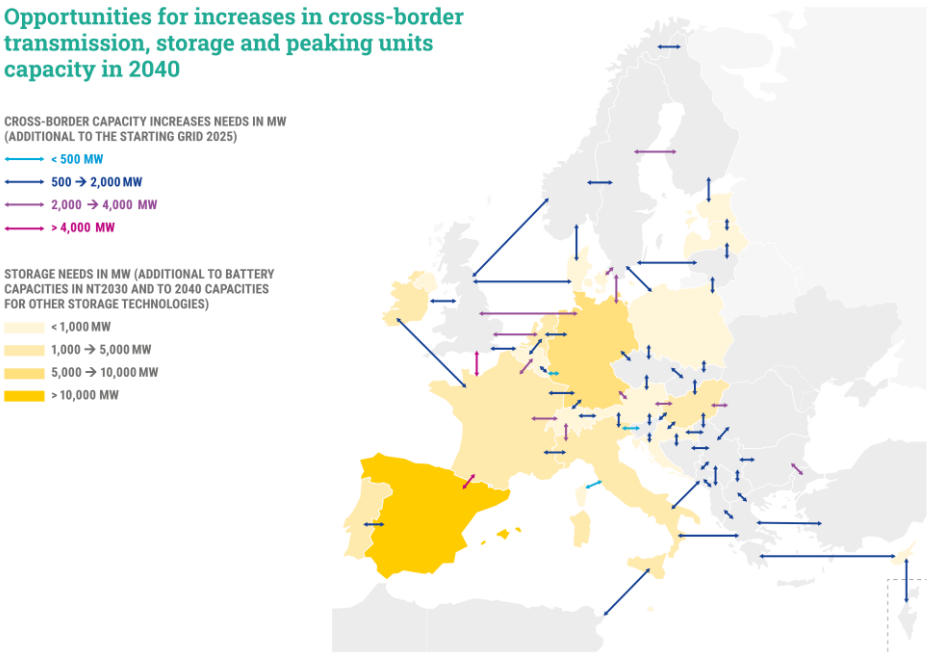
Η ενεργειακή μετάβαση σε ένα σύστημα που θα βασίζεται στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές συνεπάγεται ανατρεπτικές αλλαγές σε τεράστια κλίμακα στην ενεργειακή βιομηχανία στις επόμενες δεκαετίες. Η παραγωγή της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές είναι μόνο η μία όψη των αλλαγών καθώς παράλληλα απαιτείται να υπάρξουν επενδύσεις σε δίκτυα μεταφοράς και διανομής για την υποστήριξη της αυξημένης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας που θα επιφέρει ο εξηλεκτρισμός των χρήσεων, η περαιτέρω ανάπτυξη διασυνδέσεων των εθνικών συστημάτων, η ενσωμάτωση σε σημαντική κλίμακα υποδομών αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας και η εισαγωγή τεχνολογιών για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας.

[24] *IEA World Energy Outlook 2021, page 195*
[25] *ENTSO-E "Vision A Power System for a Carbon Neutral Europe", 2022*



Σχήμα 3 Το ενεργειακό τρίλημμα.

Οι επενδύσεις στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να αυξήσουν το επίπεδο κοινωνικοοικονομικής ευημερίας. Με αναφορά την Ευρώπη και όπως προκύπτει από το Δεκαετές Πρόγραμμα Ανάπτυξης του Ευρωπαϊκού Δικτύου (έκδοση 2022 από τον ENTSO-E – βλ. Σχήμα 4), η αύξηση της ικανότητας μεταφοράς των διασυνοριακών διασυνδέσεων κατά 64 GW συνολικά, απαιτεί ετήσιες επενδύσεις της τάξης των 2 δισεκατομμυρίων ευρώ ετησίως έως το 2030. Υπολογίζεται ότι οι ως άνω επενδύσεις θα συνεισφέρουν στη μείωση του συνολικού ενεργειακού κόστους κατά περίπου 5 δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως. Η τάση αυτή επιβεβαιώνεται και στην αμέσως επόμενη δεκαετία 2030-2040, με πρόβλεψη επενδύσεων περί τα 6 δισεκατομμύρια ευρώ ανά έτος (σε διασυνοριακή μεταφορική ικανότητα, αποθήκευση και μονάδες αιχμής) που συντελούν σε ετήσια μείωση του ενεργειακού κόστους κατά περίπου 9 δισεκατομμύρια ευρώ.



Σχήμα 4 Ανάγκες επέκτασης ευρωπαϊκού συστήματος το 2040 σύμφωνα με το TYNDP 2022[26]

[26] *ENTSO-E, Ten Year Network Development Plan 2022*

Η Επικράτηση των ΑΠΕ και τα Δίκτυα

Είναι εμφανές ότι στην πορεία διαμόρφωσης ενός ενεργειακού τομέα μηδενικών εκπομπών άνθρακα, θα αυξάνονται διαρκώς τόσο το μερίδιο των ΑΠΕ στην παραγωγή (μέχρι την πλήρη κυριαρχία τους) όσο και το μερίδιο του ηλεκτρισμού στην τελική χρήση της ενέργειας. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον, ο ρόλος των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ) καθίσταται κρίσιμος και κομβικός. Για να ανταποκριθούν τα ΣΗΕ στην αποστολή τους στο νέο περιβάλλον, απαιτείται η μετεξέλιξη και προσαρμογή τους στις ιδιότητες των κυρίαρχων ΑΠΕ (στοχαστικότητα, έντονη μεταβλητότητα).

Ποιες είναι όμως οι προκλήσεις που θα αντιμετωπίσει ένα ηλεκτρικό σύστημα που βασίζεται στις ΑΠΕ; Για να δοθεί απάντηση στο ερώτημα αυτό θα πρέπει να στρέψουμε την προσοχή μας στα θεμελιώδη μεγέθη που χαρακτηρίζουν την ηλεκτρική ενέργεια, δηλ. τη συχνότητα, την τάση, το ρεύμα και την ισχύ. Οι επιπτώσεις στα μεγέθη αυτά είναι ο κοινός παρονομαστής των ζητημάτων που ανακύπτουν στα σύγχρονα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας: ευελιξία, αδράνεια, ρύθμιση τάσης, στάθμη βραχυκύκλωσης, συμφόρηση, επάρκεια.

Η λειτουργία των ηλεκτρικών συστημάτων με πολύ υψηλά επίπεδα διείσδυσης μη κατανεμόμενων (non-dispatchable) ΑΠΕ (>80%) για πολλές ώρες σε ετήσια βάση, αποτελεί μια νέα πραγματικότητα η οποία διαφοροποιείται σημαντικά από τη μέχρι τώρα κατάσταση. Η διαφαινόμενη επικράτηση των μη καταναμενόμενων ΑΠΕ απαιτεί την ανάπτυξη πόρων **ευελιξίας** και **επάρκειας** στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να είναι δυνατή η συνεχής διατήρηση του ισοζυγίου παραγωγής – φορτίου και η διαθεσιμότητα εφεδρικής ισχύος. Σταδιακά αποσύρονται οι συμβατικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής, οι οποίοι παρέχουν σε σημαντικό βαθμό την αναγκαία ευελιξία και επάρκεια μέχρι σήμερα. Το κενό που προκύπτει επιχειρείται να αναπληρωθεί κυρίως με την ανάπτυξη συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας (σταθμοί αντλησιοταμίευσης και συστήματα συσσωρευτών) και την ανάπτυξη νέων διασυνοριακών διασυνδέσεων. Για την Ευρωπαϊκή ήπειρο όπου ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργεί υπό καθεστώς ανοιχτών αγορών, κρίσιμος παράγοντας είναι την ανάπτυξη νέων μηχανισμών αγοράς και η σύζευξη των αγορών μεταξύ των χωρών.

Για το Ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα σύμφωνα με τις διαθέσιμες αναλύσεις την επόμενη δεκαετία το ποσοστό διείσδυσης των ΑΠΕ είναι ρεαλιστικό να ανέλθει σε ποσοστά άνω του 80% ενώ το ισοζύγιο των καθαρών εξαγωγών (εξαγωγές μείον εισαγωγές) αναμένεται να γίνει θετικό και με σημαντική ωριαία μεταβολή των διασυνδετικών ροών για πολλές ώρες ετησίως.

Κρίσιμο ζήτημα αποτελεί επίσης η διαχείριση της περίσσειας διαθέσιμης ενέργειας ΑΠΕ, καθώς και των τοπικών συμφορήσεων που θα προκύπτουν σε κανονικές και έκτακτες συνθήκες λειτουργίας. Στις συνθήκες που διαμορφώνονται αναμένεται ένα τμήμα της δυνητικά διαθέσιμης ενέργειας ΑΠΕ να απορρίπτεται. Οι απορρίψεις θεωρούνται πλέον σε διεθνές επίπεδο ως ένας ακόμα πόρος ευελιξίας για το ηλεκτρικό σύστημα, ωστόσο η διατήρηση του ποσοστού απορρίψεων σε αποδεκτά επίπεδα απαιτεί το σχεδιασμό ανάπτυξης του ηλεκτρικού συστήματος με το κατάλληλο συνδυασμό μείγματος ΑΠΕ,

αποθήκευσης-άντλησης, διασυνδέσεων, διαχείριση ζήτησης και άλλων διαθέσιμων πόρων.

Για σημαντικό χρονικό διάστημα σε εξάρτηση και από τις κλιματικές συνθήκες αναμένεται περιορισμένη συμβολή των θερμικών μονάδων παραγωγής με αποτέλεσμα να αναδεικνύεται ζήτημα οικονομικής βιωσιμότητάς τους. Ο σημαντικός περιορισμός της λειτουργίας των συμβατικών μονάδων εγείρει θέματα ρύθμισης τάσης και αέργου ισχύος. Την ίδια στιγμή, δεδομένου ότι οι αιολικοί και φωτοβολταϊκών σταθμοί διαθέτουν μετατροπείς ηλεκτρονικών ισχύος αντί για σύγχρονες γεννήτριες, προκύπτουν συνθήκες περιορισμένης αδράνειας και στάθμης βραχυκύκλωσης. Σε αυτές τις συνθήκες αναμένονται και ζητήματα ευστάθειας, όπως η ευστάθεια των μετατροπέων σε δίκτυα με χαμηλή στάθμη βραχυκύκλωσης, ενώ η αναμενόμενη μείωση της στάθμης βραχυκύκλωσης θα επηρεάσει τα συστήματα προστασίας που χρειάζονται ανασχεδιασμό. Επί πλέον, η ευρεία χρήση μετατροπέων αναμένεται να επηρεάσει την ποιότητα ισχύος.

Συνοψίζοντας, τα κυριότερα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι τα ακόλουθα:

- Αύξηση της ευελιξίας των διαθέσιμων πόρων παραγωγής για την αποτελεσματική αποκατάσταση της ισορροπίας παραγωγής-φορτίου λόγω της τυχαιότητας και μεταβλητότητας της παραγωγής των ΑΠΕ που εξαρτώνται ισχυρά από τις καιρικές συνθήκες.

- Σχεδιασμός των μελλοντικών δικτύων αλλά και προετοιμασία και οργάνωση της λειτουργίας του˙ τα ηλεκτρικά δίκτυα στο μέλλον θα πρέπει να αποκτήσουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες από το σημερινό.

- Ανάπτυξη νέων ενεργειακών υποδομών με επιτάχυνση της ανάπτυξης των ηλεκτρικών δικτύων και ασφάλεια χρηματοδότησης των απαιτούμενων επενδύσεων.

- Σχεδιασμός της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας με νέους μηχανισμούς και προϊόντα που να εξασφαλίζουν μακροπρόθεσμα την αδιατάρακτη ανάπτυξη των σταθμών παραγωγής από ΑΠΕ και να περιλαμβάνουν νέες επικουρικές υπηρεσίες για αποτελεσματική ρύθμιση τάσης και συχνότητας, εξασφάλιση ευελιξίας, αδράνειας κλπ.

- Συστηματική και θεσμοθετημένη συνεργασία των Διαχειριστών μεταφοράς και διανομής, δεδομένου ότι ένα μεγάλο μέρος της νέας παραγωγής ΑΠΕ διασπείρεται στα δίκτυα διανομής τα οποία αποκτούν νέες ιδιότητες και δυνατότητες καθώς παύουν να είναι παθητικά (εξυπηρέτηση μόνο φορτίων).

- Ψηφιοποίηση (digitalization) της λειτουργίας δικτύων μεταφοράς και διανομής.

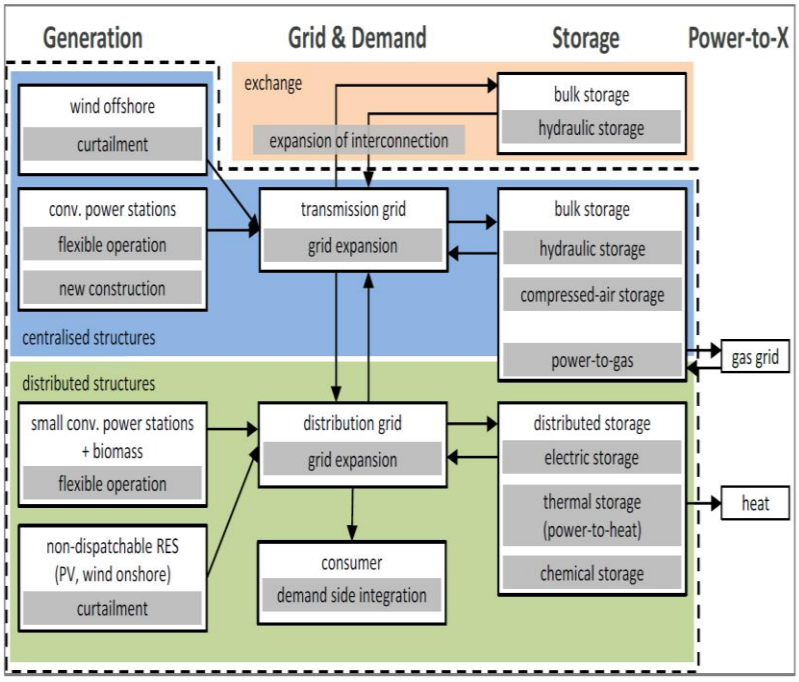
Η πρόκληση της ευελιξίας

Με τον όρο **ευελιξία** αναφερόμαστε στην ικανότητα του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας να εξισορροπεί την παραγωγή με τη ζήτηση αντιμετωπίζοντας αποτελεσματικά τη μεταβλητότητα και την αβεβαιότητα στη ζήτηση, την παραγωγή και τη διαθεσιμότητα του δικτύου. Στην πορεία προς την απο-ανθρακοποίηση, η φύση και το μέγεθος των αναγκών ευελιξίας αλλά και το χαρτοφυλάκιο των διαθέσιμων πόρων ευελιξίας θα εξελιχθούν (βλ. Σχήμα 5). Το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής θα σταματήσει σταδιακά να βασίζεται στην κατανεμόμενη παραγωγή από θερμικές μονάδες με ορυκτά καύσιμα οι οποίες παρέχουν σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό τόσο της ευελιξίας όσο και των άλλων απαραίτητων επικουρικών υπηρεσιών με συνέπεια να απαιτείται η έγκαιρη ανάπτυξη πολλαπλών πόρων ευελιξίας προερχόμενων από τεχνολογίες κλιματικής ουδετερότητας, συμπεριλαμβανομένης της ευέλικτης παραγωγής, της διαχείρισης ζήτησης, της αποθήκευσης και πρακτικών ευέλικτης χρήσης του δικτύου.

Από τη σκοπιά του συστήματος οι ανάγκες ευελιξίας μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κύριους τύπους, καθένας από τους οποίους απαιτεί διαφορετικούς πόρους:

- **ευελιξία μικρής διάρκειας** που αφορά χρονική κλίμακα από χιλιοστά του δευτερολέπτου έως μερικές ώρες, για την εξισορρόπηση του ισοζυγίου ισχύος μέσα στην ημέρα και την διασφάλιση της ευστάθειας του συστήματος,

- **ευελιξία μεγάλης διάρκειας** που αφορά χρονική κλίμακα έως και αρκετές εβδομάδες, για κάλυψη μεγάλων περιόδων με έλλειψη αιολικής, ηλιακής και υδροηλεκτρικής παραγωγής.



Σχήμα 5 Πηγές Ευελιξίας στην Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας[27]

[27] Kai Hufendiek, Martin Steurer, Sebastian Bothor, *"A Cost Effective Mix of Flexibility Options for*

Οι δύο τύποι πόρων ευελιξίας δρουν συμπληρωματικά: οι πόροι μικρής διάρκειας πρέπει να παρέχουν αποδοτικά σημαντικά μεγέθη ισχύος, ενώ οι πόροι μεγάλης διάρκειας να προσφέρουν μεγάλες ποσότητες αποθηκευμένης ενέργειας. Οι καταλληλότεροι πόροι ευελιξίας για την κάλυψη μιας συγκεκριμένης ανάγκης θα επιλέγονται βάσει μηχανισμών που βασίζονται σε αγορές επικουρικών υπηρεσιών με ανάπτυξη κατάλληλων προϊόντων.

Οι πόροι που σχετίζονται με την πλευρά της ζήτησης και με την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας έχουν προοπτικές να αποτελέσουν σημαντικούς παρόχους ευελιξίας μικρής διάρκειας. Σε αυτούς συγκαταλέγονται οι ενεργοί καταναλωτές/παραγωγοί (prosumers) με δυνατότητα προσαρμογής της ζήτησης/παραγωγής τους και οι τεχνολογικές εφαρμογές όπως «όχημα προς δίκτυο» (vehicle to grid), για τις οποίες η συνεργασία μεταξύ Διαχειριστών Συστημάτων Μεταφοράς και Δικτύων Διανομής είναι απαραίτητη προϋπόθεση για να καταστούν δυνατές και αποδοτικές.

Από την άλλη πλευρά, πέρα από την κατανεμόμενη υδροηλεκτρική παραγωγή και αντλιοταμίευση (για την οποία η περαιτέρω ανάπτυξη μεγάλης κλίμακας αποτελεί μεγάλης δυσκολίας εγχείρημα στο μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης) υπάρχουν πολύ λίγες πηγές ευελιξίας μεγάλης διάρκειας. Σε αυτή την κατηγορία η πλέον υποσχόμενη λύση είναι η παραγωγή καυσίμων (π.χ. υδρογόνο μέσω ηλεκτρόλυσης νερού από ανανεώσιμες πηγές) που θα αποθηκεύονται και στη συνέχεια θα χρησιμοποιούνται είτε για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όταν το απαιτεί το σύστημα, είτε για ενεργειακές χρήσεις σε άλλους τομείς όπως η βιομηχανία, ή οι μεταφορές (βιοκαύσιμα).

Σε κάθε περίπτωση η εξέλιξη των πόρων και των αναγκών ευελιξίας θα διαφέρει σημαντικά σε κάθε χώρα με βάση τη γεωγραφία, τα τοπικά χαρακτηριστικά και τις πολιτικές. Για παράδειγμα, ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες προσβλέπουν επίσης στην παραγωγή πυρηνικής ενέργειας (μη ανανεώσιμη αλλά χωρίς εκπομπές άνθρακα πηγή ενέργειας) που η συμπερίληψή της στο μείγμα βελτιώνει εν μέρει την επάρκεια και την ευελιξία. Για να καταστεί δυνατή η ασφαλής ενεργειακή μετάβαση η ανάπτυξη πόρων ευελιξίας μικρής και μεγάλης διάρκειας θα πρέπει να συντονιστεί με την ενσωμάτωση των ΑΠΕ και τη σταδιακή κατάργηση της παραγωγής με χρήση ορυκτών καυσίμων.

Σε αυτό το πλαίσιο, τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας θα διαδραματίσουν βασικό ρόλο στην ανταλλαγή ενεργειακών πόρων όσο και πόρων ευελιξίας εντός του «διασυνδεδεμένου Ευρωπαϊκού Συστήματος», μειώνοντας έτσι το συνολικό ποσό των απαιτήσεων ευελιξίας που πρέπει να καλύπτονται από κάθε εθνικό σύστημα χωριστά. Στο πλαίσιο αυτό, η αλληλεξάρτηση των εθνικών συστημάτων στην Ευρώπη θα αυξηθεί δραματικά.

Η ανάπτυξη νέων διασυνδέσεων στοχεύει στην ενίσχυση του επιπέδου διασυνδεσιμότητας των ηλεκτρικών συστημάτων για την αύξηση των διασυνοριακών ροών ενέργειας, την συνεκμετάλλευση των εφεδρειών και τον περιορισμό των διασυνοριακών συμφορήσεων. Στα αναμενόμενα οφέλη

Integrating a High Share of Variable Renewables", Elements Of A New Target Model For European Electricity Markets, July 2015, Paris

συγκαταλέγονται η αύξηση της διείσδυσης ΑΠΕ με τη μείωση απορρίψεων και η συμβολή στη σύγκλιση τιμών σε περιφερειακό επίπεδο.

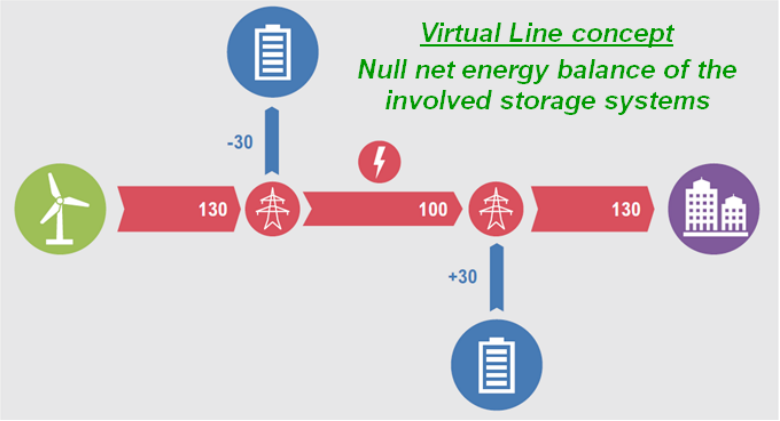
Στο επίπεδο του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς την επόμενη περίοδο πέρα από την δεύτερη διασύνδεση με Βουλγαρία που βρίσκεται στο τελικό στάδιο υλοποίησης προγραμματίζονται νέες διασυνδέσεις με όλες τις γειτονικές χώρες (δεύτερη διασύνδεσης με Ιταλία, Αλβανία, Τουρκία, αναβάθμιση διασύνδεσης με Βόρεια Μακεδονία, βλ. Σχήμα 6). Αξίζει να σημειωθεί ότι βάσει της ιδιαίτερης γεωπολιτικής θέσης της χώρας στη νοτιοανατολική Μεσόγειο έχει ανοίξει επίσης το τελευταίο διάστημα η συζήτηση γύρω από την υλοποίηση διηπειρωτικών διασυνδέσεων (π.χ. Ελλάδα-Αίγυπτος) που συνοδεύονται ωστόσο από σημαντικές τεχνικές δυσκολίες και προκλήσεις.

Σχήμα 6 Υφιστάμενες και προγραμματισμένες ηλεκτρικές διασυνδέσεις Ελληνικού Συστήματος

Σε βασικό πόρο ευελιξίας εξελίσσονται επίσης οι Σταθμοί Αποθήκευσης, οι οποίοι εκτός από τη βασική συμμετοχή τους στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας με την οποία θα οδηγήσουν σε μετατόπιση ενέργειας κατά τη διάρκεια της μέρας και κατά συνέπεια σε μείωση της περίσσειας ενέργειας ΑΠΕ, αναμένεται να παρέχουν ένα σύνολο από επικουρικές υπηρεσίες που σχετίζονται με την εύρυθμη λειτουργία του Συστήματος όπως η παροχή εφεδρειών, η διαχείριση ροών για την αποσυμφόρηση τοπικά του δικτύου και η συμβολή στην επάρκεια – ευελιξία (ταχεία εφεδρεία) του συστήματος. Η αξιοποίηση αυτών των δυνατοτήτων ωστόσο προϋποθέτει τη σχεδίαση κατάλληλων μηχανισμών αγοράς.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ιδέα των «εικονικών γραμμών μεταφοράς» (βλ. Σχήμα 7) που αξιοποιούν την αποθήκευση με ουδέτερο πρόσημο για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (με παράλληλη και «αντίθετη» λειτουργία Σταθμών αποθήκευσης εκατέρωθεν ενός εικονικού διαδρόμου μεταφοράς). Με τον τρόπο αυτό καθίσταται δυνατή η αναβολή ή/και αποφυγή κατασκευής νέων γραμμών μεταφοράς. Οι πρώτες εφαρμογές αυτού του είδους υλοποιούνται ήδη σε Ευρωπαϊκές χώρες (ενδεικτικά: έργο RINGO της RTE στη Γαλλία, έργο Grid Booster της TenneT στη Γερμανία, έργο της Terna στην Ιταλία[28])

[28] *IRENA (2020), Virtual power lines, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi*

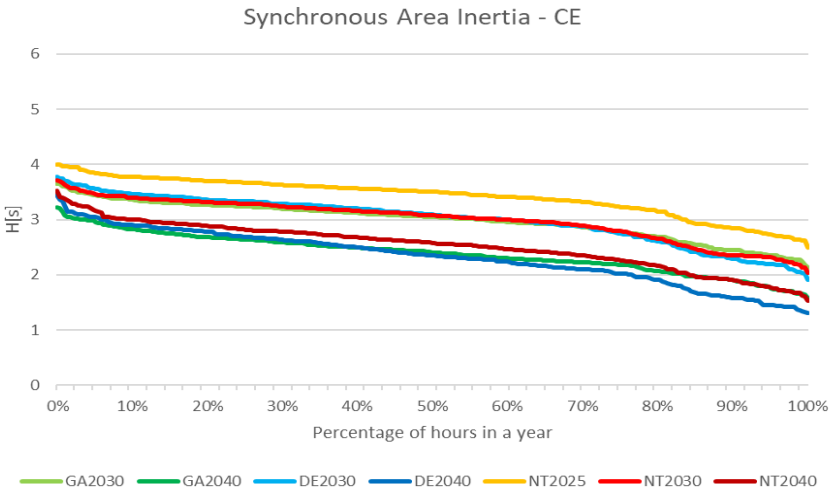


Σχήμα 7 Αποθήκευση κσι Εικονικές Γραμμές Μεταφοράς[29]

Η πρόκληση της αδράνειας

Ο παροπλισμός των θερμοηλεκτρικών σταθμών που αποτελούνται από σύγχρονες γεννήτριες με μεγάλες στρεφόμενες μάζες και η αντικατάστασή τους από μονάδες που συνδέονται μέσω μετατροπέων, οδηγεί σε έλλειψη αδράνειας στο σύστημα. Υψηλότερη αδράνεια σημαίνει μεγαλύτερη ικανότητα αντοχής στις διαταραχές του ισοζυγίου παραγωγής-φορτίου, διατηρώντας παράλληλα τη συχνότητα του συστήματος εντός αποδεκτών ορίων διακύμανσης, ενώ η μικρότερη αδράνεια συνεπάγεται μειωμένη ικανότητα αντιμετώπισης διαταραχών. Στο πλαίσιο αυτό οι μικρές σύγχρονες περιοχές θα έρθουν αντιμέτωπες με ταχείες και μεγάλες αποκλίσεις συχνότητας μετά από απώλεια παραγωγής ενώ για τις μεγάλες σύγχρονες περιοχές όπως το ηπειρωτικό Ευρωπαϊκό Σύστημα αναμένεται ότι θα υπάρχει αντίστοιχο θέμα στις περιπτώσεις σημαντικών διαταραχών, και κυρίως σε διαταραχές που οδηγούν στο διαχωρισμό του συστήματος (system split).

Για το Ευρωπαϊκό Σύστημα σύμφωνα με τις μελέτες του ENTSO-E αναμένεται σταθερή τάση στη μείωση της αδράνειας από το 2025 έως το 2040 (βλ. Σχήμα 8).



Σχήμα 8 Αδράνεια στο Ευρωπαϊκό Σύστημα για σενάρια από το2025 έως το 2040[30]

[29] *ENTSO-E, Position Paper, "Energy Storage and Storage Services", October 2016*
[30] *ENTSO-E, "The inertia challenge in Europe –Present and long-term perspective", Insight Report, January 2021*

Η αδράνεια των στρεφόμενων μαζών είναι ένα από τα μέσα για τη βελτίωση της ευστάθειας συχνότητας, καθώς περιορίζει το ρυθμό μεταβολής της συχνότητας, όμως η ελάχιστη απαιτούμενη αδράνεια εξαρτάται από παραμέτρους του συστήματος. Οι μονάδες με μετατροπείς που έχουν τη δυνατότητα γρήγορης μεταβολής του επιπέδου παραγωγής των συμβάλλουν στη μείωση του ρυθμού μεταβολής της συχνότητας(Fast Frequency Response), δηλαδή βοηθούν την εξισορρόπηση παραγωγής-φορτίου ταχύτερα από την πρωτεύουσα ρύθμιση που προσφέρουν οι σύγχρονες μονάδες.

Μόνιμη στρεφόμενη αδράνεια χωρίς να επιβάλλονται τεχνικοί περιορισμοί στους συμμετέχοντες παραγωγούς στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να προσφέρει η τεχνολογία των σύγχρονων πυκνωτών (synchronous condensers). Οι σύγχρονοι πυκνωτές είναι σύγχρονες μηχανές, που λειτουργούν χωρίς κινητήρια μηχανή (prime mover), στρέφονται χωρίς φορτίο με διέγερση ρυθμιζόμενη σε μια ευρεία περιοχή τιμών. Οι σύγχρονοι πυκνωτές υποστηρίζουν την τάση του δικτύου παρέχοντας δυναμική ρύθμιση αέργου ισχύος, συμβάλλουν στη συνολική στάθμη βραχυκυκλώσεως στον κόμβο δικτύου όπου συνδέονται, παρέχουν στήριξη τάσης του ηλεκτρικού δικτύου αποδίδοντας άεργο ισχύ κατά τη διάρκεια βυθίσεων τάσης ενώ σε συνδυασμό με εγκατάσταση σφονδύλων (flywheels) συνεισφέρουν στην αύξηση της αδράνειας του συστήματος. Πρόκειται για ώριμη τεχνολογία με πλήθος εμπορικών εφαρμογών καθώς σύγχρονοι πυκνωτές κατασκευάζονται εδώ και περίπου έναν αιώνα και μέχρι πρότινος είχαν χρησιμοποιηθεί για την παροχή αέργου ισχύος στα δίκτυα για την αντιστάθμιση υψηλών επαγωγικών φορτίων.

Τέλος, η ένταξη μετατροπέων με δυνατότητα να παρέχουν αδράνεια “προσομοιώνοντας” τις φυσικές ιδιότητες των σύγχρονων γεννητριών, μπορεί να συμβάλλει στην αντιμετώπιση της πρόκλησης της μειωμένης αδράνειας των ηλεκτρικών συστημάτων.

Επίλογος

Τα τεχνικά θέματα που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα, αποτελούν σημαντικές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν με κατάλληλο σχεδιασμό ώστε να διατηρηθούν τα υψηλά επίπεδα ασφάλειας και αξιοπιστίας του συστήματος και να ληφθούν έγκαιρα κατάλληλα μέτρα ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι όποιοι τεχνικοί κίνδυνοι και περιορισμοί που ενδέχεται να προκύψουν. Στο τοπίο που διαμορφώνεται είναι απαραίτητος ο επαναπροσδιορισμός του βραχυπρόθεσμου και μακροπρόθεσμου σχεδιασμού των ηλεκτρικών συστημάτων με νέες μεθοδολογίες και νέα εργαλεία που θα ενσωματώνουν προηγμένες μεθόδους ανάλυσης προκειμένου να αξιολογείται ρεαλιστικά η συνεισφορά των διαθέσιμων τεχνολογιών στην παροχή της απαιτούμενης επάρκειας και ευελιξίας. Οι αναλύσεις πρέπει πλέον να εκτείνονται όχι μόνο στα πλαίσια των εθνικών συστημάτων, αλλά να λαμβάνουν υπόψη ευρύτερες γεωγραφικές περιοχές, έως και το σύνολο των διασυνδεδεμένων συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρωπαϊκής περιμέτρου επιχειρώντας την από κοινού προσομοίωση της βέλτιστης οικονομικής λειτουργίας τους.

Κύριο χαρακτηριστικό των μεθοδολογιών προσομοίωσης της λειτουργίας των ηλεκτρικών συστημάτων είναι ο συνυπολογισμός της επίδρασης των βασικότερων στοχαστικών παραγόντων, όπως οι κλιματολογικές συνθήκες (θερμοκρασίες, υγρασία, ταχύτητα ανέμου κλπ), οι υδρολογικές συνθήκες (υγρό, μέσο και ξηρό έτος) και οι απρόβλεπτες βλάβες μονάδων ή διασυνδετικών γραμμών και η εκτέλεση πλήθους προσομοιώσεων Monte-Carlo, που παράγονται από τη συνδυαστική στοχαστική διαδικασία. Στις μελέτες δικτύου η παραδοσιακή προσέγγιση των μελετών σε λίγα επιλεγμένα στιγμιότυπα (π.χ. μέγιστο – ελάχιστο φορτίο, με – χωρίς ΑΠΕ κλπ.) δίνει τη θέση της στην ολιστική προσέγγιση προσομοίωσης 8760 ωρών της λειτουργίας του δικτύου με συνδυασμό των λογισμικών εργαλείων προσομοίωσης Αγοράς και Δικτύων για την ολοκληρωμένη ανάλυση των Συστημάτων στο πεδίο του χρόνου και ενσωμάτωση στοχαστικότητας στα κριτήρια ασφάλειας.

Ιδιαίτερη σημασία αποκτά η συνεκτίμηση της επίδρασης της οικονομικής βιωσιμότητας των διαθέσιμων πόρων, υφιστάμενων και μελλοντικών, με τις νέες επενδύσεις να αξιολογούνται ως προς την οικονομική τους βιωσιμότητα, ενώ παράλληλα εκτιμάται ο κίνδυνος από την απόσυρση οικονομικά ζημιογόνων μονάδων.

Συνοψίζοντας, η ενεργειακή μετάβαση είναι απαραίτητη για την κοινωνικοοικονομική ευημερία αλλά είναι ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο και δύσκολο εγχείρημα καθώς απαιτεί ριζικές και σε βάθος αλλαγές στην ανάπτυξη και λειτουργία των ΣΗΕ. Παράλληλα πρέπει να εξασφαλισθεί η ασφάλεια εφοδιασμού. Στον δρόμο για την ενεργειακή μετάβαση τα ηλεκτρικά συστήματα θα βρεθούν αντιμέτωπα με μια σειρά προκλήσεων με επίδραση στα θεμελιώδη μεγέθη (συχνότητα, τάση, ρεύμα, ισχύς). Στο πλαίσιο αυτό αναγνωρίζεται ήδη η ανάγκη για ευελιξία και επάρκεια ισχύος από μια ποικιλία πηγών (ΑΠΕ, διασυνδέσεις, αποθήκευση κ.α.). Οι απότομες ράμπες μεταβολής, οι τοπικές συμφορήσεις, η έλλειψη αδράνειας και ρεύματος βραχυκύκλωσης και τα θέματα ρύθμισης τάσης αποτελούν σημαντικές τεχνικές προκλήσεις που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν.

Στη χώρα μας, για την αντιμετώπιση των τεχνικών προκλήσεων που συνεπάγεται η ενεργειακή μετάβαση προς ένα ηλεκτρικό σύστημα που βασίζεται στις ΑΠΕ απαιτείται η έγκαιρη ανάληψη πολύπλευρων δράσεων. Ο κατάλληλος συνδυασμός μείγματος ΑΠΕ, αποθήκευσης, διασυνδέσεων και η εκμετάλλευση μικρών απορρίψεων ενέργειας από σταθμούς ΑΠΕ (ως ενός ακόμα πόρου ευελιξίας), μπορεί να οδηγήσει έως το τέλος της τρέχουσας δεκαετίας σε πολύ μεγάλα ποσοστά συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο, γεγονός που αποτελεί και το ζητούμενο της ενεργειακής μετάβασης. Ωστόσο, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο ζήτημα της οικονομικής βιωσιμότητας των θερμικών μονάδων και την επίδρασή του στην αναγκαιότητα επάρκειας του Συστήματος μεσοπρόθεσμα.

Στην πορεία αυτή αντιστοιχεί κρίσιμος ρόλος στους Διαχειριστές Συστήματος και Δικτύου που θα πρέπει να εστιάσουν στη θεσμική τους αποστολή για την εκπλήρωση των στόχων στην προοπτική της ενεργειακής μετάβασης.

Η Αποθήκευση Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα: Τρέχουσα Κατάσταση και Προοπτικές

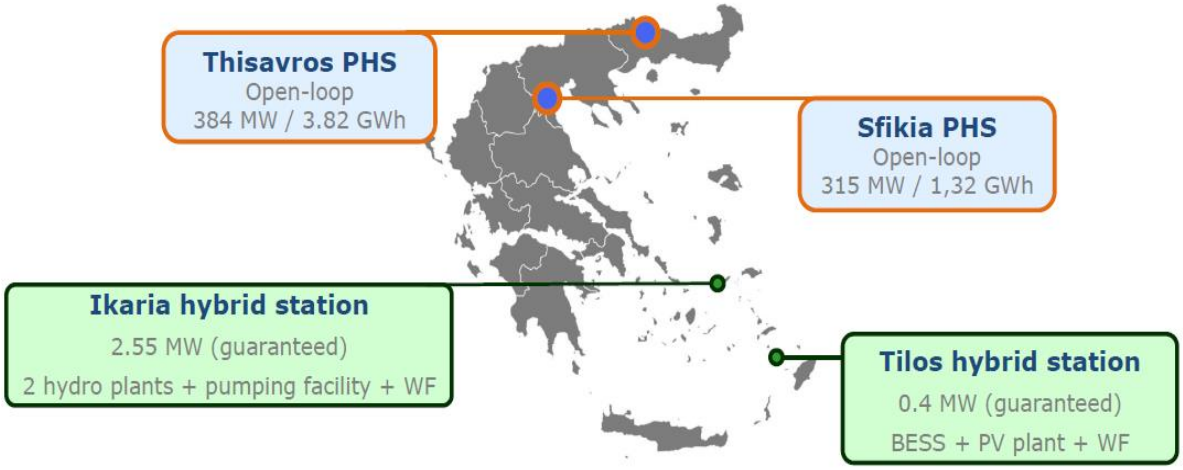
του Σταύρου Αθ. Παπαθανασίου, Καθ. ΕΜΠ

Εισαγωγή

Ο μετασχηματισμός των ενεργειακών συστημάτων για την ταχεία επίτευξη στόχων αποανθρακοποίησης αναδεικνύει τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) στις κυρίαρχες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και οδηγεί στη διαμόρφωση ενός συστήματος παραγωγής που βασίζεται σε στοχαστικές, μεταβλητές και πάντως μη κατανεμόμενες πηγές. Η διαχείριση της μεταβλητότητας της διαθέσιμης παραγωγής και η προσαρμογή της στο προφίλ της ζήτησης, το οποίο διαχρονικά παρουσιάζει αξιοσημείωτη σταθερότητα ως προς τη μορφή του, προϋποθέτει την ανάπτυξη δυνατοτήτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που ξεπερνούν κατά πολύ τις διαθέσιμες στα σημερινά συστήματα.

Παρότι η διαπίστωση αυτή αποτελεί κοινό τόπο, η αποθήκευση ενέργειας επί σειρά ετών αντιμετωπιζόταν ως ζήτημα ακαδημαϊκού ενδιαφέροντος, με πιθανολογούμενη μελλοντική σημασία, αλλά χωρίς αίσθηση επείγοντος και με πλήρη απουσία ουσιαστικού επενδυτικού ενδιαφέροντος, τουλάχιστον στην ελληνική πραγματικότητα. Εξαίρεση αποτέλεσαν τα μη διασυνδεδεμένα νησιά (ΜΔΝ), όπου το πλαίσιο των υβριδικών σταθμών που εισήγαγε ο ν.3468/2006 συγκέντρωσε κάποιο επενδυτικό ενδιαφέρον, μέχρι το 2016, οπότε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή απέρριψε το πλαίσιο αποζημίωσης των έργων στη βάση του αποφευγόμενου κόστους παραγωγής του εκάστοτε νησιωτικού συστήματος, θεωρώντας τη βιωσιμότητά των επενδύσεων ως το αποκλειστικό κριτήριο για τον καθορισμό της αποζημίωσης των έργων.

Στο ελληνικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργούν σήμερα 2 μεγάλοι αναστρέψιμοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί της ΔΕΗ Α.Ε., συνολικής ισχύος 700 MW, καθώς και δύο υβριδικοί σταθμοί μικρού μεγέθους, οι οποίοι συνδυάζουν μονάδες παραγωγής ΑΠΕ και διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1. Έργα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας στην ελληνική επικράτεια.

Η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας ενεργοποιήθηκε ως επενδυτική προοπτική κατά τα προηγούμενα δύο έτη, 2021 και 2022. Καταλύτης ήταν βεβαίως η δραματική επιτάχυνση των ρυθμών απανθρακοποίησης του ενεργειακού συστήματος και η αναβάθμιση των στόχων διείσδυσης ΑΠΕ, σε επίπεδα εξαιρετικά πιο φιλόδοξα σε σχέση με το παρελθόν. Με βάση τους στόχους διείσδυσης των ΑΠΕ του εγκεκριμένου Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) [1], της τάξης του 60% για το 2030, η απαιτούμενη πρόσθετη ισχύς έργων αποθήκευσης προσδιορίστηκε το 2020 με σχετική μελέτη της ΡΑΕ [2] σε περίπου 1.5-2.0 GW, μοιρασμένη σε έργα μικρής (2 h) και μέσης (6 h ή μεγαλύτερης) αποθηκευτικής διάρκειας. Με την αναθεώρηση του ΕΣΕΚ που βρίσκεται σε εξέλιξη, η οποία αναμένεται να επιδιώξει στόχους διείσδυσης ΑΠΕ της τάξης του 80% για το 2030, η αναγκαία χωρητικότητα αποθηκευτικών σταθμών αναμένεται να είναι σημαντικά υψηλότερη, κατ' εκτίμηση σε επίπεδα άνω των 3-4 GW.

Ταυτόχρονα, το επενδυτικό ενδιαφέρον εδραιώθηκε, με περίπου 20 GW έργων αποθήκευσης ήδη αδειοδοτημένων ή σε φάση αξιολόγησης, ισχύς που υπερβαίνει κατά πολύ οποιαδήποτε εύλογη ανάγκη του συστήματός μας για το ορατό ή και το απώτερο μέλλον, αλλά είναι ενδεικτική των υψηλών προσδοκιών της επενδυτικής κοινότητας. Ένα μικρό μέρος των έργων, της τάξης των 3-4 GW, αντιστοιχεί σε έργα αντλησιοταμίευσης, με την υπόλοιπη ισχύ να αφορά αποθήκευση συσσωρευτών, σχεδόν αποκλειστικά τεχνολογίας ιόντων λιθίου, αναπτυσσόμενη με τη μορφή έργων καθαρής αποθήκευσης και δευτερευόντως συστημάτων αποθήκευσης ενσωματωμένων σε σταθμούς ΑΠΕ, κυρίως φωτοβολταϊκούς (Φ/Β).

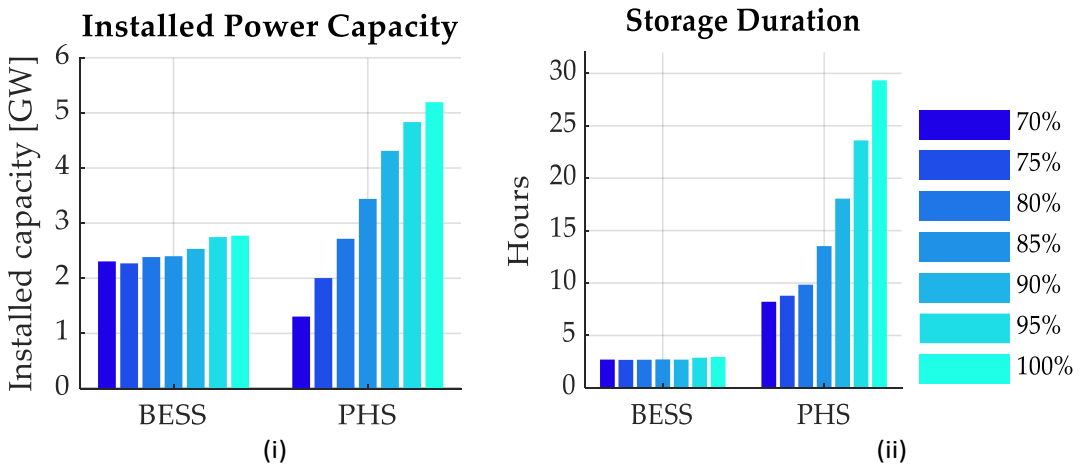
Στη συνέχεια γίνεται μια σύντομη ανασκόπηση των αναγκών αποθήκευσης του ελληνικού συστήματος και της αναμενόμενης χρησιμότητας των έργων, παρουσιάζεται το ισχύον θεσμικό και ρυθμιστικό πλαίσιο περί την αποθήκευση, το οποίο εισήχθη εντός του 2022, περιγράφονται οι υφιστάμενοι ή αναμενόμενοι μηχανισμοί στήριξης των σχετικών επενδύσεων και παρατίθενται συνοπτικά τα επόμενα βήματα για την αποτελεσματική ανάπτυξη έργων στον βαθμό που απαιτεί ο μετασχηματισμός του ηλεκτρικού μας συστήματος.

Αναγκαιότητα και Οφέλη

Η λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος της χώρας υπό πολύ μεγάλη εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ προϋποθέτει την ανάπτυξη μεγάλης αποθηκευτικής ικανότητας για τη χρονική μετάθεση της πλεονάζουσας παραγωγής ΑΠΕ σε χρονικά διαστήματα όπου υπάρχει έλλειμμα σε σχέση με τη ζήτηση. Αυτή η χρονική μετάθεση λαμβάνει χώρα οπωσδήποτε σε ημερήσια βάση, μεταξύ των μεσημβρινών ωρών ηλιοφάνειας και των βραδινών και νυχτερινών ωρών. Με την αύξηση της διείσδυσης ΑΠΕ σε επίπεδα υψηλότερα του 80%, η χρονική μετάθεση της πλεονάζουσας παραγωγής ΑΠΕ σταδιακά αποκτά υπερημερήσιο και τελικά εποχιακό χαρακτήρα, οδηγώντας σε σημαντικά υψηλότερες ανάγκες ενεργειακής χωρητικότητας των αποθηκευτικών συστημάτων, άρα και σε τεχνολογίες που μπορούν να τις εξασφαλίσουν.

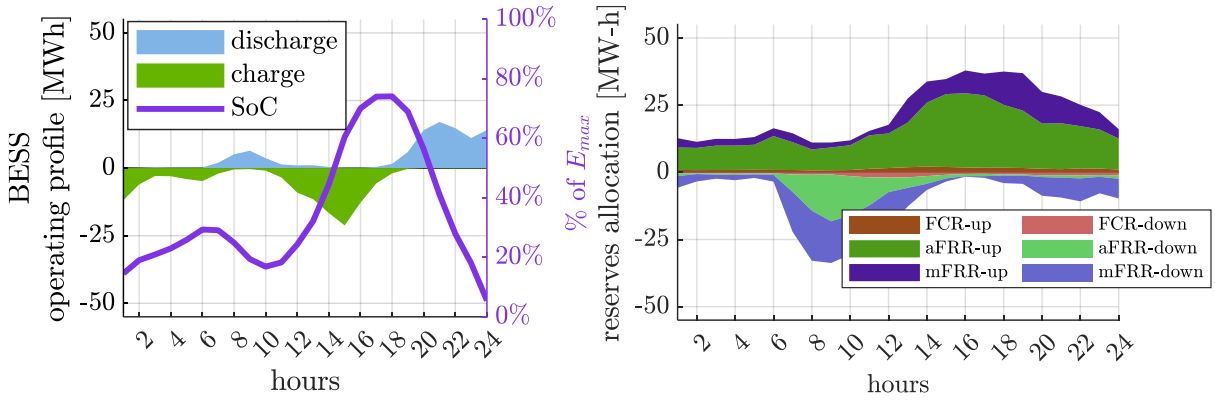
Η εισαγωγή επαρκούς αποθηκευτικής ικανότητας επιτυγχάνει σημαντικά οφέλη για το σύστημα και την αγορά, όπως η αξιοποίηση παραγωγής ΑΠΕ που διαφορετικά θα περικόπτονταν, εξαιτίας συμφόρησης σε επίπεδο συστήματος και αγορών συνολικά, αλλά και σε επίπεδο τοπικών δικτύων, η μείωση αιχμών και διαστημάτων μηδενικών ή αρνητικών τιμών στην ημερήσια αγορά, η συνολική μείωση του επιπέδου τιμών στην αγορά εξισορρόπησης, η αυξημένη ασφάλεια λειτουργίας μέσω της διαθεσιμότητας πόρων για αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών κ.ά.

Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται η εξέλιξη των αποθηκευτικών αναγκών του ελληνικού συστήματος συναρτήσει της διείσδυσης ΑΠΕ, σε όρους ισχύος και ενεργειακής χωρητικότητας, λαμβάνοντας υπόψη τις κυρίαρχες σήμερα τεχνολογίες μπαταριών ιόντων λιθίου και ανλησιοταμίευσης και αγνοώντας τις εξωτερικές διασυνδέσεις του συστήματος, θεώρηση που οδηγεί σε υπερεκτίμηση των αναγκών. Είναι εμφανής η μεγάλη αύξηση των απαιτήσεων ενεργειακής χωρητικότητας, οι οποίες εξυπηρετούνται κατά βέλτιστο τρόπο από αντλητικούς σταθμούς, ενώ αντίθετα απαιτήσεις «εντάσεως ισχύος», όπως οι υπηρεσίες εξισορρόπησης και ευελιξίας, εξυπηρετούνται κατά προτεραιότητα από τις μπαταρίες.



Εικόνα 2. Ανάγκες αποθήκευσης του ελληνικού συστήματος συναρτήσει της διείσδυσης ΑΠΕ, σε όρους (i) εγκατεστημένης ισχύος και (ii) χωρητικότητας (εκφρασμένης σε ώρες), για τις δύο κύριες τεχνολογίες μπαταριών ιόντων λιθίου και αντλησιοταμίευσης.

Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται η τυπική ημερήσια λειτουργία αποθηκευτικού σταθμού μπαταριών ισχύος 50 MW και διάρκειας 2 ωρών, όπου είναι εμφανής η κυκλικότητα της ημερήσιας λειτουργίας του, με κύριο κύκλο φόρτισης-εκφόρτισης μεταξύ μεσημβρινών και βραδινών ωρών και με δευτερεύοντα κύκλο μεταξύ νυχτερινών και πρώτων πρωινών ωρών, όπου η ζήτηση αυξάνεται ταχύτερα από τη Φ/Β παραγωγή. Ταυτόχρονα, ο σταθμός συμμετέχει στην αγορά εξισορρόπησης παρέχοντας εφεδρείες όλων των τύπων, αλλά και ενέργεια εξισορρόπησης (δεν απεικονίζεται στα διαγράμματα).

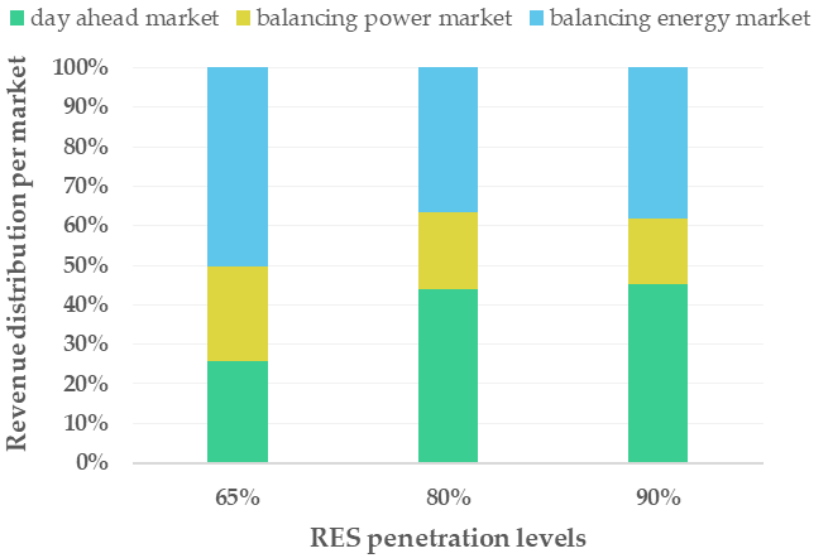


(i) (ii)

Εικόνα 3. Τυπική ημερήσια λειτουργία σταθμού αποθήκευσης 50 MW-2 ωρών, υπό συνθήκες υψηλής διείσδυσης ΑΠΕ. (α) Λειτουργία φόρτισης-εκφόρτισης, (β) Συμμετοχή στην αγορά ισχύος εξισορρόπησης.

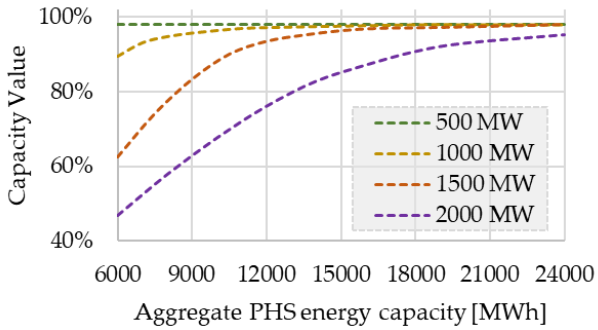
Ως αποτέλεσμα της πολύπλευρης αυτής δραστηριοποίησης, οι σταθμοί αποθήκευσης αποκομίζουν έσοδα από όλες τις αγορές και ενδεχομένως και από άλλες αμειβόμενες υπηρεσίες που μπορεί να παρέχουν στο σύστημα, εφόσον έχουν θεσπιστεί τέτοιες. Στην Εικόνα 4 παρουσιάζεται ενδεικτική ποσοστιαία σύνθεση των εσόδων ενός σταθμού μπαταριών 50 MW, 2 ωρών και συγκεκριμένα το τμήμα των ετήσιων εσόδων που προέρχεται από την ημερήσια αγορά ενέργειας (υπηρεσίες μετάθεσης ενέργειας–arbitrage), τις υπηρεσίες *ισχύος* εξισορρόπησης και την παροχή *ενέργειας* εξισορρόπησης, για τρία διαφορετικά επίπεδα ετήσιας διείσδυσης ΑΠΕ, 65%, 80% και 90% της ετήσιας ζήτησης ενέργειας. Ενώ σε σχετικά χαμηλά επίπεδα διείσδυσης ΑΠΕ κυριαρχούν τα έσοδα από την αγορά εξισορρόπησης ενέργειας και ισχύος, σε υψηλότερες διεισδύσεις αποκτούν αυξημένη σημασία τα έσοδα από την αγορά ενέργειας. Τα τελευταία είναι η κυρίαρχη πηγή εσόδων για σταθμούς μέσης και μεγάλης ενεργειακής χωρητικότητας, σε αντίθεση με τους σταθμούς μπαταριών μικρής σχετικά διάρκειας, όπου η δραστηριοποίηση στην αγορά εξισορρόπησης παίζει πιο σημαντικό ρόλο.

Σε κάθε περίπτωση, τα προσδοκώμενα έσοδα αγορών των έργων αποθήκευσης δεν επαρκούν για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας των σχετικών επενδύσεων λόγω της έντονης εξάρτησής τους από πλήθος παραγόντων (επίπεδα τιμών αγορών, διείσδυση ΑΠΕ, ανταγωνισμός με άλλους πόρους ευελιξίας κλπ.), γεγονός που καθιστά επιβεβλημένη τη θέσπιση μηχανισμών στήριξης για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας των έργων.



Εικόνα 4. Έσοδα αγορών σταθμού μπαταριών διάρκειας 2 h για διαφορετικά επίπεδα διείσδυσης ΑΠΕ στο σύστημα.

Ένα ακόμη σημαντικό όφελος από την ενσωμάτωση αποθήκευσης είναι η συμβολή της στην επάρκεια ισχύος, επιτρέποντας την πλήρη υποκατάσταση ισόποσων συμβατικών πόρων. Η συμβολή αυτή είναι δύσκολο να υπολογιστεί μονοσήμαντα, καθώς εξαρτάται από το θεωρούμενο μείγμα και διείσδυση ΑΠΕ, από τη χωρητικότητα των αποθηκευτικών συστημάτων, αλλά και από τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ τους. Στην Εικόνα 5 παρουσιάζεται ενδεικτικά η συμβολή (ως capacity value, % της εγκατεστημένης ισχύος) αποθηκευτικών σταθμών συναρτήσει της χωρητικότητάς τους, για διαφορετικά επίπεδα συνολικής εγκατεστημένης ισχύος. Παρατηρούμε ότι αποθήκες μικρής χωρητικότητας (διάρκειας σε ώρες: MWh/MW) παρουσιάζουν μειωμένη συμβολή στην επάρκεια ισχύος, η οποία καθίσταται ακόμα χαμηλότερη (κάτω του 50% της εγκατεστημένης ισχύος τους), όταν το σύστημα διαθέτει αυξημένη συνολική διαθεσιμότητα αποθηκευτικών πόρων. Αντίθετα, αποθηκευτικοί σταθμοί μεγάλης διάρκειας διατηρούν υψηλά επίπεδα συμβολής, ακόμη και για μεγάλη διείσδυση αποθηκών ενέργειας.



Εικόνα 5. Συμβολή στην επάρκεια ισχύος αποθηκευτικών σταθμών διαφορετικών επιπέδων εγκατεστημένης ισχύος, συναρτήσει της χωρητικότητάς τους.

Θεσμικό πλαίσιο

Τον Δεκέμβριο 2020 συστήθηκε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ) η Ομάδα Διοίκησης Έργου για την Αποθήκευση Ενέργειας (ΟΔΕ Αποθήκευσης) ([3]), με τη συμμετοχή όλων των αρμόδιων φορέων για θέματα αγοράς ηλεκτρισμού και ηλεκτρικών δικτύων. Η ΟΔΕ Αποθήκευσης δρομολόγησε τη θεσμική και ρυθμιστική κατοχύρωση της δραστηριότητας της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Το κείμενο της εισήγησης της ΟΔΕ ([4]) περιέλαβε προτάσεις για τα ακόλουθα θέματα:

- Αδειοδότηση σταθμών αποθήκευσης
- Πλαίσιο συμμετοχής στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας
- Τεχνικές απαιτήσεις και πρόσβαση στα δίκτυα
- Ενσωμάτωση αποθήκευσης σε εγκαταστάσεις καταναλωτών
- Ρυθμιζόμενες χρεώσεις, ιδιοκαταναλώσεις, πρόσθετες υπηρεσίες αποθήκευσης
- Σχήματα στήριξης
- Αποθήκευση στα μη διασυνδεδεμένα νησιά
- Χρονοδιάγραμμα υλοποίησης δράσεων φορέων

Βάσει αυτών ακολούθησε η κατάρτιση και η ψήφιση νομοσχεδίων τα οποία θέτουν τις βάσεις για την υλοποίηση επενδύσεων, την πρόσβαση στα δίκτυα και τη λειτουργία των έργων αποθήκευσης στις αγορές ηλεκτρισμού. Συγκεκριμένα:

- Με το άρθρο 143ΣΤ του ν.4001/2011 [5], το οποίο προστέθηκε με τον ν.4920/2022, καθιερώθηκε η δυνατότητα χορήγησης κρατικής ενίσχυσης σε επενδύσεις αποθηκευτικών σταθμών, είτε μέσω ανταγωνιστικών διαδικασιών (διαγωνισμών), είτε σε ατομική βάση, υπό την προϋπόθεση έγκρισης των σχετικών σχημάτων στήριξης από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η ενίσχυση μπορεί να χορηγείται ως αρχική επιδότηση (επενδυτική ενίσχυση), είτε ως ετήσια επιχορήγηση (λειτουργική ενίσχυση), και θα χρηματοδοτείται από ειδικό υπολογαριασμό του νέου Ειδικού Λογαριασμού ΑΠΕ και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (ΕΛΑΠΕ).

- Με τον ν. 4951/2022 [6] αναγνωρίστηκε η δραστηριότητα της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας ως διακριτή δραστηριότητα στο πλαίσιο των αγορών ηλεκτρισμού και αναπτύχθηκε η αδειοδοτική ταυτότητα των αποθηκευτικών έργων και οι σχετικές διαδικασίες. Η βασική διάκριση που γίνεται αναφορικά με την τυπολογία των έργων αποθήκευσης είναι μεταξύ καθαρών αποθηκευτικών σταθμών («ανάντη του μετρητή») και διατάξεων ενσωματωμένων σε εγκαταστάσεις χρηστών («κατάντη του μετρητή»), όπως κυρίως σταθμών ΑΠΕ. Μια περαιτέρω διάκριση της δεύτερης κατηγορίας αφορά το κατά πόσο η αποθήκη διακινεί αποκλειστικά ενέργεια ΑΠΕ ή έχει δικαίωμα να απορροφά ενέργεια και από το δίκτυο (οντότητα αγοράς, η οποία δεν κατοχυρώνει δικαίωμα λειτουργικής ενίσχυσης). Επιπλέον, προβλέπεται η ανάπτυξη αποθηκευτικών μονάδων σε καταναλωτές. Με τον ν. 4951/2022 ξεκαθάρισε επίσης ο τρόπος δραστηριοποίησης των έργων: Οι αποθηκευτικοί σταθμοί είναι μονάδες που συμμετέχουν πλήρως σε όλες στις αγορές ηλεκτρισμού, ενώ προκειμένου για διατάξεις αποθήκευσης

«κατάντη του μετρητή», δηλαδή στο εσωτερικό εγκαταστάσεων άλλων χρηστών, η λειτουργικότητά τους προσδιορίζεται από την ταυτότητα των τελευταίων. Παράλληλα, τακτοποιήθηκαν ζητήματα ρυθμιζόμενων χρεώσεων πάσης φύσεως: η αποθήκευση δεν αντιμετωπίζεται ως καταναλωτής υποκείμενος σε χρεώσεις ΥΚΩ και ΕΤΜΕΑΡ, ενώ αναφορικά με τη σύνδεση και τις χρεώσεις δικτύου και συστήματος (ΧΧΣ και ΧΧΔ), αντιμετωπίζεται κατά βάση ως παραγωγός, εκτός αν με τη λειτουργία της συμβάλλει στην αύξηση της αιχμής της ζήτησης του συστήματος. Επίσης, τέθηκαν οι αρχές για την πρόσβαση στο δίκτυο και, συγκεκριμένα, καθιερώθηκε η κατά προτεραιότητα πρόσβαση των έργων καθαρής αποθήκευσης, υπό την προϋπόθεση ότι υπόκεινται σε λειτουργικούς περιορισμούς που διασφαλίζουν ότι δεν αναλώνουν ηλεκτρικό χώρο που μπορεί να διατεθεί σε σταθμούς ΑΠΕ που αναπτύσσονται στην ίδια περιοχή.

- Τον Αύγουστο 2022, με την υπουργική απόφαση [7], καθιερώθηκαν προτεραιότητες για την πρόσβαση στο δίκτυο έργων ΑΠΕ και αποθήκευσης. Με την απόφαση αυτή αναγνωρίζεται η προτεραιοποίηση των έργων ΑΠΕ με ενσωματωμένη αποθήκευση, καθώς και των καθαρών αποθηκευτικών σταθμών, οι οποίοι υπόκεινται σε λειτουργικούς περιορισμούς που διασφαλίζουν τη μη κατάληψη ηλεκτρικού χώρου ΑΠΕ.

Αποθήκευση και συμφόρηση των δικτύων

Ιδιαίτερης μνείας χρήζουν οι προβλέψεις του ν.4951/2022 περί της δυνατότητας επιβολής λειτουργικών περιορισμών σε έργα ΑΠΕ και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, με στόχο τη βέλτιστη αξιοποίηση των υποδομών Συστήματος και Δικτύου για μεγιστοποίηση της δυνατότητας απορρόφησης ενέργειας ΑΠΕ. Πρόκειται για την πρώτη στα ελληνικά χρονικά συγκροτημένη προσπάθεια εισαγωγής σχετικού ρυθμιστικού πλαισίου, η οποία αναγνωρίζει τη σταδιακή εξάντληση του ηλεκτρικού χώρου και επιτρέπει τη λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση του ζητήματος αυτού. Συγκεκριμένα, ο νόμος δίνει στον αρμόδιο διαχειριστή συστήματος ή δικτύου τη δυνατότητα επιβολής των κατωτέρω τύπων λειτουργικών περιορισμών:

α) Μόνιμο περιορισμό της μέγιστης ισχύος παραγωγής του σταθμού σε σχέση με την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων του.

β) Περιορισμούς της μέγιστης ισχύος παραγωγής του σταθμού για προκαθορισμένες χρονικές περιόδους εντός της κάθε ημέρας κατανομής.

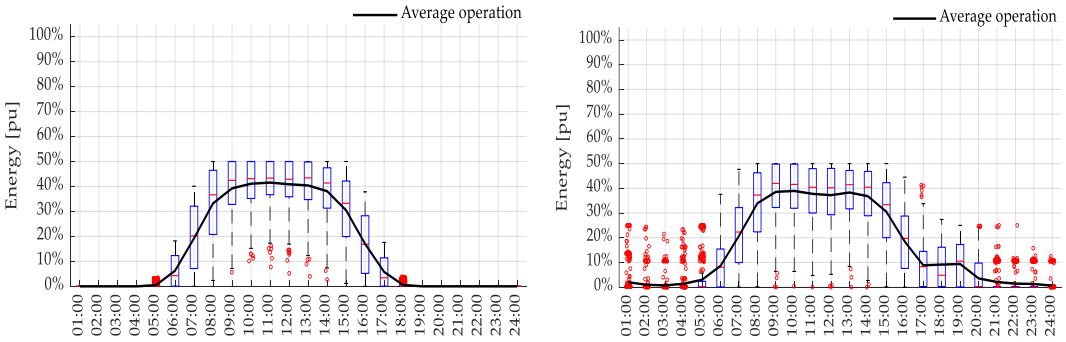
γ) Περιορισμούς που καθορίζονται με βάση την εκτιμώμενη κατάσταση λειτουργίας του τοπικού συστήματος ή δικτύου.

δ) Περιορισμούς που ενεργοποιούνται σε πραγματικό χρόνο, σε έκτακτες καταστάσεις, μέσω αυτόματων συστημάτων προστασίας και ελέγχου, οι οποίοι μπορεί να οδηγούν ακόμη και στην αποσύνδεση του σταθμού.

Περιορισμοί των τύπων (β), (γ) και (δ) προβλέπονται και για τους αμιγείς αποθηκευτικούς σταθμούς. Οι ως άνω περιορισμοί εφαρμόζονται ανεξάρτητα και επιπλέον τυχόν περιορισμών ή περικοπών των προσφορών έγχυσης που

υποβάλλονται από τους σταθμούς στο πλαίσιο της συμμετοχής τους στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην Εικόνα 6 παρουσιάζεται υπό τη μορφή διαγράμματος boxplot η λειτουργία Φ/Β σταθμού χωρίς και με αποθήκευση κατάντη του μετρητή, στον οποίο επιβάλλεται μόνιμος λειτουργικός περιορισμός τύπου (α), σε επίπεδο 50% της εγκατεστημένης ισχύος του. Παρουσία εσωτερικής αποθήκευσης, η περικοπτόμενη παραγωγή ΑΠΕ, δηλαδή το μέρος της διαθέσιμης παραγωγής που υπερβαίνει τη μέγιστη ισχύ έγχυσης στο δίκτυο, αποθηκεύεται και ανακτάται σε ώρες εκτός διαστήματος ηλιοφάνειας, κυρίως τις πρώτες βραδινές ώρες (17.00-20.00 στην Εικόνα 6(ii)), όπου οι τιμές αγοράς και η αξία της ενέργειας αυτής είναι αυξημένες, παράγοντας σημαντικό όφελος τόσο για τον ίδιο τον σταθμό, όσο και για το σύστημα και την αγορά συνολικά. Η πρόταση των Διαχειριστών για Φ/Β σταθμούς χωρίς ενσωματωμένη αποθήκευση περιλαμβάνει την επιβολή μόνιμου περιορισμού της μέγιστης ισχύος εξόδου σε επίπεδο 72-73% της εγκατεστημένης ισχύος των έργων. Με την επιλογή αυτή, ακόμη και χωρίς εσωτερική αποθήκευση, οι ετήσιες περικοπές διαθέσιμης παραγωγής ΑΠΕ λόγω υπέρβασης της μέγιστης ισχύος εξόδου δεν υπερβαίνουν το 5%. Για σταθμούς με εσωτερική αποθήκευση δεν έχει ακόμη προσδιοριστεί ο ενδεδειγμένος περιορισμός, ο οποίος οπωσδήποτε θα διαμορφωθεί σε χαμηλότερα επίπεδα.

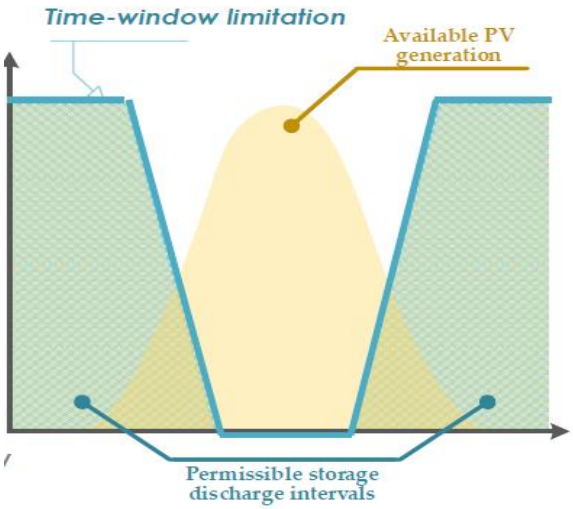


(i) *(ii)*

Εικόνα 6. Λειτουργία Φ/Β σταθμού με επιβολή περιορισμού μέγιστης εγχεόμενης ισχύος ίσης με το 50% της εγκατεστημένης. (i) Χωρίς εσωτερική αποθήκευση και (ii) με εσωτερική αποθήκη διάρκειας 0.5 h.

Στην Εικόνα 7 παρουσιάζεται η μορφή χρονικού περιορισμού τύπου (β) που επιβάλλεται στην ισχύ εξόδου αποθηκευτικού σταθμού εγκατεστημένου σε περιοχή με κορεσμό των δικτύων λόγω Φ/Β. Στον σταθμό επιβάλλεται μηδενισμός της παραγωγής του κατά τις ώρες υψηλής Φ/Β παραγωγής (η οποία φαίνεται με το ανοικτό κίτρινο χρώμα), περιλαμβανομένης και της απόδοσης ανοδικής ισχύος και ενέργειας εξισορρόπησης, χωρίς άλλη δέσμευση τις υπόλοιπες ώρες του 24ώρου. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται ότι οι αποθηκευτικοί σταθμοί δεν θα λειτουργήσουν ανταγωνιστικά προς τους σταθμούς ΑΠΕ, επιτείνοντας τον κορεσμό των δικτύων και άρα αναλώνοντας ηλεκτρικό χώρο που θα μπορούσε να διατεθεί για την υποδοχή πρόσθετης ισχύος ΑΠΕ.

Η μορφή περιορισμού που παρουσιάζεται στην Εικόνα 7 είναι κατάλληλη για περιοχές με χρονικά καθορισμένο και επαναλαμβανόμενο κορεσμό, όπως συμβαίνει όταν αυτός προκαλείται από τα Φ/Β, αλλά όχι για συνθήκες συμφόρησης που οφείλονται σε αιολικά, των οποίων η συμπεριφορά είναι στοχαστική και χρονικώς μη εντοπισμένη. Σε αυτές τις περιοχές ενδείκνυνται οι δυναμικοί περιορισμοί τύπου (γ) και (δ), των οποίων το πλαίσιο επιβολής είναι ακόμη υπό ανάπτυξη.



Εικόνα 7. Περιορισμός χρονικού παραθύρου της ισχύος εξόδου αποθηκευτικού σταθμού εγκατεστημένου σε περιοχή με κορεσμό των δικτύων λόγω Φ/Β.

Επιπλέον, είναι σκόπιμο να αναπτυχθεί πλαίσιο για την αξιοποίηση των αποθηκευτικών σταθμών με στόχο την παροχή υπηρεσιών αποσυμφόρησης των δικτύων, δηλαδή για τη δημιουργία πρόσθετου ηλεκτρικού χώρου για την υποδοχή ισχύος ΑΠΕ, αντί της απλής απαίτησης μη ανάλωσης του ήδη διαθέσιμου περιθωρίου υποδοχής ΑΠΕ. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω της επιβεβλημένης απορρόφησης ενέργειας κατά τις ώρες κορεσμού του δικτύου, λειτουργία που ασφαλώς εισάγει κόστος ή απώλεια εσόδων αγοράς στα έργα και καταρχήν οφείλει να αποζημιώνεται αναλόγως.

Πλαίσιο στήριξης των επενδύσεων αποθήκευσης

Την τελευταία διετία το Ελληνικό Κράτος προώθησε μια σειρά από διακριτά πλαίσια στήριξης επενδύσεων αποθήκευσης, σε συνδυασμό ή όχι με έργα ΑΠΕ, και πέτυχε την έγκρισή τους από την ΕΕ. Τα σχήματα αυτά εγγυώνται τις αντίστοιχες επενδύσεις, με πλήρη κάλυψη του χρηματοδοτικού τους κενού, αντισταθμίζοντας πλήρως την ανεπάρκεια ή αβεβαιότητα των εσόδων των αγορών. Μέσω αυτών, το ηλεκτρικό σύστημα της χώρας μας θα αποκτήσει το μεγαλύτερο μέρος των αναγκαίων πρόσθετων αποθηκευτικών πόρων για να υποστηριχθούν οι στόχοι διείσδυσης ΑΠΕ της επόμενης 10ετίας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται εν συντομία τα εγκεκριμένα σχήματα στήριξης:

Πλαίσιο ενίσχυσης έργων καθαρής αποθήκευσης (SA.64736 [8]). Αποσκοπεί στη χορήγηση επενδυτικής και λειτουργικής ενίσχυσης σε έργα καθαρής αποθήκευσης, κατά βάση σταθμούς μπαταριών, που συνδέονται στο σύστημα ΥΤ και λειτουργούν ανταγωνιστικά σε όλες τις αγορές ηλεκτρισμού, παρέχοντας πλήρεις υπηρεσίες εξισορρόπησης που προβλέπουν οι σημερινές αγορές ή άλλες που μπορεί να καθιερωθούν μελλοντικά. Το σχήμα έχει ως στόχο συνολική ισχύ 900 MW, καλύπτει έργα αποθήκευσης με διάρκεια τουλάχιστον 2 h και αξιοποιεί πόρους του προγράμματος RRF για τη χορήγηση της επενδυτικής ενίσχυσης, η δε λειτουργική ενίσχυση θα χορηγείται μέσω αμφίδρομου συμβολαίου διαφορών (contract for differences - CfD), με μηχανισμό ανάκτησης τυχόν υπερβαλλόντων εσόδων αγοράς. Η επιλογή των έργων προς ενίσχυση αναμένεται να γίνει εντός του 2023, με υποχρέωση θέσης σε λειτουργία το αργότερο μέχρι το τέλος του 2025.

Πλαίσιο ενίσχυσης έργων ΑΠΕ με ενσωματωμένη αποθήκευση «κατάντη του μετρητή» (SA.60064 [9]). Προβλέπει τη δυνατότητα χορήγησης λειτουργικής ενίσχυσης σε αιολικούς και ΦΒ σταθμούς με ενσωματωμένη αποθήκευση μικρής κλίμακας, κατόπιν διαγωνισμών και για συνολική ισχύ 200 MW. Αφορά έργα ισχύος άνω των 10 MW με αποθήκη χωρητικότητας τουλάχιστον ίσης με το 20% της μέγιστης ωριαίας παραγωγής των έργων ΑΠΕ και δεν επιτρέπει την απορρόφηση ενέργειας από το δίκτυο. Τα έργα εντάσσονται σε καθεστώς λειτουργικής ενίσχυσης διαφορικής προσαύξησης (FiP-ΣΕΔΠ). Αναμένεται επέκταση της ισχύος-στόχου του σχήματος και αύξηση του μεγέθους της εσωτερικής αποθήκης, ώστε να καταστεί κατάλληλη για τη διαχείριση περικοπών που θα προκύψουν από την επιβολή λειτουργικών περιορισμών στα έργα ΑΠΕ.

Πλαίσιο ενίσχυσης υβριδικών σταθμών ΑΠΕ-αποθήκευσης στα μη διασυνδεδεμένα νησιά (SA.58482, [10]). Πρόκειται για την αναβίωση του καθεστώτος των υβριδικών σταθμών των ΜΔΝ, υπό νέο καθεστώς επιλογής και αμοιβής των έργων, μετά την απόρριψη από την ΕΕ του καθεστώτος του ν.3468/2006. Προβλέπει την αμοιβή βάσει εγγυημένων τιμών (€/MWh), χωρίς αποζημίωση ισχύος, και την επιλογή έργων προς ενίσχυση μέσω ανταγωνιστικών διαδικασιών ανά σύστημα ΜΔΝ. Μετά τη διασύνδεση των νησιών οι υβριδικοί σταθμοί μεταπίπτουν σε καθεστώτος έργων ΑΠΕ με ενσωματωμένη αποθήκευση της αγοράς του ηπειρωτικού συστήματος. Επίσης περιλαμβάνει τη χορήγηση ατομικής ενίσχυσης σε περιορισμένο αριθμό ώριμων προς υλοποίηση έργων στην Κρήτη, συνολικής ισχύος έως 120 MW.

Χορήγηση ατομικής ενίσχυσης στον αντλησιοταμιευτικό σταθμό Αμφιλοχίας (SA.57473, [11]). Προβλέπει τη χορήγηση επενδυτικής και λειτουργικής ενίσχυσης στον σταθμό αντλησιοταμίευσης κλειστού τύπου που πρόκειται να κατασκευαστεί από ιδιώτη επενδυτή, συνολικής ισχύος παραγωγής 680 MW και αποθηκευτικής διάρκειας 6 h.

Ανοιχτά θέματα και επόμενα βήματα

Παρά τα πολύ σημαντικά βήματα που έγιναν το προηγούμενο διάστημα στο μέτωπο της αποθήκευσης, η διατήρηση του momentum και η επαλήθευση των μεγάλων προσδοκιών της αγοράς προϋποθέτει επιτάχυνση της ωρίμανσης του ρυθμιστικού πλαισίου και άμεση υλοποίηση διαγωνισμών για τη χορήγηση των εγκεκριμένων ενισχύσεων. Στη συνέχεια αναφέρονται ειδικότερα σημεία προτεραιότητας για την αμέσως επόμενη περίοδο.

Παρ΄ ότι οι βασικές κατευθύνσεις δραστηριοποίησης των έργων αποθήκευσης στις αγορές έχουν ήδη τεθεί, εκκρεμούν σειρά από αναγκαίες παρεμβάσεις στο δευτερογενές ρυθμιστικό πλαίσιο που ρυθμίζει τη δραστηριοποίηση των έργων στις αγορές (κανονισμοί, κώδικες, εγχειρίδια, τεχνικές οδηγίες) και προσαρμογή των πληροφοριακών συστημάτων. Πρόκειται για παρεμβάσεις μη κρίσιμες, αλλά αναγκαίες για τη δραστηριοποίηση των έργων, που έχουν εντοπιστεί στο πόρισμα της ΟΔΕ Αποθήκευσης [4] και αναμένεται η υλοποίησή τους.

Τα καθεστώτα παροχής ενίσχυσης σε σταθμούς καθαρής αποθήκευσης του ΕΔΣ, σε έργα ΑΠΕ με ενσωματωμένη αποθήκευση και σε ΥΒΣ στα νησιά, τα οποία έχουν εγκριθεί από την ΕΕ, πρέπει να ενσωματωθούν στο εθνικό θεσμικό και κανονιστικό πλαίσιο. Για τον σκοπό αυτό θα απαιτηθούν νομοθετικές ρυθμίσεις, υπουργικές αποφάσεις και αποφάσεις ΡΑΕ, που θα επιτρέψουν στη συνέχεια τη διεξαγωγή διαγωνισμών για την ένταξη έργων και τη χορήγηση ενίσχυσης σε αυτά.

Η εφαρμογή της πρόβλεψης του νόμου για κατά προτεραιότητα πρόσβαση των αποθηκευτικών σταθμών στα δίκτυα προϋποθέτει την ανάπτυξη κατάλληλων λειτουργικών περιορισμών και την ενσωμάτωσή τους στο όλο πλαίσιο παροχής όρων και σύναψης συμβάσεων σύνδεσης, όπως και στη συμμετοχή των έργων στις αγορές, η οποία δεν πρέπει να παρακωλύεται σε απαγορευτικό βαθμό. Το ίδιο ισχύει αναφορικά και με την επιβολή λειτουργικών περιορισμών σε έργα ΑΠΕ που συνδέονται σε κορεσμένα δίκτυα.

Η αξιοποίηση των αποθηκών για τη μερική έστω αποσυμφόρηση των δικτύων καθίσταται επιβεβλημένη υπό τις διαρκώς επιδεινούμενες συνθήκες κορεσμού των δικτύων, ιδίως προκειμένου για έργα τα οποία απολαμβάνουν κρατική στήριξη με πλήρη κάλυψη του χρηματοδοτικού τους κενού. Η ανάπτυξη κατάλληλων μεθοδολογιών, η τεχνική τους τεκμηρίωση, η ομαλή ενσωμάτωσή τους στο πλαίσιο των αγορών και η συμβατική τους κατοχύρωση εξακολουθεί να αποτελεί ζητούμενο.

Το πρώτο στάδιο ρυθμίσεων για την αποθήκευση ορθώς στόχευσε τα μεγάλα έργα του συστήματος, τα οποία αποδίδουν μέγιστα οφέλη αναφορικά με την υποστήριξη της υψηλής διείσδυσης ΑΠΕ και είναι πιο εύκολη η στοχευμένη υλοποίησή τους, όπως και σε έργα στα ευαίσθητα συστήματα των ΜΔΝ. Η ανάπτυξη και ομαλή ενσωμάτωση μικρότερων έργων αποθήκευσης στο δίκτυο διανομής αποτελεί ακόμα ζητούμενο, το οποίο έχει ανάλογη τεχνική και ρυθμιστική πολυπλοκότητα με τα μεγάλα έργα του συστήματος μεταφοράς, αλλά επιπλέον προϋποθέτει την αντιμετώπιση των τεχνικών ιδιαιτεροτήτων του δικτύου διανομής (π.χ. άρση του κορεσμού λόγω του περιορισμού της στάθμης βραχυκύκλωσης του δικτύου ΜΤ,

αντιμετώπιση των ζητημάτων ρύθμισης τάσης κ.ά.) και των ιδιαίτερων προκλήσεων που παρουσιάζει η συνεργασία μεταξύ των διαχειριστών συστήματος και δικτύου.

Ο κορεσμός των δικτύων, η αντιμετώπιση του υψηλού ενεργειακού κόστους και η αναβάθμιση της αξιοπιστίας τροφοδότησης αποτελούν σημαντικούς λόγους για την ανάπτυξη της αποθήκευσης και σε εγκαταστάσεις καταναλωτών, με ή χωρίς αυτοπαραγωγή. Στον τομέα αυτό τα βήματα που έχουν γίνει είναι λίγα και περιορίζονται κατά βάση στις συστάσεις και κατευθύνσεις της ΟΔΕ Αποθήκευσης Ενέργειας και τις λίγες σχετικές προβλέψεις του ν. 4921/2022. Ιδιαίτερα σημαντικό βήμα για την ανάπτυξη των διεσπαρμένων ενεργειακών πόρων -παραγωγής, αποθήκευσης, αλλά και ευέλικτης ζήτησης- είναι η αναμόρφωση του ρυθμιστικού πλαισίου του ενεργειακού συμψηφισμού και ευρύτερα της αυτοπαραγωγής, με εγκατάλειψη του ετεροχρονισμένου λογιστικού συμψηφισμού και υιοθέτηση πρακτικών που ενθαρρύνουν τον ταυτοχρονισμό παραγωγής και κατανάλωσης και επιτρέπουν την έγχυση ενέργειας στο δίκτυο με αποζημίωση που αντανακλά την πραγματική της αξία. Αυτό θα μεγιστοποιήσει την αξία των διεσπαρμένων πόρων και θα ενισχύσει την αναγκαιότητα για αποθήκευση, η οποία θα πρέπει να υποστηριχθεί με κατάλληλο πλαίσιο επιδοτήσεων/ενισχύσεων.

Τέλος, πολύ βασικό ζήτημα το οποίο παραμένει σε εκκρεμότητα είναι η κατάρτιση προδιαγραφών και απαιτήσεων που θα καλύπτουν τα θέματα ασφάλειας των εγκαταστάσεων αποθήκευσης, πρωταρχικά των μπαταριών τεχνολογίας ιόντων λιθίου που αποτελούν την κυρίαρχη τάση σήμερα, και θα ενσωματωθούν στο πλαίσιο αδειοδότησης των έργων και των ελέγχων που θα πραγματοποιούνται. Αυτό είναι ιδιαίτερα επιτακτικό για επιδοτούμενα έργα, των οποίων τα ποιοτικά χαρακτηριστικά θα πρέπει να είναι διασφαλισμένα.

Αναφορές

[1] "Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα,"Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Αθήνα, Δεκέμβριος 2019.

[2] "Προσδιορισμός αναγκών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εθνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος σε μεσοπρόθεσμο ορίζοντα", Μελέτη για λογαριασμό της ΡΑΕ, ΕΠΙΣΕΥ ΕΜΠ, 2020.

[3] "Σύσταση και συγκρότηση Ομάδας Διοίκησης Έργου στο Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας για την υλοποίηση του έργου εκπόνησης και υποβολής στον Υπουργό Περιβάλλοντος και Ενέργειας εισήγησης αναφορικά με τη διαμόρφωση του θεσμικού και ρυθμιστικού πλαισίου για την ανάπτυξη και συμμετοχή μονάδων αποθήκευσης στις Αγορές ηλεκτρικής ενέργειας του ν. 4425/2016 (Α'185), ως ισχύει, και σε μηχανισμούς ισχύος". Αποφ. ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/118233/4341/21.12.2020, ΦΕΚ 5619, τ.Β, 21.12.2020.

[4] «Διαμόρφωση του θεσμικού και ρυθμιστικού πλαισίου για την ανάπτυξη και συμμετοχή μονάδων αποθήκευσης στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας και σε μηχανισμούς ισχύος». Εισήγηση της ΟΔΕ Αποθήκευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας της ΓΓΕΟΠΥ/ΥΠΕΝ, Ιούνιος 2021.

[5] Ν. 4001/2011, «Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις». ΦΕΚ 179, τ.Α, 22.8.2011.

[6] Ν.4951/2022, "Εκσυγχρονισμός της αδειοδοτικής διαδικασίας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας - Β' φάση, Αδειοδότηση παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, πλαίσιο ανάπτυξης Πιλοτικών Θαλάσσιων Πλωτών Φωτοβολταϊκών Σταθμών και ειδικότερες διατάξεις για την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος", ΦΕΚ 129, τ.Α, 04.07.2022.

[7] "Καθορισμός πλαισίου προτεραιότητας στην χορήγηση οριστικών Προσφορών Σύνδεσης για σταθμούς ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ και σταθμούς αποθήκευσης από τον Διαχειριστή του Δικτύου και τον Διαχειριστή του Συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των περιοχών που έχουν χαρακτηρισθεί ως κορεσμένα δίκτυα κατά παρέκκλιση κάθε άλλης γενικής ή ειδικής διάταξης, σύμφωνα με το άρθρο 89 του ν.4951/2022". Απόφαση ΥΠΕΝ/ΓΔΕ/84014/7123Ν, ΦΕΚ 4333 τ.Β, 12.08.2022.

[8] European Commission, "State Aid SA.64736 – RRF - Greece - Financial support in favour of electricity storage facilities". Brussels, 2022.

[9] European Commission, "State aid SA.60064 (2021/N) – Greece: Greek RES and heCHP scheme 2021-2025," Brussels, 2021.

[10] European Commission, "State aid SA.58482 (2021/N) – Greece: Remuneration scheme of Hybrid Power Stations in NIIs of Greece until 2026", Brussels, 2022.

[11] European Commission, "State aid SA.57473 (2021/N) – Greece: RRF - Pumped Hydro plant – Amfilochia", Brussels, 2021.

Αφιέρωμα: Πράσινη Ενεργειακή Μετάβαση

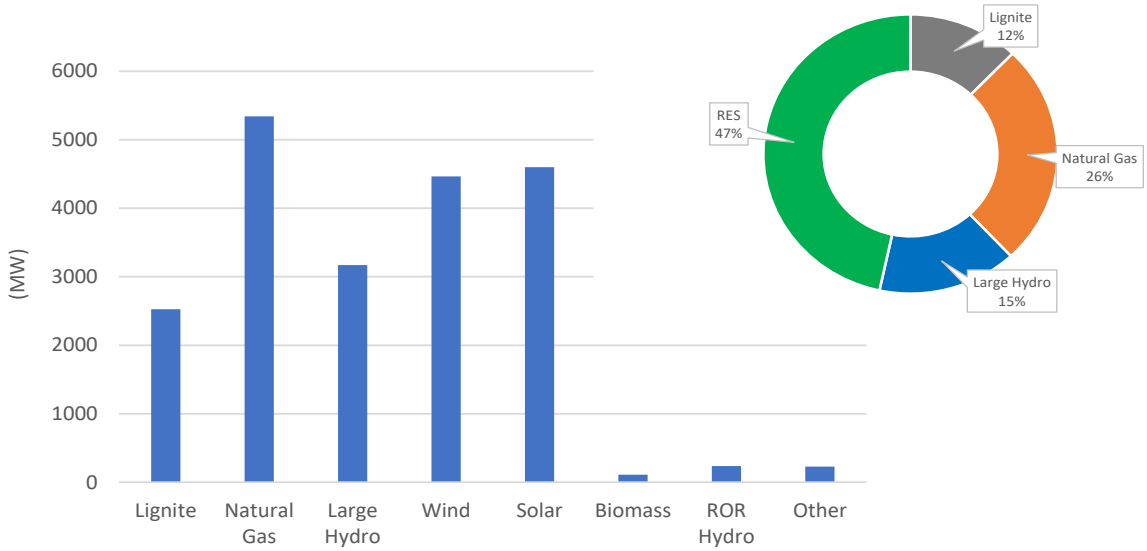
Λειτουργώντας με μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ

Από τη σκοπιά του Διαχειριστή Συστήματος

των Γιάννη Καμπούρη και Βασίλη Ζιώγα

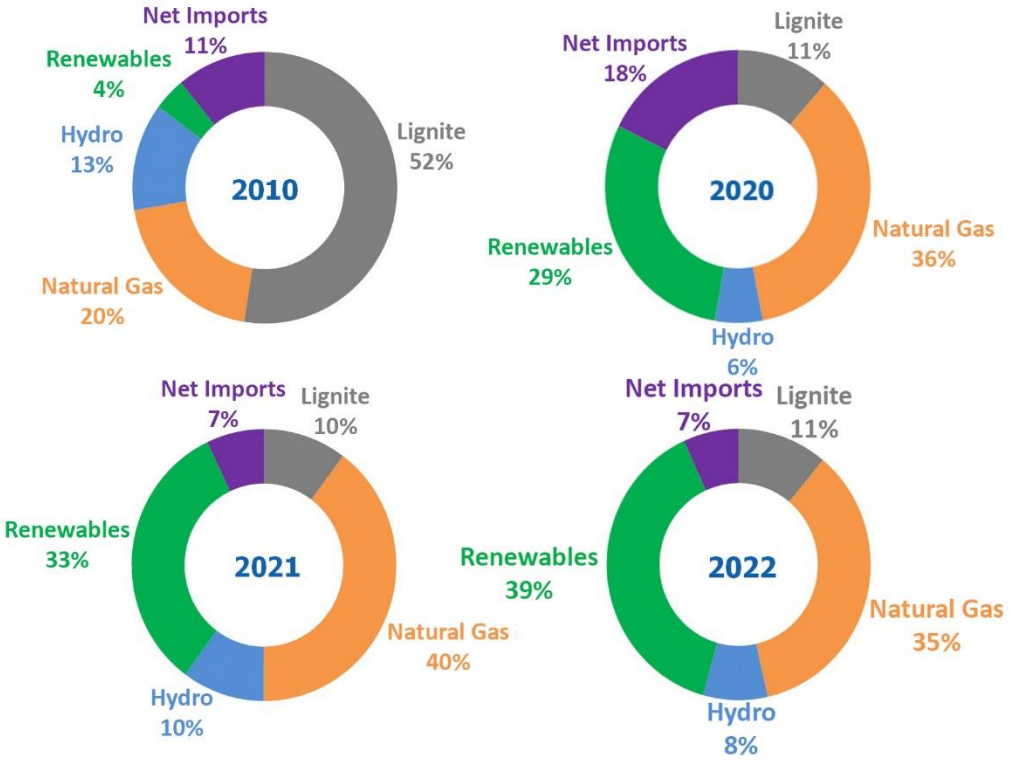
Εισαγωγή

Η διείσδυση σταθμών παραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) στο Ελληνικό Διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας ξεκίνησε στην αρχή του αιώνα που διανύουμε (πριν περίπου μια εικοσαετία) με την σύνδεση κυρίως αιολικών πάρκων (Α/Π) στο σύστημα μεταφοράς (εφεξής Σύστημα). Η διείσδυση ΑΠΕ άρχισε να αυξάνει με ταχύτερους ρυθμούς, επιταχυνόμενη σημαντικά τη δεκαετία του 2010 με τη μαζική σύνδεση φωτοβολταϊκών (Φ/Β) σταθμών, κυρίως στο δίκτυο διανομής (εφεξής Δίκτυο). Στο τέλος του 2022 και επί συνόλου εγκατεστημένης ικανότητας παραγωγής της τάξης των 20,7 GW, λειτουργούσαν περίπου 9,7 GW σταθμών ΑΠΕ όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Η τεράστια πλειοψηφία των σταθμών αυτών είναι Α/Π και Φ/Β, δηλ. σταθμοί "μη-κατανεμόμενοι" καθώς η παραγωγή τους εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες.



Σχήμα 1. Εγκατεστημένη ισχύς σταθμών παραγωγής ανά τεχνολογία (2022)

Στο Σχήμα 2 απεικονίζονται συγκριτικά τα ενεργειακά ισοζύγια για το έτος 2010 και την τελευταία τριετία. Γίνεται φανερό ότι έχουν γίνει πολύ σημαντικά βήματα για την απανθρακοποίηση του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής, καθώς το 2023 σχεδόν το 47% της κατανάλωσης ηλεκτρισμού προήλθε από ανανεώσιμες πηγές αν προσμετρήσουμε και την παραγωγή των μεγάλων υδροηλεκτρικών (ΗΥ).

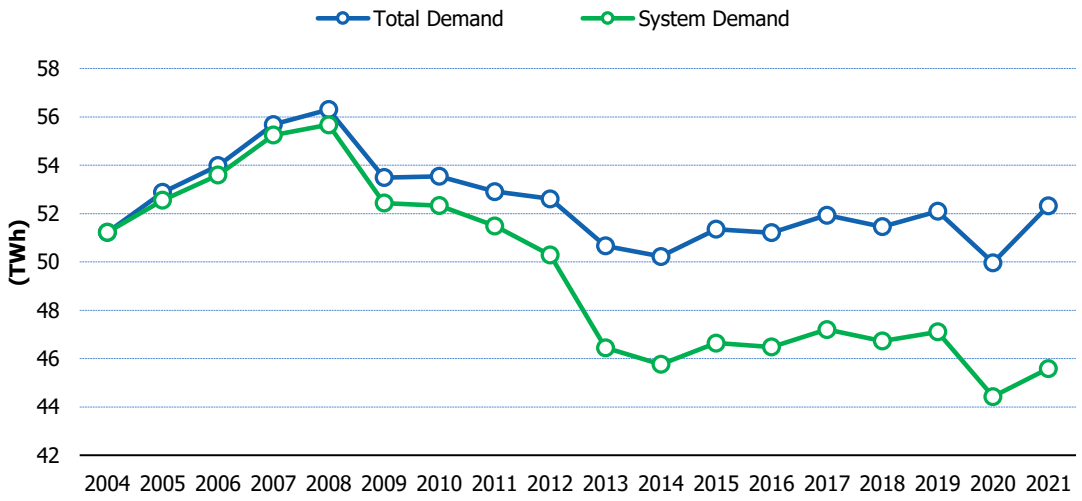


Σχήμα 2. Ενδεικτικά ετήσια ενεργειακά ισοζύγια.

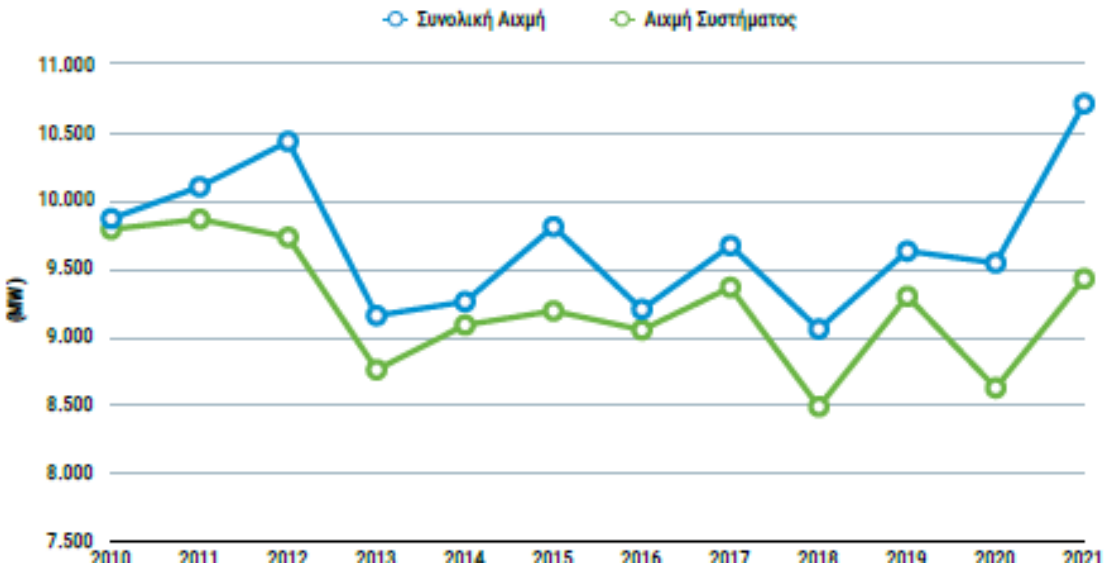
Ένα σημαντικό σημείο που πρέπει να σχολιαστεί ιδιαίτερα είναι η ραγδαία αύξηση των Φ/Β σταθμών γεγονός που έχει σημαντικές επιπτώσεις στη λειτουργία του Συστήματος. Οι σταθμοί αυτοί έχουν κατά κανόνα συνδεθεί ως "διεσπαρμένη παραγωγή" στα δίκτυα διανομής. Σε περιοχές της χώρας με μεγάλο όγκο διεσπαρμένης παραγωγής παρατηρούνται εγχύσεις από το Δίκτυο προς το Σύστημα στη διάρκεια της ημέρας. Στο Σχ. 3 απεικονίζεται η ραγδαία αυξανόμενη συμβολή των Φ/Β σταθμών στο ενεργειακό ισοζύγιο με συνολική ετήσια παραγωγή που εκτινάχθηκε από 1,2 TWh το 2010 σε 6,7 TWh το 2021.

Μια ευεργετική επίδραση των Φ/Β σταθμών στη λειτουργία του Συστήματος είναι η εξάλειψη των μεσημεριανών αιχμών οι οποίες απομάκρυναν την ανάγκη για εγκατάσταση μονάδων αιχμής. Επί πλέον, το Σύστημα έπαψε να αντιμετωπίζει προβλήματα χαμηλών τάσεων ή/και ευστάθειας τάσεως. Αντίθετα προέκυψε ζήτημα ρύθμισης υψηλών τάσεων όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια. Στο Σχ. 4 φαίνεται η συμβολή των Φ/Β σταθμών στη μείωση των μεσημεριανών αιχμών διαχρονικά. Αντίθετα, η απότομη έως μηδενισμού μείωση της παραγωγής των Φ/Β σταθμών κατά το ηλιοβασίλεμα, δημιουργεί την ανάγκη αντικατάστασης της απωλεσθείσας παραγωγής από συμβατικές μονάδες, ανάγκη που μεγεθύνεται από το γεγονός της ταυτόχρονης αύξησης των φορτίων (λόγω ηλεκτροφωτισμού και άλλων οικιακών χρήσεων).

Μια ακόμα σημαντική επίδραση των Φ/Β σταθμών είναι η μείωση των ροών ισχύος μέσω του συστήματος μεταφοράς, καθώς μεγάλο μέρος της παραγωγής τους καταναλώνεται κοντά στα φορτία, στα τοπικά δίκτυα διανομής.



Σχήμα 3. Συμβολή της διεσπαρμένης παραγωγής Φ/Β στο ενεργειακό ισοζύγιο.



Σχήμα 4. Συμβολή της διεσπαρμένης παραγωγής στη μείωση της μεσημεριανής αιχμής

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) έχει θέσει φιλόδοξους στόχους για υπερδιπλασιασμό των ΑΠΕ έως το 2030 και την πλήρη απολιγνιτοποίηση έως το 2028. Η εξυπηρέτηση αυτού του στόχου έχει ως προαπαιτούμενο αλλαγές και μετασχηματισμούς στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας για το οποίο πρέπει να θυμηθούμε ότι σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε για να εξυπηρετήσει ένα διαφορετικό μοντέλο παραγωγής που στηρίζονταν σε μεγάλες θερμικές μονάδες με συγκεκριμένη γεωγραφική χωροθέτηση.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, η ταχεία ανάπτυξη των ΑΠΕ απαιτεί άμεσες λύσεις ώστε οι Διαχειριστές να μπορούν να εγγυηθούν την ομαλή και ασφαλή λειτουργία. Δεδομένου ότι οι ΑΠΕ αυξάνονται πολύ ταχύτερα από τα φορτία (οι στόχοι περαιτέρω εξηλεκτρισμού φαίνεται να αργούν ενώ έχουν τεθεί στόχοι για άμεση εξοικονόμηση σε Ευρωπαϊκό επίπεδο), η ανάγκη εφαρμογής αποτελεσματικών λύσεων είναι εξαιρετικά επείγουσα.

Λειτουργία Συστήματος και Ασφάλεια

Το Ελληνικό διασυνδεδεμένο Σύστημα λειτουργεί με βάση τους θεσμοθετημένους Κώδικες Διαχείρισης. Παράλληλα, ως τμήμα του διασυνδεδεμένου Ευρωπαϊκού συστήματος οφείλει να ακολουθεί συγκεκριμένους - και θεσμοθετημένους σε Ευρωπαϊκό επίπεδο - τεχνικούς κανόνες οι οποίοι έχουν αναπτυχθεί στη διάρκεια πολλών δεκαετιών από υπερεθνικούς οργανισμούς (UCPTE, UCTE, ENTSO-e) ως ένα πλαίσιο που εγγυάται την ασφαλή λειτουργία του Ευρωπαϊκού συστήματος. Τα πιο πάνω αποτυπώνονται στην Οδηγία 2017/1485 (System Operation GuideLines-SOGL) και εξειδικεύονται στο σύμφωνο των Διαχειριστών των συστημάτων της σύγχρονης ζώνης της Ηπειρωτικής Ευρώπης (Synchronous Area Framework Agreement-SAFA). Επιπρόσθετα οι σχετικοί Κανονισμοί[31] (Regulations) CACM, FCW, E&R, EBGL που αφορούν τη λειτουργία της αγοράς ηλ. ενέργειας αποτελούν ένα ακόμα πλαίσιο κανόνων που πρέπει να ακολουθούν οι Διαχειριστές της Ευρώπης.

Για την ασφαλή λειτουργία του Συστήματος απαιτείται η εξασφάλιση ισοζυγίου μεταξύ παραγωγής και φορτίου. Η συνθήκη που το εξασφαλίζει είναι η διατήρηση σταθερής συχνότητας 50 Hz (με ανεκτή απόκλιση εύρους ±200mHz). Στο Ευρωπαϊκό διασυνδεδεμένο σύστημα ακολουθείται προσέγγιση αποκεντρωμένου ελέγχου, δηλ. κάθε Διαχειριστής είναι υπεύθυνος για τη διατήρηση του ισοζυγίου παραγωγής - φορτίου στα όρια της περιοχής της οποίας έχει την ευθύνη ελέγχου.

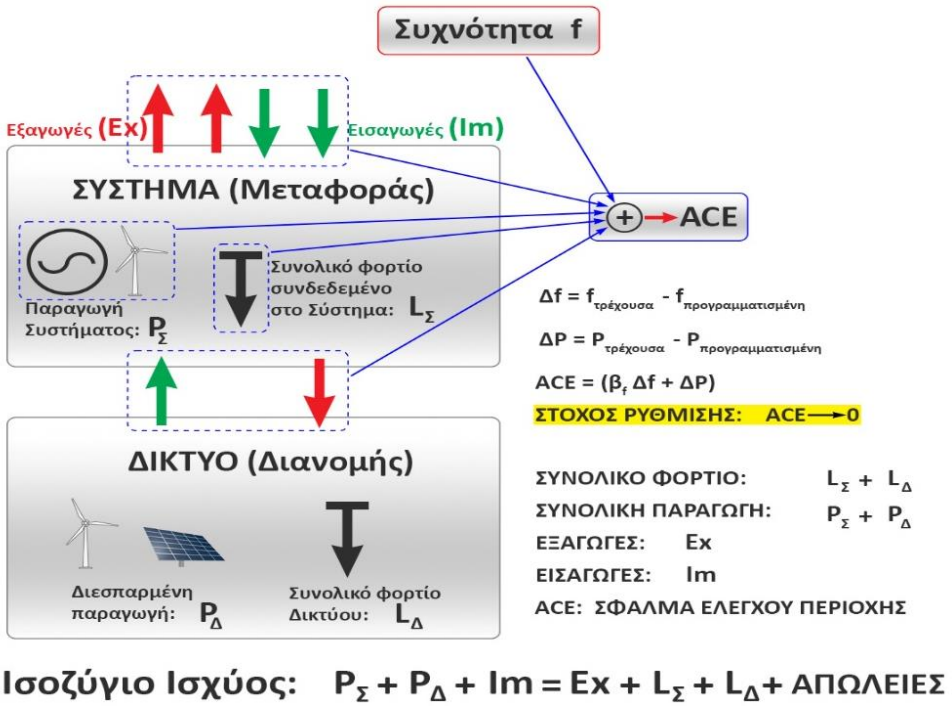
Στο Σχήμα 5 φαίνεται η βασική λειτουργία ελέγχου για την οποία είναι υπεύθυνα τα Εθνικά Κέντρα Ελέγχου Ενέργειας (ΕΚΕΕ). Ο βρόχος ελέγχου αποσκοπεί στη συνεχή διατήρηση του ισοζυγίου παραγωγής – φορτίου, δηλαδή:

$$P + Im = L + Ex + Απώλειες$$

όπου: P η συνολική παραγωγή (Συστήματος και Δικτύου), Im οι εισαγωγές (imports), L το συνολικό φορτίο (Συστήματος και Δικτύου) και Ex οι εξαγωγές (exports).

Με βάση αυτό ο έλεγχος μεταπίπτει στην τήρηση των προγραμματισμένων ανταλλαγών ισχύος με τους γειτονικούς Διαχειριστές. Οι διαταραχές ισοζυγίου παραγωγής–φορτίου καλύπτονται με μεταβολές στην παραγωγή των κατανεμόμενων μονάδων (θερμικά και μεγάλα υδροηλεκτρικά) όπως αυτές εντέλλονται από τα ΕΚΕΕ. Οι εντολές αυτές εκδίδονται από το σύστημα αυτόματου ελέγχου παραγωγής (Automatic Generation Control – AGC) το οποίο αποστέλλει εντολές προς τις κατανεμόμενες μονάδες ανά 8 δευτερόλεπτα.

[31] **Κανονισμός (ΕΕ) 2015/1222:** CACM (Capacity Allocation and Congestion Management)
↔**Κανονισμός (ΕΕ) 2016/1719:** FCA (Forward Capacity Allocation)
Κανονισμός (ΕΕ) 2017/2195: EBGL (Electricity Balancing GuideLine)
E&R Emergency and Restoration: Consistency of Defense and Restoration Plans



Σχήμα 5. Ροές Ισχύος και Σχηματική παράσταση του βρόχου ελέγχου φορτίου-συχνότητας

Η Ελληνική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας ακολουθεί το Ευρωπαϊκό "μοντέλο-στόχο" (target model) από την 1η Νοεμβρίου 2021. Η ένταξη των κατανεμόμενων μονάδων καθορίζεται αρχικά την προηγούμενη ημέρα από το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας (ΕΧΕ). Στη συνέχεια ο Διαχειριστής λειτουργεί την αγορά εξισορρόπησης με σκοπό την προσαρμογή της παραγωγής στο τρέχον φορτίο υπό το ελάχιστο κόστος. Οι διαδικασίες της αγοράς εξισορρόπησης εκτελούνται για κάθε περίοδο κατανομής (30 λεπτά).

Αρχικά εκτελείται η Διαδικασία Ενοποιημένου Προγραμματισμού (ΔΕΠ) η οποία οριστικοποιεί το πρόγραμμα ένταξης και προσδιορίζει τα επίπεδα παραγωγής κάθε κατανεμόμενης μονάδας σε κάθε περίοδο κατανομής (30 min) ενώ παράλληλά πρέπει να εξασφαλίζονται τα απαιτούμενα επίπεδα εφεδρειών.

Η ΔΕΠ εκτελείται σε προκαθορισμένα διαστήματα της ημέρας κατανομής σε προημερήσια (στις 16:45 και στις 24:00 της ημέρας D-1) και ενδοημερήσια (στις 12:00 της μέρας κατανομής D) βάση, αλλά και κατ' απαίτηση (ad-hoc), όποτε αυτό κριθεί αναγκαίο από τον Διαχειριστή. Ακολουθεί η επίλυση της αγοράς εξισορρόπησης πραγματικού χρόνου (Real-Time Balancing Market – RTBM), η οποία εκτελείται σε περιβάλλον σχεδόν πραγματικού χρόνου (κάθε 15 min) και προσδιορίζει τα επιθυμητά σημεία λειτουργίας (set-points) των κατανεμόμενων μονάδων. Των εκτελέσεων ΔΕΠ και RTBM προηγούνται διαδικασίες για την πρόβλεψη τόσο των φορτίων της επόμενης μέρας όσο και της αναμενόμενης παραγωγής των μη κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ.

Σαφώς οι θερμικές μονάδες και δευτερευόντως (λόγω περιορισμένης συσσωρευμένης ενέργειας) οι μεγάλοι ΥΗ σταθμοί είναι αυτές που μπορούν να αυξομειώνουν την ισχύ παραγωγής τους (ρυθμίζουσες μονάδες) ώστε η συνολική παραγωγή να προσαρμόζεται στο φορτίο. Σε συνθήκες μεγάλης διείσδυσης ΑΠΕ

(λόγω της προτεραιότητας στην κατανομή τους) το φορτίο που απομένει να αναληφθεί από τις ρυθμίζουσες μονάδες είναι εξαιρετικά χαμηλό και δεν υπάρχει χώρος για την ένταξή τους. Είναι όμως απαραίτητες για τη διατήρηση της ασφάλειας καθώς μόνο αυτές μπορούν να εξασφαλίσουν τις απαιτούμενες εφεδρείες. Τα υψηλά τεχνικά ελάχιστα των θερμικών μονάδων της χώρας ενισχύει το πρόβλημα. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η ανάγκη τήρησης των εφεδρειών ασφαλείας αναγκάζει το Διαχειριστή να κρατά σε λειτουργία θερμικές μονάδες και να απορρίπτει (curtailment) πλεονάζουσα ενέργεια από ΑΠΕ. Σε αντίθετη περίπτωση, η πλεονάζουσα ισχύς θα απομαστευθεί προς τα γειτονικά συστήματα με αποτέλεσμα την ανεξέλεγκτη αύξηση του σφάλματος περιοχής (Area Control Error-ACE). Αν παρόμοιες συνθήκες εμφανιστούν σε γειτονικά συστήματα και δεν ελεγχθούν τα σφάλματα κάθε περιοχής, ενδέχεται να έχουμε μη αναμενόμενες ροές ισχύος σε ευρύτερες περιοχές με κινδύνους για μεγάλες διαταραχές.

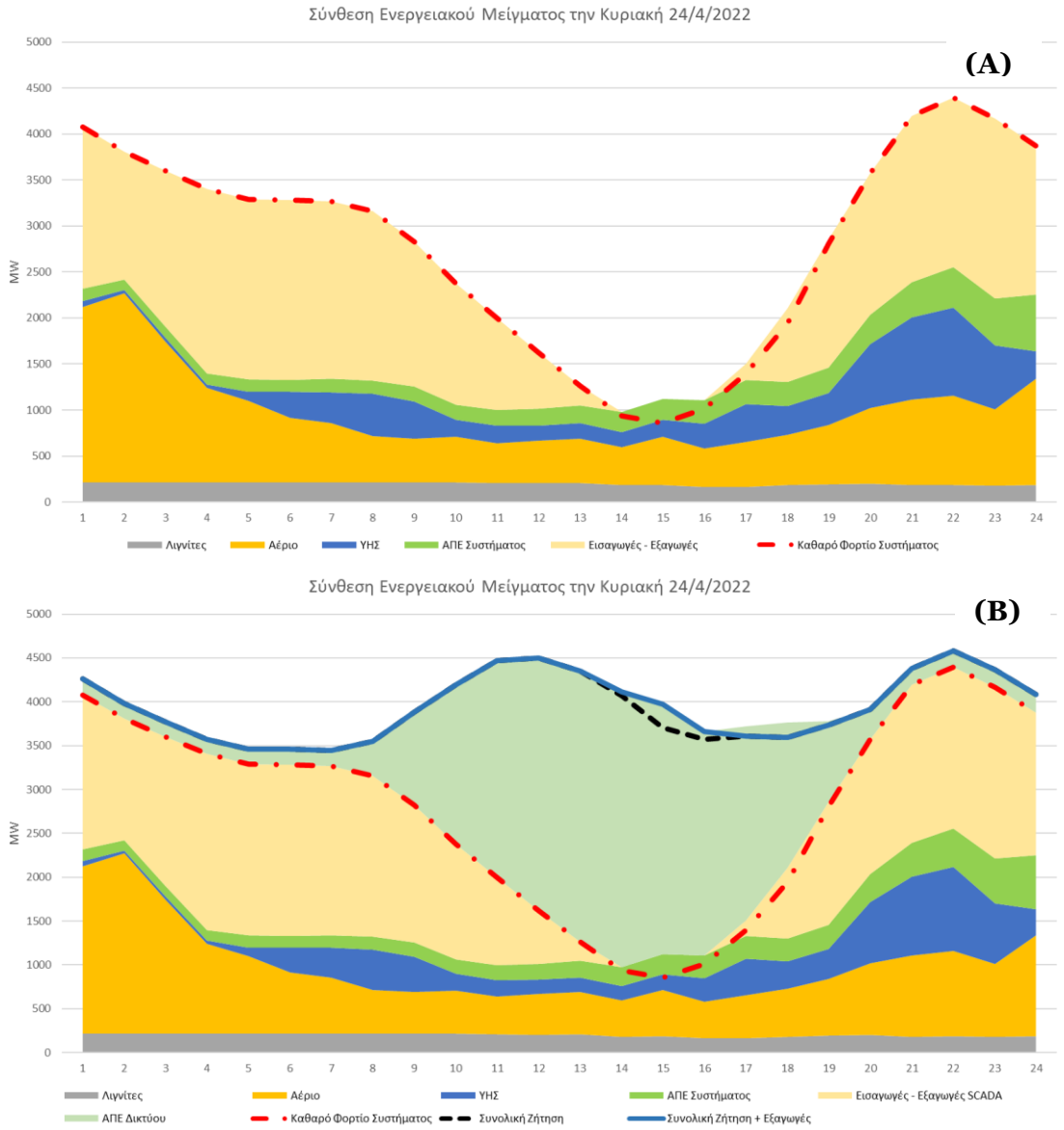
Τονίζεται ότι τέτοιες λειτουργικές καταστάσεις είναι όλο και περισσότερο συχνές στη χώρα μας (αλλά και σε άλλα Ευρωπαϊκά συστήματα) Ιδιαίτερα την τελευταία περίοδο, λόγω της αυξανόμενης διείσδυσης ΑΠΕ αλλά και της μείωσης των φορτίων (εξαιτίας των πολλαπλών κρίσεων). Συνεπώς η συχνότητα εμφάνισης τέτοιων συνθηκών αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι την 28/10/2022 και ώρες 11:00 μέχρι 17:00, η παραγωγή από ΑΠΕ στη χώρα ήταν μεγαλύτερη από τη ζήτηση. Το πρόβλημα αντιμετωπίσθηκε με περικοπή ΑΠΕ Συστήματος

Πρέπει να τονισθεί επίσης ότι σε συνθήκες μεγάλης διείσδυσης αυξάνουν οι αβεβαιότητες που έχει να αντιμετωπίσει ο Διαχειριστής. Η πρόβλεψη των ΑΠΕ εμφανίζει σφάλματα πρόβλεψης της τάξεως του 10%-12%. Στη χώρα μας οι σταθμοί ΑΠΕ που έχουν συνδεθεί στο Δίκτυο δεν είναι τηλεμετρούμενοι και ο Διαχειριστής δεν έχει σαφή εικόνα της κατάστασης παραγωγής - φορτίου στα δίκτυα διανομής, γεγονός που εισάγει ακόμα μεγαλύτερες δυσκολίες για το Διαχειριστή. Επιπρόσθετα, η ενοποίηση των αγορών και η αύξηση των διασυνοριακών ανταλλαγών συνεπάγονται λειτουργικές καταστάσεις Συστήματος με μεγάλες και λιγότερο προβλέψιμες μεταβολές. Οι πιο πάνω αβεβαιότητες αυξάνουν τις ανάγκες εφεδρειών (τόσο ανοδικών όσο και καθοδικών), εντείνοντας έτσι το πρόβλημα που αναλύθηκε πιο πάνω. Η ανάπτυξη συστημάτων τηλεμέτρησης και τηλεχειρισμών στο Δίκτυο και κατάλληλων διεπαφών με το Διαχειριστή είναι άμεσης προτεραιότητας ζήτημα για τη χώρα λόγω του μεγάλου όγκου της εγκατεστημένης παραγωγής ΑΠΕ στο Δίκτυο η οποία μάλιστα αναμένεται να αυξηθεί ραγδαία.

Ισοζύγιο ισχύος σε ημέρες χαμηλού φορτίου

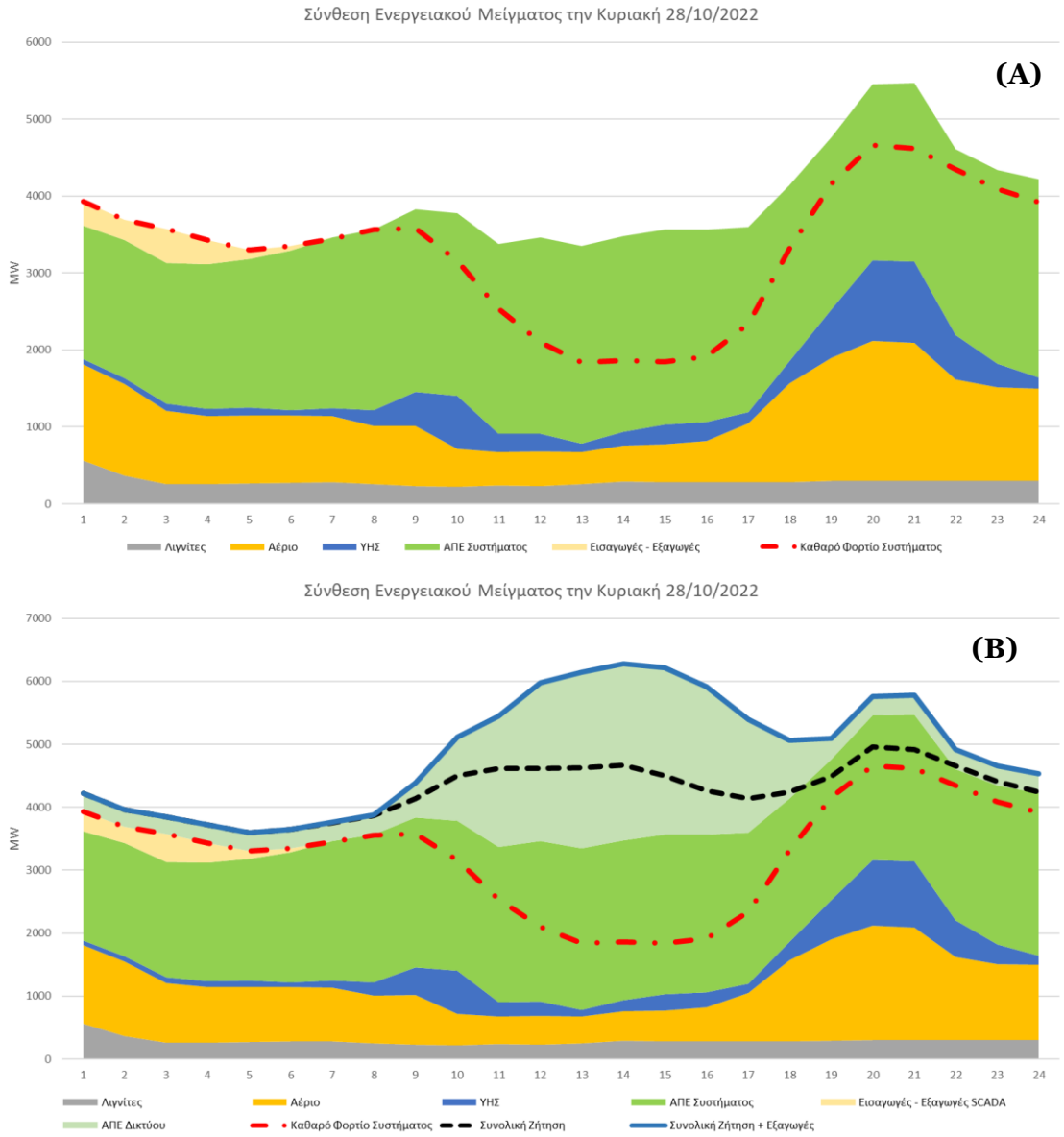
Το Σχήμα 6 αποτυπώνει στο πάνω μέρος (Α) το φορτίο Συστήματος (με διακεκομμένη κόκκινη γραμμή) το οποίο καλείται να διαχειριστεί ο ΑΔΜΗΕ και το ενεργειακό ισοζύγιο της ημέρας του Πάσχα του 2022. Το φορτίο είναι εξαιρετικά χαμηλό και παρουσιάζει ελάχιστο κατά τις μεσημβρινές ώρες (κάτω από 1000 MW). Έχει ενταχθεί ελάχιστη λιγνιτική παραγωγή (γκρι χρώμα), μονάδες φυσικού αερίου (ώστε να εξασφαλίζονται οι απαραίτητες εφεδρείες), σημαντική υδροηλεκτρική παραγωγή κατά τη δύση του ήλιου (ώστε να υπάρχει η

απαραίτητη ευελιξία για την αντιμετώπιση της ταχείας αύξησης φορτίου). Ένα μεγάλο μέρος του φορτίου καλύπτεται από εισαγωγές. Είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε ότι στη διάρκεια του μεσημεριού και μεταξύ των ωρών 13:00 και 17:00, λόγω της μεγάλης παραγωγής των Φ/Β, στο Σύστημα λειτουργούσαν ελάχιστες θερμικές μονάδες, απολύτως απαραίτητες για την εξασφάλιση των απαραίτητων εφεδρειών και συνεισφορά στη ρύθμιση τάσης. Ο Διαχειριστής αναγκάστηκε σε περικοπή των εισαγωγών στη διάρκεια του μεσημεριού για τη διατήρηση του ισοζυγίου παραγωγής – φορτίου. Παρά ταύτα, λόγω πλεονάζουσας παραγωγής, το σφάλμα περιοχής (ACE) στη διάρκεια των ωρών 14:00 έως 16:00 ήταν ιδιαίτερα υψηλό (της τάξης των 300 έως 400 MW. Στο κάτω μέρος του σχήματος 6 (Β) διακρίνεται το συνολικό φορτίο (Συστήματος και Δικτύου) και η συνεισφορά των διεσπαρμένων στο Δίκτυο Φ/Β στο ενεργειακό ισοζύγιο.



Σχήμα 6. Ενεργειακό ισοζύγιο του Πάσχα 2022 (24.04.2022)

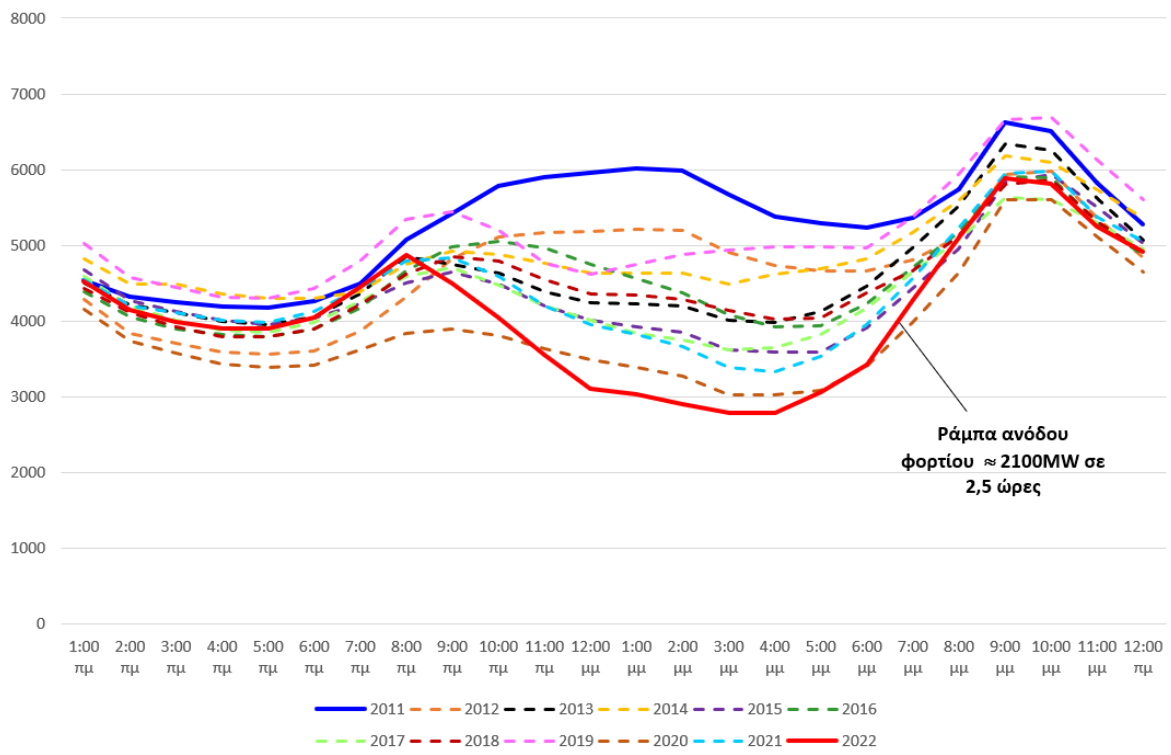
Στο Σχήμα 7 αποτυπώνεται η κατάσταση της 28ης Οκτωβρίου 2022, μια ημέρα αργίας με επίσης χαμηλά φορτία και εξαιρετικά μεγάλη αιολική παραγωγή. Αν και τη συγκεκριμένη ημέρα το Ελληνικό Σύστημα ήταν εξαγωγικό, η εξαιρετικά μεγάλη παραγωγή αιολικών και Φ/Β οδήγησε στην ανάγκη περικοπής ισχύος Α/Π στη διάρκεια της ημέρας (από περίπου 10:00 έως τη δύση στις 17:30, όπου παρατηρείται επιπεδοποίηση της παραγωγής από Α/Π) λόγω πλεονάζουσας ενέργειας.



Σχήμα 7. Ενεργειακό ισοζύγιο της 28/10/2022

Διαχείριση ταχέων μεταβολών φορτίου Συστήματος και Ευελιξία μονάδων

Μια επιπλέον δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι χειριστές στα ΕΚΕΕ είναι διαχείριση των απότομων μεταβολών στο καθαρό φορτίο Συστήματος (δηλ. αυτό που διακινείται μέσω του συστήματος μεταφοράς). Με τη δύση του ήλιου οι Φ/Β σταθμοί παύουν ταυτόχρονα να παράγουν, ενώ ταυτόχρονα το φορτίο αυξάνεται λόγω του ηλεκτροφωτισμού και άλλων χρήσεων. Η απωλεσθείσα παραγωγή των Φ/Β πρέπει ταχύτατα να καλυφθεί από συμβατικές μονάδες οι οποίες πρέπει να μεταβάλουν γρήγορα την παραγωγή τους (sunset effect). Η ανάγκη αυτής της ευελιξίας στη μεταβολή της παραγωγής θέτει περαιτέρω περιορισμούς στη δυνατότητα εξισορρόπησης παραγωγής-φορτίου. Στο Σχήμα 8 φαίνεται η επίδραση του φαινομένου στο φορτίο Συστήματος διαχρονικά (από το 2011 έως το 2022). Αυξανόμενης της Φ/Β παραγωγής αυξάνεται και η ισχύς που πρέπει να καλυφθεί από στρεφόμενες θερμικές μονάδες. Τα χαρακτηριστικά των θερμικών μονάδων στην χώρα μας δεν είναι τέτοια που προσφέρουν μεγάλη ευελιξία αυξομοίωσης της παραγωγής τους. Αντίθετα οι υδροηλεκτρικές μονάδες έχουν τη δυνατότητα ταχύτατης μεταβολής της παραγωγής τους αλλά η διαθεσιμότητά τους δεν είναι πάντοτε δεδομένη καθώς συνδέεται με την εκάστοτε στάθμη των ανάντη και κατάντη ταμιευτήρων τους. Σε ημέρες με μεγάλη ηλιοφάνεια οι συμβατικές μονάδες καλούνται τυπικά να αναλάβουν έως και 2100 MW σε 2,5 ώρες.

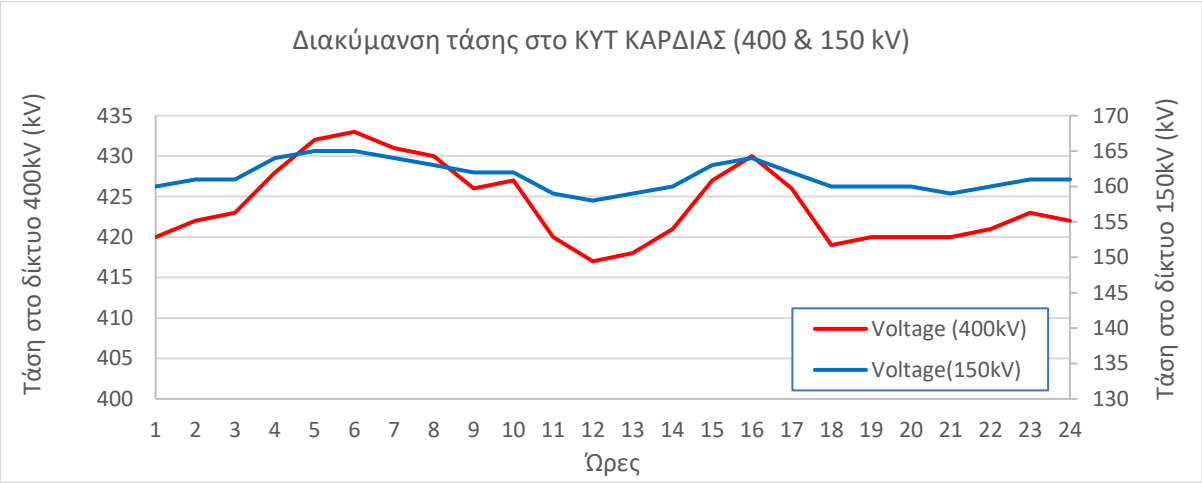


Σχήμα 8. Τυπικά 24ωρα προφίλ φορτίου Συστήματος ετών 2011-2022

Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι τους τελευταίους μήνες και μετά την έναρξη της συνεχούς διαπραγμάτευσης (XBID) στο ΕΧΕ, το ΕΚΕΕ καλείται να διαχειριστεί συνθήκες κατά τις οποίες ενδέχεται να αλλάζουν τα προγράμματα ανταλλαγών πολύ κοντά στην ώρα κατανομής. Ας φανταστούμε μια ημέρα με μεγάλη παραγωγή ΑΠΕ και πρόγραμμα εξαγωγών το οποίο αλλάζει λίγες ώρες πριν την ώρα κατανομής και μετατρέπεται σε εισαγωγικό. Γίνεται φανερή η επί πλέον δυσκολία που έχουν να αντιμετωπίσουν τα ΕΚΕΕ.

Προβλήματα ανύψωσης τάσεων

Τέλος, ιδιαίτερη βαρύτητα πρέπει να δοθεί στη ρύθμιση των τάσεων του Συστήματος. Η μεγάλη διείσδυση διεσπαρμένης παραγωγής ΑΠΕ έχει συμβάλλει στη μείωση των ροών ισχύος δια μέσου των γραμμών μεταφοράς οι οποίες είναι πολύ χαμηλά φορτισμένες με αποτέλεσμα την έντονα χωρητική συμπεριφορά τους η οποία συμβάλλει στη αύξηση των τάσεων του Συστήματος. Τα μέτρα αντιστάθμισης που υπάρχουν (πηνία) δεν είναι επαρκή με αποτέλεσμα τόσο στο σύστημα 400kV όσο και στο σύστημα 150kV να εμφανίζονται εξαιρετικά υψηλές τάσεις, στα όρια του ανεκτού και ορισμένες συνθήκες πάνω από τα όρια ασφαλείας του εξοπλισμού. Στο Σχήμα 9 φαίνονται ενδεικτικές τάσεις στο ΚΥΤ Καρδιάς την Πρωτοχρονιά του 2023.



Σχήμα 9. Τάσεις στο ΚΥΤ Καρδιάς (01/01/2023)

Παρόμοιο πρόβλημα υψηλών τάσεων αντιμετωπίζουν και τα δίκτυα διανομής με μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ. Το πρόβλημα πρέπει να αντιμετωπιστεί άμεσα με την εγκατάσταση συσκευών αντιστάθμισης (ή/και άλλα μέσα όπως τη συμμετοχή σταθμών ΑΠΕ στη ρύθμιση τάσης) από αμφότερους τους Διαχειριστές Συστήματος και Δικτύου καθώς η ρύθμιση τάσης μπορεί να γίνεται μόνο τοπικά.

Σε συνθήκες πολύ υψηλών τάσεων, το έσχατο μέτρο που λαμβάνεται από πλευράς Διαχειριστή Συστήματος είναι η θέση εκτός λειτουργίας επιλεγμένων ΓΜ 400kV.

Επίλογος

Από τα ανωτέρω φαίνεται ότι η ανάγκη λήψης άμεσων μέτρων είναι επιτακτική. Το επόμενο διάστημα θα χρειαστεί να αυξηθούν οι περικοπές παραγωγής ΑΠΕ ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια του Συστήματος και η ενεργειακή μετάβαση να συνεχιστεί ομαλά, χωρίς αναταράξεις και αρνητικές επιπτώσεις. Πρέπει επίσης να συνυπολογισθεί ότι οι εξελίξεις που αναμένεται να λύσουν μακροπρόθεσμα το πρόβλημα της εξισορρόπησης του ισοζυγίου παραγωγής-φορτίου (εγκατάσταση μεγάλων στοιχείων συσσώρευσης, ανάπτυξη δικτύων και διασυνδέσεων, ηλεκτροκίνηση, παραγωγή καθαρών καυσίμων κλπ.) απαιτούν σημαντικό χρόνο για να αναπτυχθούν και δεν μπορούν να συνεισφέρουν βραχυ-μεσοπρόθεσμα. Η συμμετοχή των σταθμών ΑΠΕ στη ρύθμιση των τάσεων είναι μια ρεαλιστική και άμεσα εφαρμόσιμη λύση για μετριασμό του προβλήματος των υψηλών τάσεων ενώ η ανάπτυξη συστημάτων αποθήκευσης (τόσο για βραχυχρόνια όσο και για μακροχρόνια) φαίνεται ότι είναι απαραίτητη για την περαιτέρω αύξηση της διείσδυσης σταθμών μη-κατανεμόμενων ΑΠΕ.

Ο κ. Ιωάννης Χατζηβασιλειάδης εργάστηκε ως μηχανικός στη ΔΕΗ από διάφορες θέσεις από το 1962 έως το 1990 και ήταν ένας από τους πρωτοπόρους που συνέβαλαν στην ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα. Το βιβλίο του «Μισός Αιώνας ΑΠΕ» που εκδόθηκε το 2021 παρουσιάζεται στη νέα στήλη «Διαβάσαμε…» σε αυτό το τεύχος των Πυλώνων. Ο υπότιτλος του βιβλίου «Μετασχηματισμός του Ενεργειακού Τομέα προς 100% ΑΠΕ στον Ηλεκτρισμό» ταιριάζει απόλυτα με το αφιέρωμά μας στην Ενεργειακή Πράσινη Μετάβαση και ως εκ τούτου οι Πυλώνες ζήτησαν από τον κ. Ι. Χατζηβασιλειάδη να καταθέσει στο παρόν άρθρο την πολυετή του εμπειρία στην ένταξη των ΑΠΕ στο Ελληνικό Σύστημα.

Οι ΑΠΕ στο Ελληνικό Ηλεκτρικό Σύστημα: Παρελθόν, Παρόν και Μέλλον

του Ιωάννη Σ. Χατζηβασιλειάδη, Μηχ.-Ηλεκ. ΕΜΠ

Εισαγωγή

Ο εξηλεκτρισμός της χώρας άρχισε το 1950 από την ΔΕΗ και βασίσθηκε στις εγχώριες πηγές ενέργειας, τις υδατοπτώσεις και τον λιγνίτη. Το πρώτο πρόγραμμα της ΔΕΗ συμπεριέλαβε τρεις υδροηλεκτρικούς σταθμούς και έναν λιγνιτικό με γεωγραφική διασπορά. Ακολούθησαν και άλλοι μεγάλοι υδροηλεκτρικοί και λιγνιτικοί σταθμοί που μαζί με την ανάπτυξη των γραμμών και υποσταθμών μεταφοράς σύντομα αποτέλεσαν το διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό σύστημα της χώρας.

Μεγάλη ανάπτυξη λιγνιτικών σταθμών και λιγνιτωρυχείων έγινε στην δεύτερη πενταετία του 1970, έτσι ώστε σταθμοί και δίκτυα να οδηγήσουν το 1980 στον πλήρη εξηλεκτρισμό της χώρας που βασίζονταν στις εγχώριες πηγές ενέργειας. Αυτή την περίοδο εντάσσεται και η ανάπτυξη των ΑΠΕ, κυρίως αιολική και ηλιακή ενέργεια αρχίζοντας από τα νησιά που είχαν πλήρη εξάρτηση από το πετρέλαιο. Η ΔΕΗ ήταν η πρώτη ηλεκτρική εταιρεία στην Ευρώπη που συμπεριέλαβε την αξιοποίηση των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή.

Αυτή η σώφρων πολιτική της ΔΕΗ, παρά τις εξωτερικές πιέσεις, εξασφάλισε ενεργειακή αυτάρκεια και ασφάλεια με προσιτές και σταθερές τιμές για τους καταναλωτές επί σειρά ετών, ενώ δημιουργούνταν καλές προοπτικές και προσδοκίες για την ανάπτυξη των ΑΠΕ με το πλούσιο δυναμικό που διαθέτει η χώρα.

Τα μικρά υδροηλεκτρικά, η γεωθερμία και η βιομάζα χρησιμοποιούν γνωστές και αξιόπιστες τεχνολογίες στην ηλεκτροπαραγωγή, αξιοποιώντας το (πεπερασμένο) δυναμικό τους, σχεδόν από την είσοδο του ηλεκτρισμού στην κοινωνία και την οικονομία. Η αξιοποίηση όμως της αιολικής και ηλιακής ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή, παρά τις επίμονες προσπάθειες, αντιμετώπισε ανυπέρβλητα τεχνικά προβλήματα. Τα πρώτα θετικά βήματα που οδηγούσαν σε εμπορικές εφαρμογές έγιναν στο δεύτερο ήμισυ του 20ου αιώνα και εντάθηκαν οι προσπάθειες μετά την πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του 1970, αξιοποιώντας και τις τεχνολογίες που εν τω μεταξύ αναπτύχθηκαν. Το δυναμικό τους είναι πρακτικά άπειρο κατανεμημένο σε όλο τον πλανήτη, οπότε με την συμβολή της τεχνολογίας μπορεί όλος ο κόσμος να έχει πρόσβαση στον ηλεκτρισμό και με προσιτό κόστος.

Στις επόμενες ενότητες περιγράφεται συνοπτικά η ανάπτυξη των τεχνολογιών της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα και στην Ευρώπη, καθώς και σκέψεις για ηλεκτρικά δίκτυα προς 100% ΑΠΕ στη χώρα.

Έρευνα και Ανάπτυξη της Αιολικής Ενέργειας

α) Τα πρώτα βήματα

Ένα καλοκαίρι στην δεκαετία του 1960 εντυπωσιάσθηκα από τον άνεμο που φύσαγε όλες τις μέρες στο νησί με τους ανεμόμυλους να δείχνουν τον δρόμο για την ενεργειακή αξιοποίηση του ανέμου. Σαν νέος μηχανικός μου γεννήθηκε ιδέα της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή και άρχισα τις προσπάθειες.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1970 η Διεύθυνση Προγραμματισμού της ΔΕΗ μετά από έκθεσή μου, ενέταξε την αιολική ενέργεια στο πρόγραμμα, αρχίζοντας με τις μετρήσεις του αιολικού δυναμικού στα νησιά. Επόμενο βήμα ήταν η επιδίωξη διεθνούς συνεργασίας για έρευνα και επιδεικτικό έργο σε ένα νησί.

Ετοιμάζοντας μια εργασία για την αιολική ενέργεια στα νησιά για ένα συνέδριο, με έκπληξη κατέληξα στο συμπέρασμα ότι η διείσδυση της αιολικής ενέργειας στα ηλεκτρικά συστήματα ως έχουν και λειτουργούν δεν μπορεί να υπερβεί ένα 10% σε ετήσια βάση, οπότε άλλαξα τον αρχικά ενθουσιώδη τίτλο. Αυτή η πρωτοποριακή ανακοίνωση (1977) ίσως ήταν η πρώτη που έγινε διεθνώς, αφού έξι χρόνια μετά, η μελέτη που έγινε για το βρετανικό ηλεκτρικό σύστημα κατάληξε στο ίδιο συμπέρασμα που με διστακτικότητα ανακοίνωσαν.

Η μεγάλη πρόκληση πλέον ήταν η μεγαλύτερη διείσδυση της αιολικής ενέργειας στα ηλεκτρικά συστήματα, που άρχισα να μελετώ. Η λύση οδηγούσε στην αλλαγή της κοινής πρακτικής, δηλαδή όχι απλά σύνδεση των ανεμογεννητριών στο δίκτυο αλλά η πλήρης ενσωμάτωσή τους στο ηλεκτρικό σύστημα, συμμετέχοντας στην διαχείριση και λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος. Αυτή η ιδέα εμφανίσθηκε με τον όρο “integration” δύο δεκαετίες αργότερα στην Ευρώπη και διεθνώς.

β) Αιολικό Πάρκο Κύθνου – Το πρώτο Αιολικό Πάρκο της Ευρώπης

Το Αιολικό Πάρκο της Κύθνου ήταν ένα ερευνητικό/πιλοτικό έργο με στόχο την μεγάλη διείσδυση της αιολικής ενέργειας (>25%) σε ένα ασθενές ηλεκτρικό σύστημα. Έγινε στα πλαίσια της «Ελληνογερμανικής Συνεργασίας στην Επιστημονική Έρευνα και Τεχνολογία» με την συνεργασία της ΔΕΗ και της MAN Neue Technologie.

Τον Απρίλιο του 1979 στα πλαίσια της Ελληνογερμανικής Εβδομάδας Ηλιακής Ενέργειας στην Κρήτη αποτελέσαμε μια μικρή ομάδα στην αιολική ενέργεια και συζητήσαμε όλη την εβδομάδα για να καταλήξουμε στα τεχνικά χαρακτηριστικά με τις σχετικές δράσεις και στον καταμερισμό των εργασιών. Το έργο στην Κύθνο θα αποτελούνταν από 5 ανεμογεννήτριες των 20 kW η καθεμιά με ρύθμιση κλίσεως πτερυγίων και προηγμένα συστήματα ελέγχου, δηλαδή συνολικά 100kW όταν η ελάχιστη ζήτηση στο νησί ήταν τότε 45 kW.

Δώσαμε την ελκυστική ονομασία "Wind Park of Kythnos", «Αιολικό Πάρκο Κύθνου», εκφράζοντας έτσι καλύτερα το όραμα για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη, σε αντιδιαστολή με τον όρο “Wind Farm” που αναφέρονταν τότε στις ΗΠΑ. Από την μελέτη προσομοίωσης για ένα πλήρες έτος με ωριαία δεδομένα ταχύτητας ανέμου και κατανάλωσης για το 1980, επελέγη τελικά το σενάριο με ελάχιστη ισχύ 20 kW στο σταθμό Diesel που εξασφάλιζε 23,5% διείσδυση της αιολικής ενέργειας. Για την επιτυχή ενσωμάτωση του Αιολικού Πάρκου στο σύστημα και την συνεργασία με τις παλιές μονάδες του σταθμού έγιναν ειδικές μετρήσεις των πραγματικών δυναμικών χαρακτηριστικών των μονάδων Diesel για τα συστήματα ελέγχου. Μελετήθηκαν και εγκαταστάθηκαν συστήματα ελέγχου αιολικών μονάδων και Αιολικού Πάρκου με νέες ιδέες και προηγμένες τεχνολογίες ηλεκτρονικών, ελέγχου κλίσεως των πτερυγίων, καθώς και διατάξεις αντιστάθμισης αέργου ισχύος. Έγινε μεταφορά δεδομένων μεταξύ του σταθμού Diesel και του Αιολικού Πάρκου μέσω καλωδιακής σύνδεσης και με αξιόπιστο σύστημα ελέγχου εξασφαλίσθηκε η πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία του Αιολικού Πάρκου με αρμονική συνεργασία με το θερμοηλεκτρικό Σταθμό.

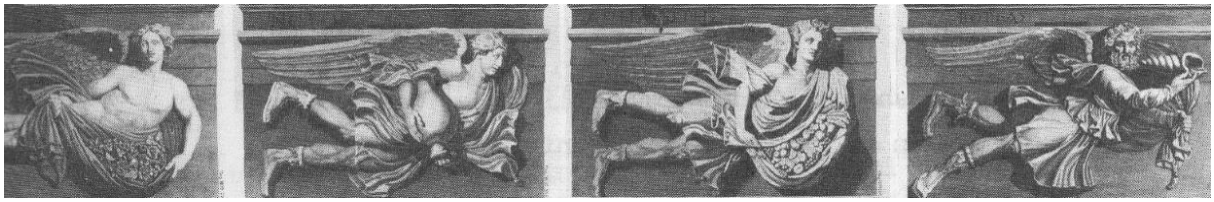
Το πρώτο Αιολικό Πάρκο της Ευρώπης τέθηκε σε λειτουργία στις 15 Απριλίου 1982 και χαρακτηρίζει την απαρχή της διείσδυσης της αιολικής ενέργειας στα ηλεκτρικά δίκτυα. Η ενσωμάτωση του Αιολικού Πάρκου στο ηλεκτρικό σύστημα με τις μονάδες Diesel έγινε με επιτυχία και εξασφαλίσθηκε ομαλή λειτουργία. Ως γενικό συμπέρασμα προέκυψε ότι μεγαλύτερη διείσδυση αιολικής ενέργειας άνω του 25% σε ετήσια βάση είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτή.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θεώρησε πολύ σημαντικό το έργο και μου ανέθεσε την εκπόνηση μιας Έκθεσης με τα συμπεράσματα. Αυτή η Έκθεση, που κυκλοφόρησε ευρύτατα στην Ευρώπη, δεν προσέλκυσε το ενδιαφέρον εντός της ΔΕΗ. Άλλοι γιατί δεν πίστευαν στην αιολική ενέργεια και άλλοι από άγνοια και με ασυγχώρητη απλούστευση, νομίζοντας ότι η αιολική ενέργεια είναι μια εύκολη υπόθεση. Ήταν και κάποιοι που απαξίωναν τα kW των ΑΠΕ, καθώς η ΔΕΗ ήταν πλέον η εταιρεία των GW, αγνοώντας ότι ο ηλεκτρισμός ξεκίνησε με μονάδες των kW.

γ) Η Δημιουργία του EWEA και η Συμβολή του στην Ανάπτυξη της Αιολικής Ενέργειας και της Ευρωπαϊκής Βιομηχανίας

Οι χώρες της Βόρειας Ευρώπης και ιδιαίτερα η Μεγάλη Βρετανία είχαν αρχίσει συντονισμένες προσπάθειες για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας από την δεκαετία του 1970. Στο 4ο Διεθνές Συμπόσιο για Συστήματα Αιολικής Ενέργειας (ISWES) που έγινε στην Στοκχόλμη τον Σεπτέμβριο 1982, υπήρχε ενθουσιασμός με την κατασκευή δύο ανεμογεννητριών ισχύος 3MW, που βέβαια ήταν πρόωρη.

Με μερικούς συνέδρους συζητήσαμε την δημιουργία ενός συνδέσμου σε Ευρωπαϊκό επίπεδο για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, δίδοντας ώθηση στην βιομηχανία και στις εφαρμογές. Φάνηκε ότι οι συνθήκες ήταν ώριμες λόγω της δραστηριοποίησης μεγάλων εταιρειών και ερευνητικών κέντρων, ενώ ήταν έκδηλη η ικανοποίηση με την λειτουργία του Αιολικού Πάρκου της Κύθνου. Εκπρόσωποι από επτά Ευρωπαϊκές χώρες αρχικά, αποφασίσαμε να ενώσουμε τις προσπάθειες και να ιδρύσουμε την Ευρωπαϊκή Ένωση Αιολικής Ενέργειας (European Wind Energy Association, EWEA) και ορίσαμε προσωρινή διοίκηση με έδρα στις Βρυξέλλες. Δόθηκε βαρύτητα στην συμμετοχή των εταιρειών ηλεκτρισμού για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας κατά το παράδειγμα της ΔΕΗ, προγραμματίζοντας σχετικές ημερίδες, καθώς και τα EWEC (European Wind Energy Conference). Μεταξύ των άλλων, αποφασίσαμε και οργανώσαμε τον Μάιο του 1985 το διεθνές συνέδριο των Δελφών στην Ελλάδα για την αιολική ενέργεια και τις εφαρμογές (Wind Energy - Applications). Ήταν μεγάλη η συμμετοχή και σημαντική η παρουσία από την ελληνική πλευρά.



Εικόνα 1. Το έμβλημα του Συνεδρίου των Δελφών (από τους Αέρηδες στην Πλάκα).

Στο EWEA συζητούσαμε και ανησυχούσαμε τότε για τις πρακτικές που εφάρμοζαν μερικές βιομηχανίες, μικρές κατά το πλείστον, οι οποίες πρόσφεραν ανεμογεννήτριες στην αγορά χωρίς τις απαραίτητες μελέτες. Έγιναν επανειλημμένες πτωχεύσεις εταιρειών ώσπου να πεισθούν οι βιομηχανίες για την χρήση νέων υπολογιστικών εργαλείων και τεχνολογιών, μεταφέροντας εμπειρίες από τις αεροδιαστημικές εταιρείες. Σε όλο αυτό το διάστημα το EWEA είχε έναν σημαντικό ρόλο στην υποστήριξη της βιομηχανίας προς την σωστή κατεύθυνση, ενώ συνέβαλλε και η ΕΕ με τα προγράμματα έρευνας στην αιολική ενέργεια.

Οι τεχνολογίες των ηλεκτρονικών ισχύος και της πληροφορικής και επικοινωνιών (ICT) με τις ερευνητικές προσπάθειες που ακολούθησαν συνέβαλλαν στην κατασκευή πλέον αποδοτικών και αξιόπιστων μεγάλων ανεμογεννητριών. Αναπτύχθηκε η ιδέα για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα, όπου πιθανότατα βρίσκεται το μέλλον της αιολικής ενέργειας, μεταφέροντας τεχνογνωσία και εμπειρίες από τις εταιρείες εξόρυξης πετρελαίου.

Το EWEA εξελίχθηκε σε έναν ισχυρό οργανισμό με επιρροή στα κέντρα λήψης αποφάσεων και συνέβαλε στην ανάπτυξη της Ευρωπαϊκής βιομηχανίας ανεμογεννητριών και των εφαρμογών τόσο στην ξηρά όσο και στην θάλασσα. Τα τελευταία χρόνια το EWEA μετονομάσθηκε σε WindEurope.

Ηλιακή Ενέργεια και Φωτοβολταϊκές Εφαρμογές

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή είχε προκηρύξει ένα ειδικό ερευνητικό πρόγραμμα το 1980-1983 με πιλοτικά έργα φωτοβολταϊκών. Κύριοι στόχοι ήταν η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών στην Ευρώπη και η υποστήριξη της νέας τότε Ευρωπαϊκής βιομηχανίας. Η Ελλάδα μπορούσε να συμμετάσχει ως το 10ο μέλος με ίσους όρους με τα άλλα κράτη-μέλη. Η ΔΕΗ, έχοντας το μονοπώλιο, ήταν η μόνη που μπορούσε να συμμετάσχει στο πρόγραμμα και δέχθηκε δύο προτάσεις, μία από Γερμανική εταιρεία και μία από Γαλλική. Παρουσιαζόταν η ευκαιρία ώστε η Ελλάδα με την ΔΕΗ να εισέλθει σε μια νέα, κορυφαία τεχνολογία ηλεκτροπαραγωγής μέσω της εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας.

Οι δύο προτάσεις υποστηρίχθηκαν και έγιναν αποδεκτές από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για να υπογραφούν εν συνεχεία οι σχετικές συμβάσεις. Ήταν ο Φ/Β Σταθμός Κύθνου με την Γερμανική Siemens AG 100 kWp με συσσωρευτές μολύβδου συνδεδεμένος στο δίκτυο, και ο Αυτόνομος Φ/Β Σταθμός Αγίας Ρουμέλης με την Γαλλική SERI-Renault, 50 kWp με συσσωρευτές μολύβδου, για την ηλεκτροδότηση της ομώνυμης Κοινότητας στην έξοδο του Φαραγγιού της Σαμαριάς στην Κρήτη.

Εικόνα 2. Το Φωτοβολταϊκό Πάρκο της Κύθνου

Το έργο της Αγίας Ρουμέλης είχε πολλές δυσκολίες αλλά αντιμετωπίσθηκαν όλα τα προβλήματα, ώστε τον Σεπτέμβριο του 1982 να γίνουν τα εγκαίνια. Ήταν το πρώτο πιλοτικό έργο του προγράμματος που ολοκληρώνονταν.

Στις δοκιμές διαπιστώθηκε πρόβλημα στο σύστημα ελέγχου της φόρτισης των συσσωρευτών που δεν θα εξασφάλιζε την πλήρη φόρτισή τους. Για την επίλυσή του ζήτησα τη συνδρομή της Ελληνικής ακαδημαϊκής κοινότητας που παρουσίασε μια καινοτόμο λύση που χρηματοδοτήθηκε από την ΕΕ ως ερευνητικό έργο και

υλοποιήθηκε με επιτυχία, επιλύοντας ένα σοβαρό λειτουργικό πρόβλημα του Φ/Β Σταθμού. Ήταν μια πολύτιμη καινοτομία στα Φ/Β συστήματα, αμιγώς Ελληνική.

Στη συνέχεια έγινε το δίκτυο διανομής με τον εξωτερικό φωτισμό και συνδέθηκαν οι καταναλωτές (μέσω μετρητών και ειδικών διακοπτών) για να ηλεκτροδοτηθούν από τον Φ/Β σταθμό και την ηλιακή ενέργεια. Με καθυστέρηση εγκαταστάθηκε ως εφεδρική και για τις αιχμές του καλοκαιριού μια μικρή μονάδα Diesel, όπως προβλεπόταν. Στα επόμενα χρόνια όταν έγινε η επέκταση του δικτύου διανομής στην Αγία Ρουμέλη, η ΔΕΗ αντί να συνδέσει τον Φ/Β σταθμό στο δίκτυο και να προσφέρει καθαρή ενέργεια προτίμησε την αποξήλωση.

Οι εμπειρίες από την μελέτη-ανάπτυξη και λειτουργία του αυτόνομου Φ/Β σταθμού ήταν πολύτιμες και αξιοποιήθηκαν στα επόμενα έργα.

Φ/Β Σταθμός Κύθνου και η Καινοτόμος Ιδέα του "bidirectional inverter"

Ο Φ/Β σταθμός της Κύθνου με μονάδα αποθήκευσης (600kWh) σε συνδυασμό με το αιολικό πάρκο που ήταν σε ανάπτυξη συγκέντρωνε ξεχωριστό ενδιαφέρον με πολλές προκλήσεις. Βασικός στόχος της ΔΕΗ ήταν η κάλυψη σημαντικού μέρους των αναγκών του νησιού από την αιολική και την ηλιακή ενέργεια ώστε να επαναλαμβάνονται τέτοια έργα στα νησιά. Εδώ όμως η μεγαλύτερη πρόκληση ήταν η λειτουργία του αιολικού πάρκου και του Φ/Β σταθμού με την αποθήκευση σαν ένα αυτόνομο ηλεκτρικό σύστημα που θα τροφοδοτούσε το νησί.

Μετά από προσεκτική διερεύνηση για ευέλικτη και ευσταθή λειτουργία του σύνθετου ηλεκτρικού συστήματος, χωρίς πρόσθετο εξοπλισμό, έκρινα αναγκαία την ανάπτυξη ενός νέου ηλεκτρονικού μετατροπέα ισχύος, ο οποίος θα λειτουργεί στα τέσσερα τεταρτημόρια του κύκλου με ευελιξία, συνδέοντας αιολικά, φωτοβολταϊκά και αποθήκευση για αξιόπιστη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές. Μέχρι τότε όλοι οι μετατροπείς λειτουργούσαν στα δύο τεταρτημόρια του κύκλου, δηλαδή η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας ήταν προς την μία κατεύθυνση, από συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο, όπως προβλέπονταν στο έργο.

Ο μετατροπέας αυτός θα λειτουργούσε σαν «μετατροπέας αμφίδρομης λειτουργίας (bidirectional inverter)» με ευελιξία ανταποκρινόμενος αμέσως στις απαιτήσεις κάθε πλευράς, καλύπτοντας την ζήτηση, ώστε να λειτουργεί ως αυτόνομο σύστημα με ηλιακή και αιολική ενέργεια χωρίς τις μονάδες Diesel. Μελέτησα την ιδέα και ζήτησα από την Siemens AG να αναπτύξουν την τεχνολογία μετατροπέα με λειτουργία στα τέσσερα τεταρτημόρια για το σύστημα του Φ/Β σταθμού της Κύθνου, επισημαίνοντας τις μεγάλες δυνατότητες εφαρμογών στα μελλοντικά ηλεκτρικά συστήματα. Η Siemens AG δέχθηκε με ενθουσιασμό και υλοποίησε την καινοτόμο ιδέα.

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών και τους επιτυχείς ελέγχους τέθηκε ο Φ/Β Σταθμός σε δοκιμαστική λειτουργία τον Ιούλιο 1983. Ο διευθυντής ερευνών της Siemens AG έστειλε ένα Van με όργανα και δύο έμπειρους μηχανικούς και μου ζήτησε να κάνω εκτεταμένες δοκιμές στο Φ/Β σύστημα της Κύθνου, όπως εγώ θα αποφάσιζα. Η πρόταση ήταν μεγάλη τιμή αλλά και μεγάλη ευθύνη.

Στο πρόγραμμα δοκιμών δύο ημερών έδωσα έμφαση στην λειτουργία του μετατροπέα αμφίδρομης λειτουργίας. Ήταν οι δοκιμές του πρώτου four-quadrant operation inverter, ή όπως επικράτησε bidirectional inverter σε πραγματικές συνθήκες στην Κύθνο το καλοκαίρι του 1983. Οι πιο ενδιαφέρουσες δοκιμές έγιναν στο αυτόνομο σύστημα αιολικής και ηλιακής ενέργειας με τους συσσωρευτές, που τροφοδοτούσε ένα μέρος του νησιού, όπου βασικό ρόλο είχε ο μετατροπέας αμφίδρομης λειτουργίας.

Η τροφοδότηση των φορτίων με ενεργό και άεργο ισχύ ήταν ομαλή, καθώς και των ανεμογεννητριών με άεργο ισχύ (ασύγχρονες γεννήτριες), ενώ ταυτόχρονα η πλεονάζουσα ενέργεια που παράγεται από τον άνεμο και τον ήλιο φορτίζει τις μπαταρίες, ακόμη και στις ριπές ανέμου χωρίς καμία διαταραχή του συστήματος, Διατηρεί σταθερή τάση και συχνότητα και επιτυγχάνει ιδανικές συνθήκες λειτουργίας του σύνθετου συστήματος, Ήταν εξαιρετικά τα αποτελέσματα, υπεράνω προσδοκιών, από την αθόρυβη, αποδοτική λειτουργία του όλου συστήματος με άμεση και αξιόπιστη ανταπόκριση σε κάθε αλλαγή φορτίου ή καιρικών καταστάσεων που έχουν επιπτώσεις στην παραγωγή ηλιακής και αιολικής ενέργειας,

Το αδύνατο σημείο όμως ήταν η αδυναμία να τροφοδοτήσει στιγμιαία το ρεύμα βραχυκυκλώσεως για την απομόνωση σφαλμάτων. Στις δοκιμές που έγιναν σε διάφορα σημεία του δικτύου μέσης και χαμηλής τάσης ο μετατροπέας έβλεπε υπερένταση με καθορισμένο όριο (πχ 130%) και μετά από λίγα δευτερόλεπτα (πχ 10 s) διέκοπτε την τροφοδότηση για λόγους προστασίας, χωρίς να παρέχει στιγμιαία το αναγκαίο ρεύμα βραχυκυκλώσεως ώστε να γίνει η απομόνωση του σφάλματος. Εδώ εμφανίζεται το χάσμα των τεχνολογιών, μια νέα τεχνολογία ηλεκτρονικών μετατροπέων στην ηλεκτρική ενέργεια με ένα δίκτυο που διατηρεί την ίδια τεχνολογία επί έναν αιώνα.

Για την διερεύνηση και αναζήτηση λύσης συγκρότησα μια ελληνογερμανική ερευνητική ομάδα με την οικονομική υποστήριξη των αντίστοιχων υπουργείων έρευνας. Αυτό το θέμα σήμερα εμφανίζεται ως inverter based resources (IBR) και συγκεντρώνει μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον για τα μελλοντικά ηλεκτρικά συστήματα με τις ΑΠΕ.

Στο χρονοδιάγραμμα είχα ζητήσει να αφιερωθεί ο πρώτος χρόνος στην έρευνα για νέες ιδέες με την χρήση των τεχνολογιών πληροφορικής και ηλεκτρονικών ισχύος, αλλά φάνηκε ότι ήταν πολύ νωρίς ακόμη. Έτσι, αποφασίσθηκε να δοθεί μια λύση με συμβατικό εξοπλισμό, που ήταν η παρεμβολή μιας στρεφόμενης σύγχρονης μηχανής, ένας σύγχρονος πυκνωτής, που αποτελεί και σήμερα δόκιμη λύση. Η ιδέα εξελίχθηκε μαζί με ένα σύγχρονο σύστημα μετρήσεων λειτουργικών στοιχείων για να γίνει η αξιολόγηση. Πριν ολοκληρωθεί το ερευνητικό έργο, κάποιοι στην ιεραρχία της ΔΕΗ ζήτησαν την διακοπή του ερευνητικού έργου, αφού η Κύθνος θα διασυνδεθεί με το σύστημα, οπότε δεν χρειάζονται συστήματα με ΑΠΕ, διακόπτοντας βίαια την έρευνα για τις εφαρμογές των ΑΠΕ στα νησιά. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η απόφαση είχε άλλα κίνητρα, αφού η Κύθνος παραμένει ακόμη χωρίς διασύνδεση.

Το σύνθετο έργο της Κύθνου ήταν τότε το μεγαλύτερο «υβριδικό» αιολικής και ηλιακής ενέργειας με τις πλέον προηγμένες ιδέες και τεχνολογίες, μια επιτυχής εφαρμογή που έπρεπε να έχει συνέχεια στα νησιωτικά συστήματα. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην ανάπτυξη και τις δοκιμές του Μετατροπέα Αμφίδρομης Λειτουργίας (bidirectional inverter), ως πρώτη εφαρμογή στον κόσμο με ευρύ μέλλον.

Φάνηκε ότι η Ελλάδα μπορεί να προσφέρει νέες ιδέες και να συμβάλλει στην ανάπτυξη της τεχνολογίας συμμετέχοντας με αξιώσεις στο Ευρωπαϊκό και διεθνές γίγνεσθαι για την μεγάλη διείσδυση των ΑΠΕ στον ηλεκτρισμό.

Ακολούθησαν τρία επιδεικτικά έργα με αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, με την οικονομική υποστήριξη της τότε ΕΟΚ, για την ηλεκτροδότηση για πρώτη φορά των νησιών Γαύδου, Αντικυθήρων και Αρκιών, καθώς και μικρών νησίδων στο Αιγαίο με ελάχιστους κατοίκους έως και έναν κάτοικο έστω και εποχιακό. Ήταν οι μεγάλες προκλήσεις για Φ/Β εφαρμογές.

Προς 100% ΑΠΕ στην Ελλάδα

Με μεγάλη καθυστέρηση το 1994 δίδεται η δυνατότητα ανάπτυξης των ΑΠΕ από τον ιδιωτικό τομέα, καθώς προβάλλει και ο περιορισμός των εκπομπών CO2 στην παγκόσμια κοινότητα (Διάσκεψη του Ρίο, 1992). Προς το τέλος της δεκαετίας γίνεται η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας με σχετική Οδηγία της ΕΕ, ενώ εισέρχεται και το φυσικό αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή, όπου η ΔΕΗ ΑΕ γίνεται ο πρώτος μεγάλος πελάτης. Οι επενδύσεις κατευθύνονται πλέον σε μονάδες φυσικού αερίου και στις ΑΠΕ, αλλά με υπερβάλλουσα γραφειοκρατία και κόστος.

Στα μέσα της δεκαετίας 2010 οι ΑΠΕ, κυρίως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, επέτυχαν κόστος παραγωγής που αντιστοιχεί σε εκείνο του δικτύου (grid parity) με πτωτικές τάσεις. Αυτό επιτάχυνε την διείσδυση των ΑΠΕ και κυρίως μαζί με το φυσικό αέριο εκτόπισαν τον λιγνίτη. Έτσι, το 2021 στο Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα το φυσικό αέριο κάλυψε το 40% της ζήτησης και οι λιγνίτες το 10%, ενώ η παραγωγή των ΑΠΕ έφθασε το 33% και των μεγάλων υδροηλεκτρικών το 10%, ενώ 7% ήταν εισαγωγές. Θα ήταν επιθυμητή η μεγαλύτερη διείσδυση των ΑΠΕ και μικρότερη συμμετοχή του φυσικού αερίου, γιατί αυτή η εξέλιξη έχει αρνητικές επιπτώσεις στην ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού, αλλά και μεγάλη οικονομική επιβάρυνση στους καταναλωτές από τις υψηλές τιμές του φυσικού αερίου που ακολούθησαν.

Έτσι, οι προσπάθειες στρέφονται στην μεγάλη διείσδυση των ΑΠΕ στο ηλεκτρικό σύστημα που θα εξασφαλίσουν ενεργειακή αυτάρκεια και ασφάλεια με το χαμηλότερο και σχεδόν σταθερό κόστος παραγωγής σε μακροπρόθεσμη βάση. Επομένως, η ενεργειακή μετάβαση με τις ΑΠΕ, που ευνοείται από το πολύ χαμηλό κόστος παραγωγής, θα πρέπει να γίνει με σταθερά βήματα χωρίς καθυστερήσεις, προσδοκώντας οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Παράλληλα θα χρειασθεί και η επιτυχής προσαρμογή του λειτουργικού πλαισίου της νέας αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στις εξελίξεις που προδιαγράφονται.

Η περαιτέρω διείσδυση των ΑΠΕ με μικρές και μεγάλες μονάδες απαιτεί την ευμενή υποδοχή και σύνδεσή τους στο δίκτυο με αποτελεσματική διαχείριση από τους Διαχειριστές των Δικτύων αξιοποιώντας τις τεχνολογίες που διαθέτουν οι ΑΠΕ. Ιδιαίτερα, χρειάζεται νέα αρχιτεκτονική δικτύων και εισαγωγή της ψηφιακής τεχνολογίας στα δίκτυα διανομής που θα συμβάλλει στην καλύτερη διαχείριση και της ζήτησης, ενώ θα απαιτηθούν νέοι υποσταθμοί, νέες γραμμές και επεκτάσεις, αλλά και χρήση καινοτόμων τεχνολογιών και εργαλείων για την διαχείριση του συστήματος.

Η αξιοποίηση των μεγάλων υδροηλεκτρικών με τους ταμιευτήρες και η αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας των ΑΠΕ θα συμβάλλουν στην περαιτέρω διείσδυση των ΑΠΕ. Όσο αυξάνεται η διείσδυση, οι διεθνείς διασυνδέσεις μπορούν να αξιοποιούν επωφελώς σε άλλες αγορές την πλεονάζουσα ενέργεια η οποία αναμένεται, αλλά και ενδεχομένως να καλύψουν όποιο έλλειμα παρουσιάζεται.

Η αποθήκευση με ικανότητα ωρών (4h, 8h ή 12h) στην ονομαστική ισχύ μπορεί να διαχειρίζεται ένα μέρος της διαλείπουσας παραγωγής των ΑΠΕ στη διάρκεια ενός 24ώρου (ή και δύο ή τριών ημερών) αλλά δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις εποχιακές μεταβολές του δυναμικού των ΑΠΕ. Έτσι, παρά την αποθήκευση και την διαχείριση της ζήτησης, αλλά και τις διεθνείς διασυνδέσεις, μετά από ένα υψηλό ποσοστό διείσδυσης θα παρουσιάζονται στη διάρκεια του χρόνου ημέρες με έλλειμα παραγωγής ή περίσσεια που θα απορρίπτεται με εντολή του Διαχειριστή. Η προσθήκη νέων ΑΠΕ μπορεί να συνεχισθεί με οικονομικούς όρους καθώς αυτές υποκαθιστούν ακριβότερη ενέργεια συμβατικών πηγών, αυξάνοντας προοδευτικά την διείσδυση αλλά και την περίσσεια ενέργειας που απορρίπτεται.

Στα επόμενα χρόνια η παραγωγή πράσινου υδρογόνου και η αποθήκευσή του θα αξιοποιήσει αυτή την περίσσεια ενέργειας των ΑΠΕ και θα καλύψει τα ελλείματα που παρουσιάζονται στην διάρκεια του χρόνου, οδηγώντας προς 100% ΑΠΕ. Το υδρογόνο μπορεί να αποτελέσει έναν άλλο ενεργειακό φορέα για όλες τις άλλες χρήσεις, εκτοπίζοντας τα ορυκτά καύσιμα, όπου η παραγωγή του θα βασισθεί στις ΑΠΕ με το χαμηλό κόστος.

Αυτός ο μετασχηματισμός του ηλεκτρικού συστήματος με την μεγάλη διείσδυση των ΑΠΕ οδηγεί στην απόσυρση των στρεφόμενων συμβατικών μονάδων με την μεγάλη ροπή αδρανείας, όπου βασίζονται οι στρατηγικές ελέγχου που εξασφαλίζουν την ευστάθεια του συστήματος και προστασία. Την θέση τους παίρνουν τα νέα συστήματα παραγωγής που στηρίζονται στους ηλεκτρονικούς μετατροπείς (IBR) με μηδενική αδράνεια. Εδώ δημιουργείται μια ενδιαφέρουσα περιοχή έρευνας για νέες ιδέες και προηγμένες τεχνολογίες στην επίλυση των προβλημάτων, αξιοποιώντας και τις δυνατότητες που προσφέρουν οι τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών (ICT) με την χρήση 5G και κατάλληλο λογισμικό, τεχνητή νοημοσύνη, ψηφιακό μετασχηματισμό κλπ και με τις κατάλληλες προστασίες έναντι κυβερνοεπιθέσεων. Εν τούτοις πρέπει να σημειωθεί ότι οι μεγάλες μονάδες αποθήκευσης με μπαταρίες λιθίου και ηλεκτρονικό μετατροπέα αμφίδρομης λειτουργίας προσφέρουν εξαιρετικές επικουρικές υπηρεσίες στο σύστημα, ειδικότερα στη ρύθμιση τάσεως και συχνότητας τάχιστα, λόγω έλλειψης αδράνειας, όπως στην Κύθνο πριν τέσσερεις δεκαετίες.

Εικόνα 3. Εγκατεστημένη Ισχύς από ΑΠ 2022 (Πηγή ΕΛΕΤΑΕΝ)

Τα αυτόνομα συστήματα των νησιών που μένουν επί χρόνια καθηλωμένα στο 17% ΑΠΕ με υψηλές επιβαρύνσεις ΥΚΩ, αποτελούν πρώτο στόχο για την ενεργειακή μετάβαση με μεγάλη διείσδυση των ΑΠΕ στο 80% ή και 90% σε ετήσια βάση, καλύπτοντας όλες τις ενεργειακές ανάγκες (θέρμανση, κίνηση, αφαλάτωση κλπ) με πολύ ελκυστικά οικονομικά και περιβαλλοντικά αποτελέσματα υποκαθιστώντας το ακριβό πετρέλαιο. Επομένως, τα νησιωτικά συστήματα μπορούν να αποτελέσουν πεδίο έρευνας και εφαρμογής νέων ιδεών και καινοτόμων τεχνολογιών για τα μελλοντικά ηλεκτρικά συστήματα, αποκτώντας τεχνογνωσία που θα είναι χρήσιμη για το ηπειρωτικό σύστημα. Ακόμη και τα νησιά που διασυνδέονται με το εθνικό σύστημα θα πρέπει να αναπτύξουν τις δικές τους ΑΠΕ με αποθήκευση που θα λειτουργούν με τις αρχές και τεχνικές των μικροδικτύων, εξασφαλίζοντας πιο αξιόπιστη ηλεκτροδότηση.

Ο στόχος του νέου ΕΣΕΚ (Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα) αναμένεται στο 80% ΑΠΕ στην ηλεκτρική ενέργεια το 2030, οπότε θα πρέπει να δραστηριοποιηθεί η επιστημονική κοινότητα για την επίτευξη του φιλόδοξου στόχου. Επιπροσθέτως, υπάρχουν και οι προκλήσεις με τις διεθνείς ηλεκτρικές διασυνδέσεις του ελληνικού συστήματος στον Βορρά και στο Νότο (με Κύπρο 1 GW και Αίγυπτο 3 GW). Έτσι, η χώρα καθίσταται η ενεργειακή πύλη ηλεκτρισμού

με ΑΠΕ για τις βαλκανικές χώρες και πέραν τούτων για την πρόσβαση στις αγορές της Κεντρικής Ευρώπης.

Χρειάζονται πολλές και εξειδικευμένες μελέτες, έρευνα και ανάπτυξη, καθώς και διεθνείς συνεργασίες για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των προβλημάτων και την υποστήριξη των σχετικών εφαρμογών. Η Ελληνική Επιτροπή της CIGRE, αλλά και το Ελληνικό Τμήμα του IEEE περιλαμβάνουν μεγάλο ανθρώπινο δυναμικό υψηλής στάθμης ικανό για την αποτελεσματική αντιμετώπιση και επίλυση αυτών των προβλημάτων για την επίτευξη του στόχου. Ο μετασχηματισμός του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος μπορεί να γίνει από το εγχώριο έμψυχο τεχνικό και επιστημονικό δυναμικό χωρίς να αναμένονται έτοιμες λύσεις από έξω. Ακόμη μπορούμε να προσβλέπουμε στην εξαγωγή αυτών των λύσεων και της καινοτομίας στο εξωτερικό, προωθώντας την ελληνική καινοτόμο επιχειρηματικότητα.

Η ενεργειακή μετάβαση και το Ταμείο Ανάκαμψης προσφέρουν μια μοναδική ευκαιρία για την αξιοποίηση και ενίσχυση της τεχνολογικής και παραγωγικής βάσης της χώρας προς ένα νέο αναπτυξιακό μοντέλο με καθαρή και προσιτή ενέργεια. Η Πολιτεία οφείλει να υποστηρίξει την έρευνα σε αυτή την περιοχή, που θα συμβάλλει και στην επίτευξη του στόχου. Μια τέτοια οικονομική υποστήριξη θα αποτελέσει την πιο παραγωγική επένδυση δημόσιων πόρων.

Βιβλιογραφία

Ι. Χατζηβασιλειάδης, “Η Συμβολή της Αιολικής Ενέργειας στις Ενεργειακές Ανάγκες των Νησιών μας”, Συνέδριο «Το Ενεργειακό Πρόβλημα της Ελληνικής Οικονομίας Σήμερα», ΤΕΕ, Αθήνα 23-28 Μαΐου 1977

J. Chadjivassiliadis, Public Power Corporation, “Experience with CEC Pilot Plants in Greece and PPC’s Perspectives”, 5th E.C. Photovoltaic Solar Energy Conference, Athens Greece 17-21 October 1983

R. Tassiou, J. Chadjivassiliadis, Public Power Corporation, “Wind Energy on the Greek Islands”, CEC-European Wind Energy Conference 1984-EWEC’84, Hamburg, Oct. 1984

George Bergeles, John Chadjivassiliadis, “Delphi Workshop on Wind Energy-Applications”, Proceedings, Delphi, Greece, May 1985

G. C. Contaxis, J. Kabouris, J. Chadjivassiliadis, “Optimum Operation of an Autonomous Energy System”, EWEC’86, Proceedings Vol. 2, pp. 305-310, Rome, Oct. 1986

J. Chadjivassiliadis, G. Hackenberg, W. Kleinkkauf, F. Raptis, “Power Management for the Compound Operation of Diesel Generator Sets with Wind Energy and Photovoltaic Plants”, EWEC’86, Proceedings Vol. 2, pp. 287-292, Rome, Oct. 1986

J. Chadjivassiliadis, G. Bergeles, N. Athanassiadis, “Comparative Study of the Operation of Windgenerators of the Kythnos Wind Park”, EWEC’86, Proceedings Vol.2, pp. 369-373, Rome, Oct. 1986

Ηλεκτροκίνηση: Οφέλη και Προκλήσεις

Η κλιματική αλλαγή, ή κλιματική κρίση όπως τείνουμε πλέον να την αποκαλούμε, έχει επιβάλει την ενεργειακή μετάβαση από ένα μίγμα παραγωγής που βασιζόταν σε ορυκτά καύσιμα σε αυτό που βασίζεται στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας με στόχο, στην Ευρωπαϊκή Ένωση, την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών ρύπων στα μέσα του 21^{ου} αιώνα.

Στα πλαίσια αυτά εντάσσεται και η προσπάθεια για την ελαχιστοποίηση των ρύπων που προκαλούνται κατά τις μετακινήσεις και μεταφορές. Εδώ σημαντικότατο ρόλο καλείται να παίξει η Ηλεκτροκίνηση. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι ενεργειακά 4 με 5 φορές πιο αποδοτικά από αυτά με συμβατικές μηχανές εσωτερικής καύσεως γεγονός πού τα κάνει να έχουν ευνοϊκή επίπτωση στο περιβάλλον, ακόμη και όταν η ηλεκτρική ενέργεια που φορτίζει τις μπαταρίες τους προέρχεται από το σημερινό μίγμα παραγωγής. Πολύ περισσότερο αν η ενέργεια αυτή προέρχεται καθ' ολοκληρία από ΑΠΕ όπως αναμένεται στο κοντινό μέλλον. Η κατασκευή βέβαια του ηλεκτρικού οχήματος έχει σημαντικά μεγαλύτερο ενεργειακό αποτύπωμα από αυτό του συμβατικού (ιδίως όσον αφορά στην παραγωγή των μπαταριών λιθίου) που όμως αντισταθμίζεται στα δύο περίπου πρώτα χρόνια λειτουργίας του.

Η αναμενόμενη ταχεία αύξηση της χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων, που ενθαρρύνεται από Εθνικές και Ευρωπαϊκές πολιτικές, οδηγεί σε νέες προκλήσεις για την ανάπτυξη και λειτουργία των ηλεκτρικών δικτύων, ιδίως της Διανομής. Προφανώς απαιτείται πλήθος εγκαταστάσεων ταχείας φόρτισης των οχημάτων, με επιπτώσεις στα επίπεδα τάσεων και φόρτισης των δικτύων χαμηλής και μέσης τάσης. Παράλληλα όμως είναι δυνατόν να υπάρξουν οφέλη για την απορρόφηση της πλεονάζουσας ενέργειας της (στοχαστικής) παραγωγής των ΑΠΕ, παρέχοντας δυνατότητα απορρόφησης και επανέγχυσης στο σύστημα.

Το θέμα της ηλεκτροκίνησης, με τις προοπτικές, τα οφέλη και τις προκλήσεις που το συνοδεύουν θα αποτελέσει αντικείμενο αφιερώματος σε μελλοντικό τεύχος των Πυλώνων. Μια εισαγωγή στο θέμα περιλαμβάνεται πιο κάτω.

Ηλεκτροκίνηση: Προοπτικές, Δίκτυα και Συνδεσιμότητα

των Γεώργιου Ι. Τσιρόπουλου, ΗΜΜΥ ΔΕΔΔΗΕ

Χριστόδουλου Διαμαντίδη, CEO Infonet Systems Integration Ltd

Εισαγωγή

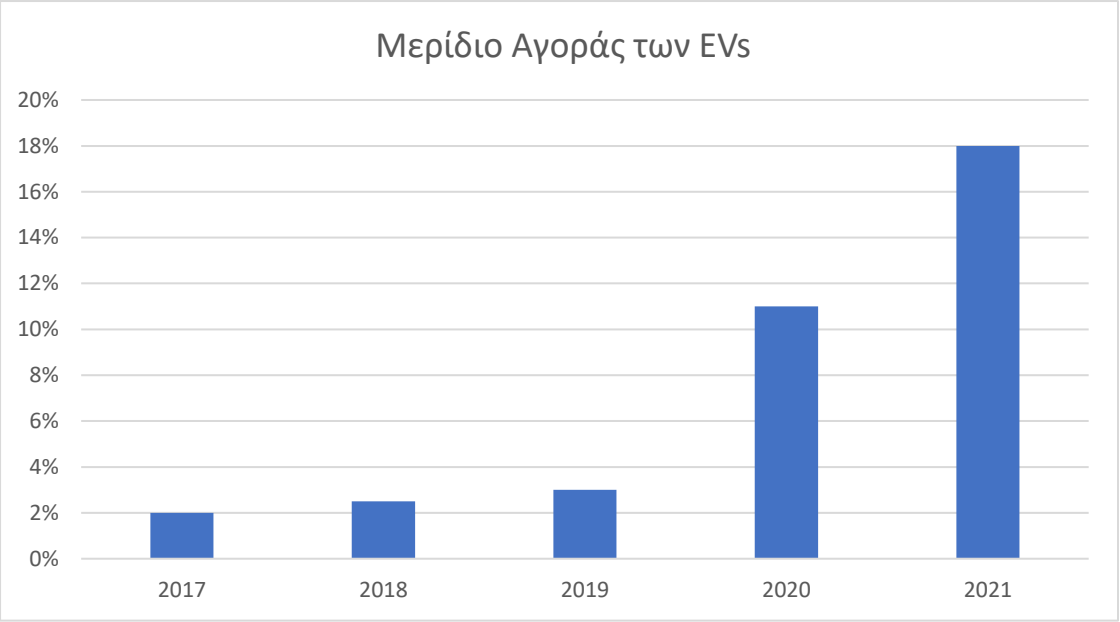
Οι πολιτικές προώθησης που έχουν εφαρμοστεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση αυξάνουν με ταχύ ρυθμό το βαθμό διείσδυσης της ηλεκτροκίνησης θέτοντας νέες προκλήσεις για τα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι προκλήσεις αυτές δεν απαιτούν μόνο την ανάπτυξη δικτύων φόρτισης, αλλά επιπλέον υπαγορεύουν τις αναβαθμίσεις και τις σχετικές επενδύσεις στο ίδιο το δίκτυο, την ενσωμάτωση έξυπνων τεχνολογιών διαχείρισης φορτίου και αλληλεπίδρασης με τα ηλεκτρικά οχήματα (Electric Vehicles - EVs) και τα δίκτυα φόρτισης. Η αλληλεπίδραση αυτή δεν περιορίζεται μόνο στην τυπική φόρτιση του αυτοκινήτου από το δίκτυο, αλλά προβλέπεται στο μέλλον να είναι αμφίδρομη και πολυεπίπεδη. Ένα ηλεκτρικό όχημα μπορεί να συμβάλει στην απορρόφηση της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας που οφείλεται στην στοχαστικότητα της παραγωγής από ΑΠΕ και στη συνέχεια να προσφέρει μέρος της αποθηκευμένης ενέργειας στο δίκτυο, να αλληλοεπιδρά με αυτό και με άλλες οντότητες γύρω του είτε σε επίπεδο ισχύος ή σε επίπεδο ανταλλαγής δεδομένων. Γενικά, η καθολική υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης θα επιφέρει ριζικές αλλαγές στις υποδομές ανεφοδιασμού των αυτοκινήτων, στη λειτουργία και ανάπτυξη του δικτύου καθώς επίσης και στις συνήθειες των οδηγών.

Διείσδυση της Ηλεκτροκίνησης

Η ηλεκτροκίνηση μονοπωλεί το ενδιαφέρον στα θέματα των πράσινων μετακινήσεων θέτοντας ταυτόχρονα σημαντικά ζητήματα για την ενεργειακή μετάβαση και τα ενεργειακά δίκτυα. Επιπλέον αποτελεί σημαντική προτεραιότητα για τις ευρωπαϊκές κοινωνίες γεγονός που αποδεικνύεται από τις σημαντικές νομοθετικές πρωτοβουλίες σε κοινοτικό και εθνικό επίπεδο που συμβάλουν στην προώθηση του κλάδου και επιταχύνουν τη μετάβαση [1].

Τα δεδομένα που παρουσιάζονται στο Σχήμα 1 καταδεικνύουν τη μεγάλη αύξηση στις πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων καθώς το μερίδιο αγοράς τους αυξήθηκε πάνω από τρεις φορές το 2020 σε σχέση με το 2019 φτάνοντας 10,7% του συνόλου των πωλήσεων και το 2021 σχεδόν άγγιξε το 18% [4]. Επομένως, πρόκειται για μεγάλη ετήσια αύξηση κάθε έτος σε σχέση με το προηγούμενο. Για να καταδειχθεί η σημαντική διείσδυση της ηλεκτροκίνησης και στη συνέχεια να εκτιμηθεί η επίδραση που θα έχει στο ηλεκτρικό δίκτυο, αναφέρεται ότι η κατ΄ όγκο η αγορά ηλεκτρικών οχημάτων αναμένεται να αυξηθεί με μέσο ρυθμό

ετήσιας αύξησης 36,2% από το 2021 και να φτάσει τα 69,3 εκατομμύρια μονάδες έως το 2028 [2].



Σχήμα 1.: Μερίδιο των EVs στον ευρωπαϊκό κλάδο αυτοκινήτου στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 χωρών μελών [4].

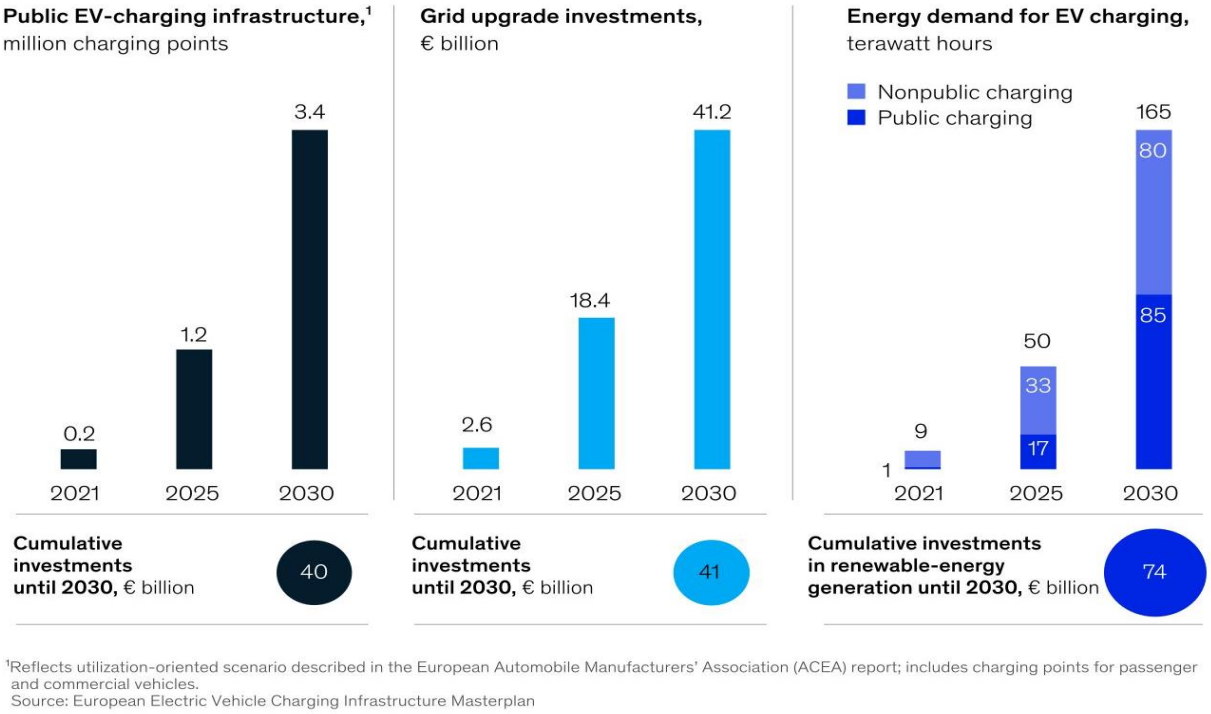
Η ανάπτυξη αυτή του κλάδου αποδίδεται κυρίως στις κυβερνητικές πολιτικές και κανονισμούς που δρουν υποστηρικτικά προς την αύξηση των πωλήσεων ηλεκτρικών αυτοκινήτων και στην αύξηση των επενδύσεων από κορυφαίους κατασκευαστές αυτοκινήτων και ηγέτες του χώρου [3]. Επιπλέον κίνητρο για την αύξησης της διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στις ευρωπαϊκές κοινωνίες αποτελούν οι αυξανόμενες περιβαλλοντικές ανησυχίες και η ευαισθητοποίηση των κοινωνιών καθώς και η σημαντική μείωση των τιμών των μπαταριών που τοποθετούνται σε αυτά.

Δαπάνες για την Ηλεκτροκίνηση και το Ζήτημα των Δικτύων Φόρτισης και Υποδομών

Αξίζει να σημειωθεί ότι το 2021 οι παγκόσμιες δαπάνες που σχετίζονται με τα ηλεκτρικά οχήματα (οχήματα και φόρτιση) αυξήθηκαν κατά 75%. Ενώ τα προηγούμενα χρόνια αντιπροσώπευαν ένα μικρό κλάσμα των παγκόσμιων επενδύσεων για την ενεργειακή μετάβαση, το 2021 αντιπροσώπευαν πάνω από το 36% των συνολικών επενδύσεων, με τις επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να αντιστοιχούν στο 50% περίπου [2]. Σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο, οι επενδύσεις σε ηλεκτρικές μεταφορές αντιπροσώπευαν πάνω από το 50% των συνολικών επενδύσεων ενεργειακής μετάβασης. Επομένως, μέσα από την ανακατανομή της διάθεσης κεφαλαίων της πράσινης μετάβασης προς όφελος των ηλεκτρικών μεταφορών καταδεικνύεται η μεγάλη σημασία που ήδη αποδίδεται στον τομέα αυτό. Αναμένεται ότι οι ηλεκτρικές μεταφορές θα παραμείνουν βασικό συστατικό των επενδύσεων μετάβασης στην ενέργεια τα επόμενα χρόνια. Ωστόσο, αυτές οι επενδύσεις στρέφονται έντονα προς την απόκτηση νέων οχημάτων. Για το λόγο

αυτό οι επενδύσεις στη φόρτιση –τόσο δημόσιας όσο και οικιακής φόρτισης– πρέπει να αυξηθούν προκειμένου να διατηρηθεί και να υποστηριχθεί η μετάβαση αυτή. Για παράδειγμα, στην ΕΕ, υπήρχαν περίπου 230.000 δημόσιοι σταθμοί φόρτισης το 2021. Ωστόσο, παρατηρείται μια υστέρηση στην τοποθέτηση δημόσιων φορτιστών σε οικιστικές περιοχές σε σχέση με τα εθνικά οδικά δίκτυα, στα οποία έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση τα τελευταία χρόνια αναφορικά με την τοποθέτηση δημόσιων φορτιστών. Από το 2014, η ΕΕ δήλωσε ότι θα πρέπει να αντιστοιχούν το πολύ 10 ηλεκτρικά αυτοκίνητα ανά δημόσιο σταθμό φόρτισης εντός οικιστικών περιοχών με στόχο πάνω από 1 εκατομμύριο σταθμούς φόρτισης έως το 2025. Αυτό υπογραμμίζει τον καταιγιστικό ρυθμό υλοποίησης εγκαταστάσεων που απαιτείται για την επίτευξη αυτών των στόχων.

Για την ανάδειξη του προβλήματος της υστέρησης ανάπτυξης δικτύων φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε σχέση με τους στόχους της ΕΕ και τις ανάγκες του στόλου που ήδη βρίσκεται σε κυκλοφορία, πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι στο πιο συντηρητικό σενάριο η ΕΕ χρειάζεται περίπου 3,4 εκατομμύρια σταθμούς φόρτισης μέχρι το 2030 [5]. Επομένως, είναι επιτακτική ανάγκη η εκτεταμένη αναβάθμιση των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας για την υποστήριξη των νέων σταθμών φόρτισης. Επιπλέον, επειδή η ηλεκτροκίνηση συμβαδίζει σε επίπεδο ευρωπαϊκών πρωτοβουλιών με την αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και τη δημιουργία υποδομών αποθήκευσης, η αναβάθμιση των δικτύων θα πρέπει να συμπεριλάβει και την κατανεμημένη παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ. Μια συνοπτική πρόβλεψη των επενδύσεων στο δίκτυο για την κάλυψη των αναγκών της ηλεκτροκίνησης στην Ευρώπη έως το 2030 παρουσιάζεται στο Σχήμα 2 [5].

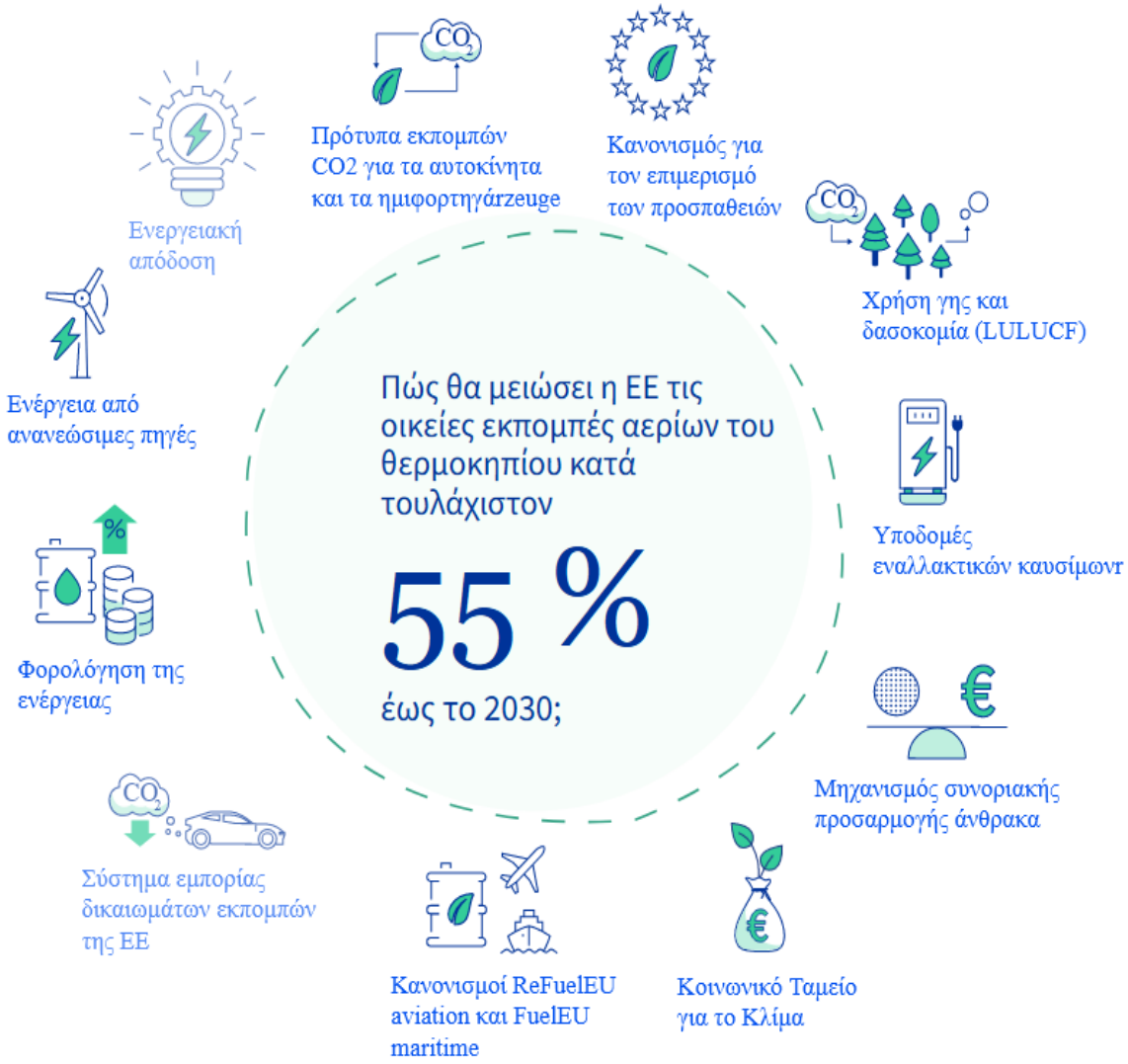


Σχήμα 2.: Πρόβλεψη απαιτούμενων επενδύσεων για υποδομές στην Ευρωπαϊκή Ένωση για την υποστήριξη της υιοθέτησης ηλεκτρικών οχημάτων. Πηγή McKinsey & Company [5].

Εθνικές και Ευρωπαϊκές Πολιτικές

Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής σε εθνικό αλλά και ευρωπαϊκό επίπεδο γνωρίζουν καλά ότι οι μεταφορές αποτελούν βασικό τομέα για τις οικολογικές και βιώσιμες οικονομίες. Για το λόγο αυτό πολλές εθνικές και περιφερειακές κυβερνήσεις έχουν ήδη ορίσει τις ημερομηνίες για τη σταδιακή κατάργηση των πωλήσεων οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης. Χαρακτηριστικά, οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες έχουν ορίσει αυτή την τελική προθεσμία από το 2030 έως το 2040, ο Καναδάς και οι πολιτείες της Νέας Υόρκης και Καλιφόρνιας το 2035.

Σημαντική αναφορά πρέπει να γίνει στο πρόσφατο πακέτο νομοθετικών προτάσεων «EU Fit for 55» που ψηφίστηκε στις 14 Ιουλίου 2021 [6]. Το νομοθετικό πακέτο αποτελεί μέρος της «Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας», η οποία στοχεύει στην ενίσχυση της θέσης της ΕΕ ως πρωτοπόρου σε παγκόσμιο επίπεδο για το κλίμα (Σχήμα 3).



Σχήμα 3.: Δέσμη μέτρων του πακέτου νομοθετικών προτάσεων «EU Fit for 55». Πηγή Ευρωπαϊκό Συμβούλιο [6].

Οι προτάσεις αποσκοπούν στον εκσυγχρονισμό της υφιστάμενης νομοθεσίας συμβάλλοντας στην επίτευξη του κλιματικού στόχου της ΕΕ για το 2030, εισάγοντας νέες πολιτικές και μέτρα που θα συμβάλουν στην πραγματοποίηση των μετασχηματιστικών αλλαγών που απαιτούνται στην οικονομία, την κοινωνία και τη βιομηχανία για την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050 και την υποστήριξή της μείωση των καθαρών εκπομπών τουλάχιστον 55% (σε σύγκριση με το 1990) έως το 2030.

Συνεπώς, είναι αντιληπτό ότι βρισκόμαστε στην αρχή μιας εκρηκτικής αλλαγής στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας η οποία θέτει σημαντικούς προβληματισμούς για τα σύγχρονα δίκτυα διανομής και φόρτισης. Σημαντικός παράγοντας επιτάχυνσης αυτής της μετάβασης, της ανάπτυξης της αγοράς και των δικτύων αποτελεί το νομοθετικό πλαίσιο το οποίο με κατάλληλη πρόβλεψη και στρατηγική μπορεί να ομαλοποιήσει τη μετάβαση, να επιτύχει τους ενεργειακούς και περιβαλλοντικούς στόχους και να προσφέρει σημαντικά κίνητρα για την ανάπτυξη μιας βιώσιμης και πράσινης αγοράς.

Λύσεις Συνδεσιμότητας για τη Διαχείριση Ηλεκτρικής Ισχύος

Τα ηλεκτρικά οχήματα του άμεσου μέλλοντος προβλέπεται να είναι εφοδιασμένα με λογισμικά τελευταίας τεχνολογίας και δυνατότητες επικοινωνίας μέσω πολλαπλών καναλιών επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης με έξυπνα δίκτυα. Η επικοινωνία αυτή μπορεί να διακριθεί σε δύο κύριες κατηγορίες: 1) επικοινωνία με δίκτυα δεδομένων, και 2) επικοινωνία με το δίκτυο ενέργειας.

Αναφορικά με την επικοινωνία ενός ηλεκτρικού οχήματος με τα δίκτυα δεδομένων αυτή χαρακτηρίζεται διεθνώς με τον όρο Vehicle to Everything (V2X). Περισσότερα για την αλληλεπίδραση ενός οχήματος με τα δίκτυα δεδομένων μπορεί να αναζητήσει ο αναγνώστης στο άρθρο των Kawser et.al. [7].

Σημαντικό χαρακτηριστικό της ηλεκτροκίνησης του άμεσου μέλλοντος αναμένεται να είναι η επικοινωνία με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Η κλασική αλληλεπίδραση ενός ηλεκτρικού οχήματος με το δίκτυο ενέργειας αφορά στην φόρτισή του. Σε αυτή τη διαδικασία της φόρτισης εφαρμόζονται πολιτικές φόρτισης σε ώρες χαμηλής ζήτησης ισχύος, όπως για παράδειγμα κατά τη διάρκεια της νύχτας, για την ομαλοποίηση της καμπύλης φορτίου. Η περαιτέρω βελτιστοποίηση της αλληλεπίδρασης των ηλεκτρικών οχημάτων με το δίκτυο ισχύος περιλαμβάνει την τεχνολογία Vehicle-to-Grid ή V2G, η οποία είναι μια εξελιγμένη τεχνολογία φόρτισης που επιτρέπει στις μπαταρίες των αυτοκινήτων να επιστρέφουν ηλεκτρική ενέργεια στο ηλεκτρικό δίκτυο [8]. Ουσιαστικά, αντιμετωπίζει αυτές τις μπαταρίες υψηλής χωρητικότητας όχι μόνο ως εργαλεία για την τροφοδοσία ηλεκτρικών οχημάτων αλλά και ως εφεδρικές κυψέλες αποθήκευσης για το ηλεκτρικό δίκτυο.

Αυτός ο τύπος διασύνδεσης θα χρησιμοποιεί αμφίδρομους σταθμούς φόρτισης για την έγχυση και την λήψη ενέργειας προς και από συνδεδεμένα οχήματα με βάση τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας ανά πάσα στιγμή. Αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης πρωτοβουλίας γνωστής ως ενσωμάτωση οχημάτων στο δίκτυο, όπου

τα ηλεκτρικά οχήματα αποτελούν μέρος της λειτουργίας του δικτύου [9]. Εμπορικές λύσεις αυτής της τεχνολογίας έχουν ήδη προταθεί από μεγάλες εταιρείες του χώρου και προωθούνται αρχικά για τους στόλους των εταιρικών οχημάτων [10].

Η υλοποίηση αυτού του τύπου της διασύνδεσης απαιτεί έξυπνους σταθμούς φόρτισης, οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι με λογισμικό που επικοινωνεί με τη διαχείριση του δικτύου διανομής για την αξιολόγηση της συνολικής ζήτησης του συστήματος. Η τεχνολογία V2G ενθαρρύνει τους καταναλωτές και ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων να παρέχουν μέρος της αποθηκευμένης ενέργειας των οχημάτων προς το δίκτυο σε ώρες αιχμής.

Η τεχνολογία V2G παρέχει αρκετά οφέλη για το δίκτυο ενέργειας, τους ενεργά συμμετέχοντες ιδιοκτήτες αυτοκινήτων αλλά και για το σύνολο των χρηστών του δικτύου. Τα πιο σημαντικά οφέλη είναι τα εξής:

Η διανομή ισχύος είναι πιο αποδοτική

Είναι γεγονός ότι η διάδοση των ηλεκτρικών οχημάτων δημιουργεί μια μόνιμη αύξηση κατανάλωσης ενέργειας, η οποία βαίνει αυξανόμενη με την πάροδο των ετών και αποτελεί πραγματική πρόκληση για τα δίκτυα διανομής ενέργειας. Μεγαλύτερη πρόκληση αποτελεί η πιθανή δυνατότητα μείωσης της ζήτησης κατά τη διάρκεια της ημέρας και κυρίως κατά τη διάρκεια των ωρών εργασίας - την ίδια στιγμή που οι απαιτήσεις ενέργειας για θέρμανση και ψύξη, οι επιχειρηματικές ανάγκες και άλλα είναι στο υψηλότερο επίπεδο – όπου το σύστημα μπορεί εύκολα να υπερφορτωθεί. Τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν κατά τη διάρκεια της ημέρας να προσφέρουν προς το δίκτυο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που αποθήκευσαν κατά τη νύχτα [11]. Μέσω αυτής της τεχνολογίας είναι εφικτό να μειωθούν οι αιχμές ζήτησης και να υπάρχει μια ομαλή κατάσταση στο δίκτυο αποφεύγοντας τις έκτακτες καταστάσεις υψηλού φόρτου ισχύος.

Επεκτείνει την ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας από ΑΠΕ

Είναι γνωστό ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως ο άνεμος και η ηλιακή ενέργεια διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο σε μια βιώσιμη οικονομία και στα σύγχρονα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, αυτές οι πηγές είναι διαλείπουσες και ασυνεπείς (στοχαστικές). Ένα αποδοτικό ηλεκτρικό δίκτυο πρέπει να μπορεί να αξιοποιεί την ενέργεια από τα ΑΠΕ όταν αυτή είναι διαθέσιμη και να την αποθηκεύει για κάλυψη του φορτίου όταν αυτή απαιτηθεί.

Ενώ τα υπάρχοντα συστήματα μπορούν να αποθηκεύουν ένα πολύ μικρό μέρος της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ, μια απότομη αύξηση της παραγωγής τους – για παράδειγμα ισχυροί άνεμοι σε ώρες χαμηλού φορτίου- μπορεί να σημαίνει ότι η χωρητικότητα αποθήκευσης του συστήματος εξαντλείται, οδηγώντας έτσι σε ανάγκη απόρριψης (πράσινης) ενέργειας [12]. Η δυνατότητα αποθήκευσης αυτής της πλεονάζουσας ενέργειες στις συνδεδεμένες μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων ελαχιστοποιεί την ανάγκη απόρριψης, δίνοντας τη δυνατότητα επανέγχυσης στο σύστημα όταν αυτό απαιτηθεί.

Μειώνεται το ενεργειακό κόστος και η αστάθεια των τιμών

Τα οφέλη που αναφέρθηκαν μπορούν να συμβάλλουν στη σταθερότητα του κόστους. Μεγάλο μέρος της αστάθειας των τιμών για τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και τους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας οφείλεται στη μεγάλη διακύμανση της καμπύλης ζήτησης. Όσο περισσότερη πίεση υπάρχει στο σύστημα και μεγαλύτερη διακύμανση της ζήτησης, τόσο περισσότερο μπορεί να αυξηθεί το κόστος. Όταν ο ενεργειακός εφοδιασμός και προγραμματισμός μπορεί να προβλέψει καλύτερα τη ζήτηση και να εξομαλύνει τις αιχμές τότε δημιουργεί σταθερότητα τιμών προς όφελος των καταναλωτών.

Επίλογος

Σε αυτό το άρθρο παρουσιάστηκαν οι τάσεις και προοπτικές της ηλεκτροκίνησης και οι προκλήσεις που προκύπτουν για το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι σημαντικό να προβάλλονται οι ανάγκες για επενδύσεις στο δίκτυο διανομής καθώς είναι αναγκαίες για την υποστήριξη ενός συνεχώς αυξανόμενου στόλου ηλεκτρικών οχημάτων. Επιπρόσθετα, η διάδοση των ηλεκτρικών οχημάτων αποτελεί ευκαιρία για τη μετάλλαξη του μοντέλου διαχείρισης των ηλεκτρικών δικτύων, την ομαλοποίηση της καμπύλης ζήτησης και τη μεγαλύτερη αξιοποίηση της παραγόμενης ενέργειας από τα ΑΠΕ. Το ζητούμενο είναι να αλλάξει ο τρόπος αντιμετώπισης των ηλεκτρικών οχημάτων και από απλοί καταναλωτές ισχύος να "συνεργάζονται" με το ηλεκτρικό δίκτυο παρέχοντας δυνατότητες βελτίωσης της απόκρισης αυτού σε περιόδους αυξημένης κατανάλωσης.

Η αναβάθμιση του δικτύου διανομής αποτελεί προϋπόθεση για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης εξυπηρετώντας τις ανάγκες δημόσιας ή οικιακής φόρτισης, εγκαθιστώντας την απαραίτητη υποδομή. Αυτό θα καλύψει σε μεγάλο βαθμό την ενεργειακή ανάγκη για τις καθημερινές μας μετακινήσεις εντός του αστικού κύκλου και θα εξασφαλίζει την υποστήριξη ταξιδιών μεγάλων αποστάσεων.

Αναφορές

[1] Bernard, M. R., Hall, D., & Lutsey, N. (2021). Update on electric vehicle uptake in European cities. International Council on Clean Transportation: Washington, DC, USA.

[2] Allianz: US and European EV outlook: Driving the energy transition. Allianz.com. (n.d.). Retrieved January 27, 2023, from https://www.allianz.com/en/economic_research/publications/specials_fmo/2022_5_10_US_EU_EV-Outlook.html

[3] Cao, J., Chen, X., Qiu, R., & Hou, S. (2021). Electric vehicle industry sustainable development with a stakeholder engagement system. Technology in Society, 67, 101771.

[4] New registrations of electric vehicles in Europe. Site. Retrieved January 27, 2023, from https://www.eea.europa.eu/ims/new-registrations-of-electric-vehicles

[5] Conzade, J., Nägele, F., Ramanathan, S., & Schaufuss, P. (2023, January 13). Europe's EV opportunity--and the charging infrastructure needed to meet it. McKinsey & Company. Retrieved January 30, 2023, from https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/europes-ev-opportunity-and-the-charging-infrastructure-needed-to-meet-it

[6] Fit for 55. Consilium. (2023, January 12). Retrieved January 30, 2023, from https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/

Kawser, M.T., Fahad, M.S., Ahmed, S., Sajjad, S., & Rafi, H.A. (2019). The Perspective of Vehicle-to-Everything (V2X) Communication towards 5G.

[7] Mwasilu, F., Justo, J. J., Kim, E.-K., Do, T. D., & Jung, J.-W. (2014). Electric vehicles and smart grid interaction: A review on vehicle to grid and renewable energy sources integration. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 34, 501–516. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.031

[8] Singh, K., & Singh, A. (2022). Behavioural modelling for personal and societal benefits of V2G/V2H integration on EV adoption. Applied Energy, 319, 119265.

[9] ABB-S vehicle-to-grid technology. Electric Vehicle Charging Infrastructure. (n.d.). Retrieved February 19, 2023, from https://new.abb.com/ev-charging/abb-s-vehicle-to-grid-technology

[10] Hannan, M. A., Mollik, M. S., Al-Shetwi, A. Q., Rahman, S. A., Mansor, M., Begum, R. A., & Dong, Z. Y. (2022). Vehicle to grid connected technologies and charging strategies: Operation, control, issues and recommendations. Journal of Cleaner Production, 130587.

[11] Sovacool, B. K., Kester, J., Noel, L., & de Rubens, G. Z. (2020). Actors, business models, and innovation activity systems for vehicle-to-grid (V2G) technology: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 131, 109963.

Τα έντυπα της Ελληνικής Επιτροπής CIGRE

Γιώργος Γεωργαντζής
πρώην Πρόεδρος Ε.Ε. CIGRE

Η **Ελληνική Επιτροπή CIGRE** ή η **Εθνική Επιτροπή CIGRE Ελλάς** διακρίνεται από τρείς περιόδους λειτουργίας: η **πρώτη περίοδος** από το 1960 ως το 1976, η **δεύτερη** από το 1976 ως το 1989 και η **τρίτη** από το 1989 ως σήμερα, οπότε **η Ε.Ε. CIGRE λειτουργεί ως Επιστημονική Εταιρεία μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα**. Στο Σημείωμα αυτό θα αναφερθούμε στις εκδόσεις των εκδηλώσεων σε έντυπη ή ηλεκτρονική μορφή της Ε.Ε. CIGRE κατά τις δύο τελευταίες περιόδους λειτουργίας, δηλαδή από το 1989 ως σήμερα.

Οι διήμερες Επιστημονικές Εκδηλώσεις της Ε.Ε. CIGRE από το 1978, που έγινε η πρώτη Επιστημονική Εκδήλωση, ως σήμερα απαριθμούνται σε 31. Από την δεύτερη περίοδο λειτουργίας, δηλαδή από το 1989 και μετά, αυτές ονομάστηκαν **Σύνοδοι** σύμφωνα με την λέξη **Session**, που χρησιμοποιούσε και χρησιμοποιεί μέχρι σήμερα η Διεθνής CIGRE. Οι επιστημονικές εργασίες όλων των εκδηλώσεων των δύο τελευταίων περιόδων ήταν πάντα στην διάθεση των συμμετεχόντων. Ειδικότερα από το 1989 και μέχρι την Σύνοδο 'Αθήνα 2005' είχε εκτυπωθεί καλαίσθητος βιβλιοδετημένος τόμος των εργασιών, όπως φαίνεται στην σχετική εικόνα.

Έντυπες εκδόσεις διαφόρων Συνόδων της Ε.Ε. CIGRE

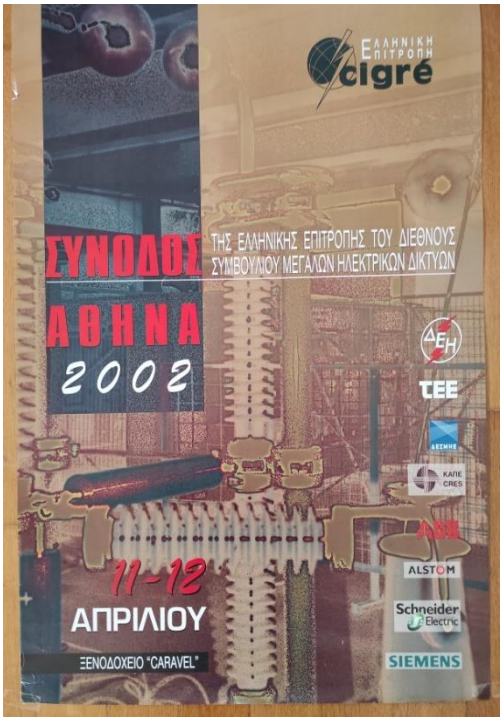
Έντυπες εκδόσεις διαφόρων Ημερίδων της Ε.Ε. CIGRE

Επίσης εκτός από τις Συνόδους, το 1989 ξεκίνησε και η διοργάνωση των **Ημερίδων** (**Colloquia**) της Ε.Ε. CIGRE, με αρχικό σκοπό την σύνοψη των εργασιών των Συνόδων της Διεθνούς CIGRE στο Παρίσι κατά τα ζυγά έτη. Η πρώτη Ημερίδα διοργανώθηκε το 1990, ενώ η διοργάνωση συνεχίζεται μέχρι σήμερα κατά το δυνατόν στο τέλος των ζυγών ετών. Στη σχετική εικόνα παρουσιάζονται οι έντυπες εκδόσεις των Ημερίδων από το 1990 ως το 2004.

Όμως από τις αρχές του 21ου αιώνα άρχισε να επικρατεί η ηλεκτρονική έκδοση των επιστημονικών εργασιών των διαφόρων Εκδηλώσεων της Ε.Ε. CIGRE. Στην αρχή και για τις Συνόδους 'Αθήνα 2003' και 'Αθήνα 2005' υπήρξε το τεύχος των επιστημονικών εργασιών σε έντυπη μορφή, αλλά παράλληλα και σε CD. Η ηλεκτρονική μορφή CD επικράτησε για μια δεκαετία όπως φαίνεται στην σχετική εικόνα, ενώ από την Σύνοδο 'Αθήνα 2015' και μετά υπήρξε ηλεκτρονική έκδοση σε μορφή memory stick. Σημειώνεται ότι για αρκετές από τις συνεδριακές αυτές έντυπες, αλλά και ηλεκτρονικές εκδόσεις, υπήρξε η υποστήριξη, η συνδιοργάνωση ή η χορηγία αρκετών φορέων, όπως η ΔΕΗ, το ΤΕΕ, ΑΕΙ, Διαχειριστές Δικτύων, Κατασκευαστές Ηλεκτρολογικού Υλικού κλπ.

Σχετικά με άλλες εκδόσεις, ιδιαίτερη αναφορά έχει ήδη γίνει για το έντυπο **Ενημερωτικό Δελτίο** στο δεύτερο τεύχος των Πυλώνων, που κυκλοφόρησε από το 1990 μέχρι τον Ιούνιο 2001.

Ηλεκτρονικές εκδόσεις διαφόρων Εκδηλώσεων της Ε.Ε. CIGRE



Αφίσες διαφόρων Συνόδων της Ε.Ε. CIGRE

Διάφορες μικρές σημαίες και λάβαρα που χρησιμοποιήθηκαν από την Ε.Ε. CIGRE

Από τον Ιούλιο 2021 κυκλοφορεί σε ηλεκτρονική έκδοση το επιστημονικό περιοδικό της Ε.Ε. CIGRE Πυλώνες. Κάθε τεύχος είναι αφιερωμένο σε ένα επιστημονικό ζήτημα της επικαιρότητας, ενώ ταυτόχρονα περιλαμβάνει και αρκετά νέα και ειδήσεις από την Διεθνή CIGRE, την Ε.Ε. CIGRE και γενικότερα τον χώρο των ΣΗΕ. Ήδη η έκδοση βρίσκεται στο τρίτο τεύχος και είναι προσιτή από το ιστότοπο της Ε.Ε. CIGRE, https://cigre.gr.

Είναι άξιο να αναφερθεί ότι **η Ελληνική Επιτροπή CIGRE με όλες τις παραπάνω εκδόσεις, που αφορούν σε επιστημονικές παρεμβάσεις και εργασίες στις Συνόδους - στις Ημερίδες - στο Ενημερωτικό Δελτίο και στο επιστημονικό περιοδικό Πυλώνες είτε σε έντυπη είτε σε ηλεκτρονική μορφή, όλες αυτές τις δεκαετίες, παρεμβαίνει ουσιαστικά και ωφέλιμα για τα σχετικά με τα ΣΗΕ ζητήματα στον Ελληνικό χώρο**.

Συμμετοχή της ΕΕ CIGRE σε Διεθνείς Συναντήσεις

των Χ. Πήτα και Μ. Χαμπάκη

Συμμετοχή της ΕΕ Cigre στο Joint MB & TAC Meeting και SEERC Colloquium 2022, 30 Μαΐου – 1 Ιουνίου 2022, Βιέννη Αυστρίας

Η Ε.Ε. Cigre συμμετείχε ενεργά στο κοινό Management Board (MB) & Technical Advisory (TAC) Meeting, το οποίο πραγματοποιήθηκε στις 30 Μαΐου 2022 στη Βιέννη της Αυστρίας. Τα Μέλη μας, ο κ. Χαράλαμπος Πήτας και ο κ. Χρήστος Χριστοδούλου, είχαν την ευκαιρία να παρουσιάσουν δια ζώσης τα νέα της Ε.Ε. Cigre, τις τελευταίες εξελίξεις στα έργα ανάπτυξης στο Σύστημα Μεταφοράς και το Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα, με έμφαση σε θέματα ανθεκτικότητας και ενεργειακής μετάβασης, το νέο περιοδικό «Πυλώνες», καθώς και το "*Springer Handbook of Power Systems*" του Μέλους κ. Κωνσταντίνου Παπαηλιού.

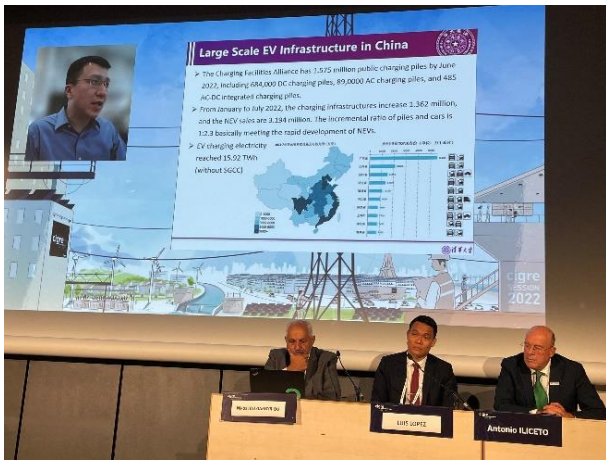
Τις επόμενες δυο μέρες ακολούθησε το διήμερο SEERC Colloquim 2022, με θέμα "*Green Deal for the SEERC Region — The Future Power System in the SEERC Region*". Στο συμπόσιο η ΕΕ Cigre εκπροσωπήθηκε από το Μέλος κ. Χ. Πήτα, ο οποίος έκανε την παρουσίαση με τίτλο «*Evolution and Challenges of the Hellenic Transmission System in the view of Energy Transition*». Στο συνέδριο πέραν των παρουσιάσεων, υπήρχε σημαντικός αριθμός posters από Διαχειριστές και Πανεπιστήμια της Ευρώπης, καθώς και εκθέτες από τη βιομηχανία. Σημειώνεται ότι υπήρχαν εκπαιδευτικές συνεδρίες (tutorials), ενώ την τελευταία μέρα πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στα εγκαίνια του Εργαστηρίου DC Lab στο Ερευνητικό Κέντρο AIT (Austrian Institute of Technology).

Συμμετοχή στη Σύνοδο 2022 της Διεθνούς CIGRE
28 Αυγούστου – 2 Σεπτεμβρίου 2022

Λίγα λόγια μετά από την πολύ επιτυχημένη Σύνοδο της Διεθνούς CIGRE τον Αύγουστο του 2022, στην οποία συμμετείχαν 3.700 σύνεδροι (πολύ κοντά στο έτος ρεκόρ του 2018 με 3.800). Την εναρκτήρια συνεδρίαση παρακολούθησαν 2.500 σύνεδροι και ήταν επίσης μια υπέροχη ευκαιρία να αποτίσουμε φόρο τιμής στους Cigréans που έλαβαν βραβεία για την πολύτιμη συνεισφορά τους στη CIGRE.

Παρουσιάστηκαν περισσότερες από 950 εργασίες συνολικά, εκ των οποίων 13 από Έλληνες συγγραφείς μέλη της EE CIGRE

Στιγμιότυπα από τις συνεδρίες της Συνόδου:



Συμμετοχή της ΕΕ Cigre στο SEERC Joint MB&TAC Meeting στις 31 Αυγούστου 2022 στο Παρίσι

Η Ε.Ε. Cigre στο πλαίσιο συμμετοχής στη Διεθνή Σύνοδο στο Παρίσι συμμετείχε στο κοινό Management Board (MB) & Technical Advisory (TAC) Meeting, το οποίο διοργανώθηκε. Ο Πρόεδρος κ. Γ. Καμπούρης και ο κ. Μ. Χαμπάκης είχαν την ευκαιρία να παρουσιάσουν τα νέα της ΕΕ Cigre.

Συμμετοχή της ΕΕ Cigre στο Διεθνές Συμπόσιο της CIGRE στις 6 – 8 Μαρτίου 2023 στη Μουσκάτ, Ομάν

Ο κ. Μάρκος Χαμπάκης, τ. Πρόεδρος ΕΕ Cigre, συμμετείχε στο Διεθνές Συμπόσιο της CIGRE στις 6 – 8 Μαρτίου 2023 στη Μουσκάτ του Ομάν.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον είχε η ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα διάλεξη διάρκειας 2.5 ωρών στο θέμα Εναέριων ΓΜ Υψηλής Τάσης του Μέλους μας κ. Κωνσταντίνου Παπαηλιού, former CIGRE Study Committee B2 (Overhead Lines) ο οποίος βραβεύτηκε από τους Διοργανωτές του Συμποσίου.

cigre MUSCAT International Symposium

Συμμετοχή της ΕΕ Cigre στο SEERC TAC Meeting στις 15 – 16 Μαρτίου 2023 στην Άγκυρα Τουρκίας

Ο κ. Διονύσιος Σταματιάδης, Μέλος ΔΣ ΕΕ Cigre, συμμετείχε στο SEERC TAC Meeting στις 15 – 16 Μαρτίου 2023 στην Άγκυρα της Τουρκίας υπό την φιλοξενία της CIGRE NC Türkiye. Την πρώτη μέρα συμμετείχαν 21 εκπρόσωποι του SEERC από 17 χώρες, ενώ την επόμενη μέρα Networking συμμετείχαν πάνω από 75 σύνεδροι από 25 εταιρίες του Κλάδου Ηλεκτρισμού. Σημειώνεται ότι το 4ο Συνέδριο του SEERC θα πραγματοποιηθεί στην Κωνσταντινούπολη το διάστημα 11-13 Οκτωβρίου 2023.

31η Σύνοδος Ε.Ε. CIGRE "ΑΘΗΝΑ 2022"

των Χ. Πήτα, Χρ. Σιαμίδου και Δ. Ζιώγα (Φωτογραφίες)

Η Ε.Ε. CIGRE διοργάνωσε με ιδιαίτερη επιτυχία της **31η Σύνοδο «ΑΘΗΝΑ 2022»** το διήμερο 24 – 25 Νοεμβρίου 2022 δια ζώσης για πρώτη φορά μετά την πανδημία COVID στο Divani Acropolis Palace στην Αθήνα σχετικά με τρέχοντα θέματα του Τομέα Ηλεκτρισμού με έμφαση στην Ενεργειακή Μετάβαση.

Η Σύνοδος ξεκίνησε με την εναρκτήρια ομιλία του κ. Γ. Καμπούρη, Προέδρου Ε.Ε. CIGRE, και ακολούθησαν σύντομοι χαιρετισμοί των κ. Αθ. Δαγούμα, Προέδρου ΡΑΕ, κ. Ι. Μάργαρη, Αντιπροέδρου ΑΔΜΗΕ και Μέλους ΔΣ Ε.Ε. CIGRE, και του κ. Στ. Στρουμπούλη Διευθυντή Εκμετάλλευσης Δικτύου ΔΕΔΔΗΕ.

Μετά τους χαιρετισμούς, η Επιστημονική Σύνοδος ξεκίνησε με την προσκεκλημένη ομιλία για την «**Ενεργειακή Μετάβαση**» του κ. Αρθούρου Ζερβού, Καθηγητή ΕΜΠ.

Οι σύνεδροι ξεπέρασαν τις **400** συμμετοχές κατακλύζοντας τις δυο συνεδριακές αίθουσες. Σημειώνεται ότι για πρώτη φορά υπήρξε ιδιαίτερη προσέλευση νέων Μηχανικών και Φοιτητών, οι οποίοι ενίσχυσαν το Τμήμα **NGN**, γεγονός που δίνει αισιοδοξία για τη περαιτέρω ανάπτυξη της CIGRE στην Ελλάδα.

Σημειώνεται ότι η Σύνοδος οργανώθηκε σε 6 Ενότητες με πάνω από 20 παρουσιάσεις όπως παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Ενότητα 1: Ενεργειακή Μετάβαση και Προκλήσεις (3 εργασίες)

Προεδρείο: Ι. Καμπούρης, Στ. Παπαθανασίου

"Προκλήσεις στη λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος στον ορίζοντα του 2030", Μ. Καρυστιανός, Γ. Τσουράκης, Κ. Νατούδη, Ι. Μάντζαρης, Ε. Κονταξή, Μ. Τσίλη, Σ. Αρέθα, , Μ. Ντούκας, Β. Μπανός, Π. Μανδουλίδης

"Δυνατότητα αύξησης της στάθμης βραχυκύκλωσης και του περιθωρίου υποδοχής διεσπαρμένης παραγωγής των ελληνικών δικτύων διανομής ΜΤ", Ο. Σχινά, Ε. Νικητοπούλου, Στ. Παπαθανασίου, Α. Δράτσας

"Λειτουργικοί περιορισμοί σε σταθμούς παραγωγής ΑΠΕ και αποθήκευσης στο Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα", Α. Παπακωνσταντίνου, Γ. Ψαρρός, Κ. Μαριόλης, Ε. Χατζηστυλιανός, Στ. Παπαθανασίου

Ενότητα 2: Ρυθμιστική Εναρμόνιση και Ανάπτυξη Εσωτερικής Αγοράς Ηλεκτρισμού (μια προσκεκλημένη ομιλία και 3 εργασίες)

Προεδρείο: Ι. Μάργαρης, Δ. Φούρλαρης

Προσκεκλημένη ομιλία *"Εξελίξεις στις Ευρωπαϊκές δομές ασφάλειας ΣΗΕ", Ι. Καμπούρης*

"*Μεθοδολογία υπολογισμού εφεδρειών αποκατάστασης συχνότητας στο ΕΣΜΗΕ: Στόχοι και προκλήσεις στο σύγχρονο περιβάλλον λειτουργίας", Ι. Καμπούρης, Π. Μανδουλίδης, Γ. Πριονιστής, Β. Ζιώγας*

"Η Συνεργασία των Διαχειριστών Συστήματος Μεταφοράς της Μεσογείου στο δρόμο προς την Ενεργειακή Μετάβαση", Χ. Πήτας, Ι. Καμπούρης

"Έλεγχος Συμμόρφωσης με τους Ευρωπαϊκούς Κώδικες Σύνδεσης γεννητριών ηλεκτροπαραγωγής που συνδέονται στο Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς", Β. Νομικός, Ν. Μπαλαδάκης, Μ. Καρυστιανός

Ενότητα 3: Ανάπτυξη ΣΗΕ (μια προσκεκλημένη ομιλία και 4 εργασίες)

Προσκεκλημένη Ομιλία *"Η ανθεκτικότητα των ΣΗΕ", Αθ. Κορωνίδης, Γ. Γεωργαντζής, Μ. Χαμπάκης*

"Λειτουργία Modular Static Synchronous Series Compensators στο Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας", Κ. Α. Πλάκας, Χρ. Καραβάς, Κ. Κρομμυδάς, Α. Κουρασβίλι, Γ. Παπαϊωάννου, Π. Ξένος, Δ. Μελισσάρης, Χρ. Δικαιάκος, Ι. Μωραΐτης

"Ηλέκτριση της μεγαλύτερης σε μήκος καλωδιακής διασύνδεσης εναλλασσόμενου ρεύματος 150 kV παγκοσμίως (Κρήτη – Πελοπόννησος)", Μ. Καρυστιανός, Μ. Τσίλη, Γ. Τσουράκης, Ι. Μάντζαρης

“Μεθοδολογία Υπολογισμού Και Βελτιστοποίησης της Επίδρασης ενός Αρθρωτού Ελεγχόμενου Σύγχρονου Αντισταθμιστή Σειράς Στην Αρμονική Παραμόρφωση του Συστήματος”, Χ. Νικολακάκος, Br. Johnston, Δ. Σταματιάδης, Π. Ξένος, Χ. Μαρμαράς

“Deep Water HVDC Interconnectors, with focus on ongoing Crete-Attica HVDC link”, Ole Kristian Mysen, Α. Τσιτσιμελής, Α. Σταματέλος

Ενότητα 4: Λειτουργία ΣΗΕ (4 εργασίες)

Προεδρείο: Κ. Βουρνάς, Α. Κορωνίδης

“Εργαστηριακή Διάταξη Εποπτείας Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας με Μονάδες Μέτρησης Φασιθετών (PMU)”, Ο. Δαρμής, Ν. Μαρκέτος, Γ. Κορρές

“Συστήματα Παρακολούθησης Εξοπλισμού σε Πραγματικό Χρόνο (Online Monitoring Systems, OLMS)”, Σ. Κατεμλιάδης, Δ. Μακρίδου, Ε. Φυλλαδιτάκης, Α. Πατσιώτης

“Σχεδιασμός ενός Σύγχρονου WAMPAC Συστήματος για Υλοποίηση στο Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας”, Κ. Κρομμυδάς, Χρ. Καραβάς, Κ. Πλάκας, Δ. Μελισσάρης, Χρ. Δικαιάκος, Ι. Μωραΐτης

“Επίδραση της Δυναμικής Αντιστάθμισης Αέργου Ισχύος από Διατάξεις του Συστήματος Μεταφοράς στην Ανίχνευση της Απώλειας Διέγερσης Σύγχρονων Γεννητριών”, Ε. Ζοιυμπρέ, Β. Νικολαΐδης

Ενότητα 5: Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (3 εργασίες)

Προεδρείο: Κ. Καούσιας, Κ. Παπαδόπουλος

“Κύθνος Έξυπνο Νησί: Ανάπτυξη Λειτουργιών Εκτίμησης Κατάστασης και Εντοπισμού Σφαλμάτων για το Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας της Κύθνου”, Θ. Ξύγκης, Ο. Δαρμής, Γ. Καρβέλης, Α. Δημέας, Γ. Κορρές, Ν. Χατζηαργυρίου

“Βελτιωμένες δυνατότητες SCADA για τη διαχείριση Αιολικών Πάρκων στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά”, Σ. Κοκκινέλης, Δ.Κουκουλά, Χ.Παππάς, Κ.Καούσιας, Α.Ρέππας, Θ. Πατσάκα

“Υβριδικό Ενεργειακό Έργο Ικαρίας «Ναέρας»”, Α. Τσουμάνης, Στ. Παπαθανασίου, Κ. Νάτσης

Ενότητα 6: Νέες Τεχνολογίες στα Δίκτυα Διανομής (4 εργασίες)

Προεδρείο: Μ. Χαμπάκης, Ν. Χατζηαργυρίου

"Ενίσχυση της κυβερνοασφάλειας στα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας: κρίσιμη προτεραιότητα και επιτακτική ανάγκη", Δ. Μιχαλόπουλος, Γ. Τσιρόπουλος, Μ. Χαμπάκης, Δ. Πεππές

"Μελέτη Επάρκειας Συστημάτων Γείωσης στα δίκτυα διανομής μέσης τάσης", Ε. Έλληνας, Χ. Χριστοδούλου, Ι. Γκόνος

"Ολιστικό Σχήμα Προστασίας Ενεργών Δικτύων Διανομής", Α. Τσίμτσιος, Β. Νικολαΐδης

"Προσαρμογή στις Προκλήσεις της Κλιματικής Αλλαγής μέσω της Θωράκισης των Δικτύων Διανομής", Α.Γιαλκέτση, Ι. Αλεξανδρή, Σ. Στρουμπούλης

Επιπρόσθετα, παρουσιάστηκε στους Συνέδρους το ηλεκτρονικό περιοδικό «**Πυλώνες**» της Ε.Ε. CIGRE από τον Υπεύθυνο της Συντακτικής Επιτροπής κ. Κ. Βουρνά, Ομ. Καθηγητή ΕΜΠ.

Τέλος, παρουσία του Προέδρου Ε.Ε. CIGRE κ. Γ. Καμπούρη, ο πρώην Πρόεδρος Γ. Γεωργαντζής απένειμε αναμνηστική πλακέτα «Τιμητικής Διάκρισης» στον κ. Μ. Χαμπάκη, που διετέλεσε Πρόεδρος για τα έτη 2017 έως 2020, για την προσφορά του. Σημειώνεται ότι ο θεσμός της «Τιμητικής Διάκρισης» των Μελών που έχουν διατελέσει Πρόεδροι του Διοικητικού Συμβουλίου της Ε.Ε. CIGRE ξεκίνησε το 2008 και αφορά στην αναγνώριση της συνολικής συνεισφοράς στην λειτουργία και ανάπτυξη της Ε.Ε. CIGRE κατά την διάρκεια της θητείας του Μέλους ως Προέδρου, αλλά και γενικότερα για την διαχρονική συμμετοχή και συνεισφορά του στην CIGRE . Η διάκριση αυτή έχει απονεμηθεί σε όλους τους Προέδρους της Ε.Ε. CIGRE από το 1976.

CIGRE NC GREECE Next Generation Network

των Χρ.-Σπ. Καραβά και Β. Λακιώτη

Το Δίκτυο Επόμενης Γενιάς (Next Generation Network, NGN) της ΕΕ CIGRE επιδιώκει να διευκολύνει την επιτυχή μετάβαση στη βιομηχανία των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας των νέων Μηχανικών/Επιστημόνων και Φοιτητών παρέχοντας τεχνικούς πόρους και ευκαιρίες δικτύωσης, συνεργασίας, επαγγελματικής και επιστημονικής ανάπτυξης. Το NGN στοχεύει να διασφαλίσει ότι τα συμφέροντα των νέων μελών εκπροσωπούνται στη CIGRE, τόσο για δικό τους όφελος όσο και για τη μελλοντική βιωσιμότητα της CIGRE.

Οι στόχοι του NGN είναι:

- Ενθάρρυνση της ενεργούς συμμετοχής στο CIGRE NGN τόσο προς όφελος των μελών του NGN όσο και του NGN Group.
- Οργάνωση και προώθηση δράσεων, όπως τεχνικές επισκέψεις, σεμινάρια και συναντήσεις για το CIGRE NGN.
- Διοργάνωση κατάλληλων εκδηλώσεων δικτύωσης CIGRE NGN.
- Συμμετοχή σε ενεργές Ομάδες Εργασίας CIGRE (WGs).
- Ενημέρωση και επικοινωνία με το ΔΣ της ΕΕ CIGRE σε τακτική βάση.
- Πρόσβαση σε προηγμένες τεχνικές γνώσεις και πληροφορίες μέσω του περιοδικού ELECTRA και του ιστότοπου e-CIGRE (πλήθος τεχνικών εκθέσεων διαθέσιμων στην ηλεκτρονική βιβλιοθήκη της CIGRE).

Σημειώνεται ότι το NGN Ε.Ε. CIGRE έχει συσταθεί σε Σώμα με προσωρινή Διοίκηση από τα Μέλη κ. Βασίλη Λακιώτη (vasilislakiotis@gmail.com) και κ. Χρήστο - Σπυρίδωνα Καραβά (c.karavas@admie.gr) με τους οποίους κάθε ενδιαφερόμενος μπορεί να επικοινωνήσει για πληροφορίες και εγγραφές.

Η 31η Σύνοδος ΕΕ CIGRE "ΑΘΗΝΑ 2022" ολοκληρώθηκε με την εκδήλωση των Νέων Μελών (NGN) «*Μετάβαση σε Καθαρές Μορφές Ενέργειας*» κατά την οποία έγιναν 5 ενδιαφέρουσες παρουσιάσεις υψηλού επιστημονικού επιπέδου.

- *Έναρξη εκδήλωσης – CIGRE NGN Greece: Στόχοι, δράσεις – Εισαγωγή*, Β.Λακιώτης, NGN Greece Temporary Board, Χ. – Σ. Καραβάς, NGN Greece Temporary Board
- *Ομιλία της Chair of CIGRE NGN Slovenia*, Ana Lovrencic
- *Ενοποίηση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας της Ε.Ε. – Η ελληνική αγορά*, Ό. Φιλιππόπούλου, ΡΑΕ
- *Προκλήσεις ανάπτυξης και λειτουργίας του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας*, Ν. Μπαλαδάκης, ΑΔΜΗΕ
- *Προκλήσεις ανάπτυξης και λειτουργίας Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας*, Π. Πεδιαδίτης, Ερευνητής ΕΜΠ
- *Νέες τεχνολογικές λύσεις και Ελληνική Βιομηχανία – Καλωδιακά Συστήματα*, Β. Ρίζου, Hellenic Cables
- *Έρευνα, Ανάπτυξη και Καινοτομία από τον ΑΔΜΗΕ*, Κ. Κρομμύδας, ΑΔΜΗΕ.

31η Σύνοδος Ε.Ε. CIGRE "ΑΘΗΝΑ 2022"
24 - 25 Νοεμβρίου
cigre
Greece
Μ. ΚΑΡΥΣΤΙΑΝΟΣ
Χ. ΚΑΡΑΒΑΣ
Β. ΛΑΚΙΩΤΗΣ

31η Σύνοδος Ε.Ε. CIGRE "ΑΘΗΝΑ 2022"

Ετήσια Γενική Συνέλευση και Αρχαιρεσίες ΕΕ CIGRE 2023-2024

των Χ. Πήτα και Γ. Τσιρόπουλου

Τη Δευτέρα 19 Δεκεμβρίου 2022 στην Έδρα της Ελληνικής Επιτροπής CIGRE, Πειραιώς 45, Αθήνα πραγματοποιήθηκε η Ετήσια Τακτική Γενική Συνέλευση της εταιρείας. Ο Πρόεδρος κ. Γ. Καμπούρης παρουσίασε τη Διοικητική και Διαχειριστική Έκθεση του ΔΣ και ο Γραμματέας κ. Στ. Παπαθανασίου τον Οικονομικό Απολογισμό. Τα παραπάνω θέματα εγκρίθηκαν ομόφωνα από τα παρόντα μέλη της Γενικής Συνέλευσης και το ΔΣ απαλλάχθηκε από τις ευθύνες του με βάση την Έκθεση της Εξελεγκτικής Επιτροπής. Στη συνέχεια, ο Πρόεδρος παρουσίασε το πρόγραμμα δράσης για το επόμενο έτος (2023) το οποίο εγκρίθηκε ομόφωνα από τη ΓΣ. Τέλος, εγκρίθηκε ομόφωνα ο Προϋπολογισμός για το 2023.

Ακολούθως, διεξήχθησαν οι Αρχαιρεσίες για την εκλογή του Προέδρου, των έξι μελών του Διοικητικού Συμβουλίου (ΔΣ) και τριών μελών της Εξελεγκτικής Επιτροπής. Η νέα σύνθεση του ΔΣ για τη διετία 2023 – 2024 διαμορφώθηκε ως εξής:

- Ιωάννης Καμπούρης, Πρόεδρος
- Ιωάννης Μάργαρης, Αντιπρόεδρος
- Σταύρος Παπαθανασίου, Γραμματέας
- Μανόλης Βουμβουλάκης, Ταμίας
- Διονύσιος Σταματιάδης, Μέλος
- Κωνσταντίνος Καούσιας, Μέλος
- Χρήστος Χριστοδούλου, Μέλος

Τα νέα μέλη της Εξελεγκτικής Επιτροπής είναι:

Γεώργιος Γεωργαντζής, Δημήτριος Μίχος και Μάρκος Χαμπάκης

Φιλοξενία CIGRE Steering Committee & Technical Council Meetings στις 9 – 13 Ιαν. 2023 στην Αθήνα

των Χρ. Σιαμίδου και Δ. Ζιώγα (Φωτογραφίες)

Η Ελληνική Επιτροπή CIGRE φιλοξένησε στην Αθήνα, από τις 9 έως τις 13 Ιανουαρίου 2023, τις ετήσιες συναντήσεις των ανωτάτων οργάνων της Διοίκησης της Διεθνούς CIGRE (Steering Committee & Technical Council). Στο πλαίσιο αυτό παρευρέθηκαν ο πρόεδρος της Διεθνούς CIGRE Michel Augonnet, ο Γενικός Γραμματέας Philippe Adam, ο επικεφαλής του Τεχνικού Συμβουλίου Marcio Szechman και οι επικεφαλής των 25 Επιτροπών μελέτης (Study Committees Chairs).

Οι συνεδριάσεις οργανώθηκαν ως εξής:

- Steering Committee meeting
- Technical Council meeting

- Greek National Committee Day

Με την ευκαιρία της παρουσίας των οργάνων της Cigre (Steering Committee & Technical Council), στην Αθήνα διοργανώθηκε κλειστή ημερίδα από την Ε.Ε. Cigre. Τα μέλη της Ε.Ε. CIGRE παρουσίασαν την τρέχουσα κατάσταση και τις προοπτικές του Ελληνικού συστήματος μεταφοράς, την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα καθώς και τις πρόσφατες εξελίξεις σε θέματα αποθήκευσης ενέργειας. Ενώ από τη Διεθνή Cigre, ο Philippe Adam και ο Marcio Szechman παρουσίασαν το έργο της Cigre παγκοσμίως καθώς και τη συνεισφορά της σε θέματα της ενεργειακής μετάβασης.

The view of Cigre on energy transition, by Marcio Szechman (Tech.Council Chair)

International Cigre overview, by Philippe Adam (Cigre Secretary General)

Από πλευράς Ε.Ε. Cigre οι παρουσιάσεις πραγματοποιήθηκαν από τον πρόεδρο κ. Γ. Καμπούρη, τον εκπρόσωπο της Ε.Ε Cigre κ. Μ. Χαμπάκη, τον ομότιμο καθηγητή ΕΜΠ κ. Ν. Χατζηαργυρίου και ολοκληρώθηκαν με τα μέλη της Νέας Γενιάς (NGN), κ. Ο. Φιλιπποπούλου, κ. Α. Παπακωνσταντίνου και τον κ. Β. Λακιώτη όπου παρουσίασε το έργο της Νέας Γενιάς (NGN).

The Greek Power System, by Y. Kampouris, Greek NC Chairman

The Greek National Committee, by M. Champakis

Cigre's Contribution to ETIPS NET roadmap, by N. Hatziargyriou

The Greek Electricity Market, by O.Philippopoulou, NGN representative

Towards Storage infrastructure development in Greece, by A. Papakonstantinou, NGN representative

The Next Generation Network of CIGRE Greece, by V. Lakiotis, NGN representative

Επίσκεψη στα ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ

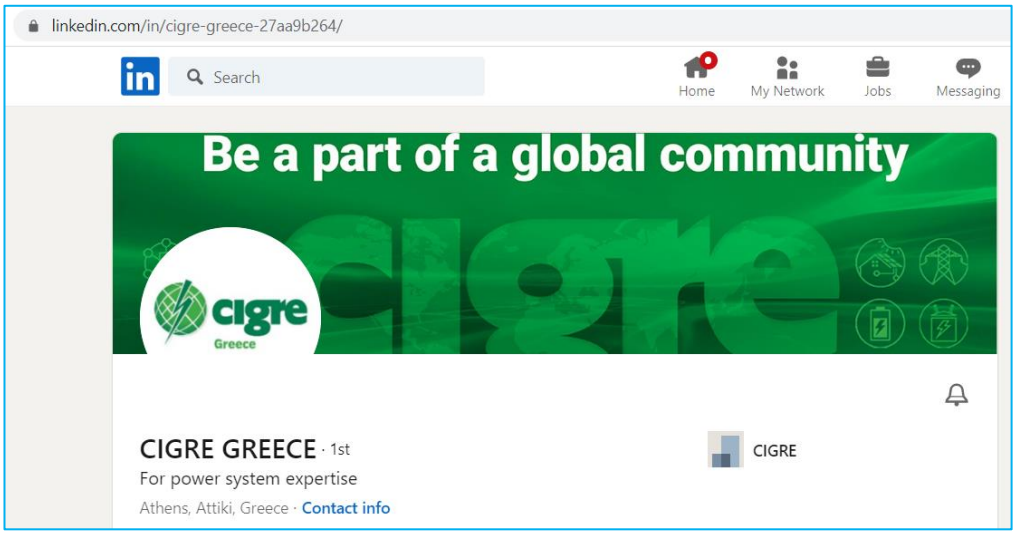
Με το κλείσιμο της φιλοξενίας, στις 13 Ιανουαρίου 2023, πραγματοποιήθηκε Τεχνική επίσκεψη στο εργοστάσιο της εταιρίας ‘’ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ’’.

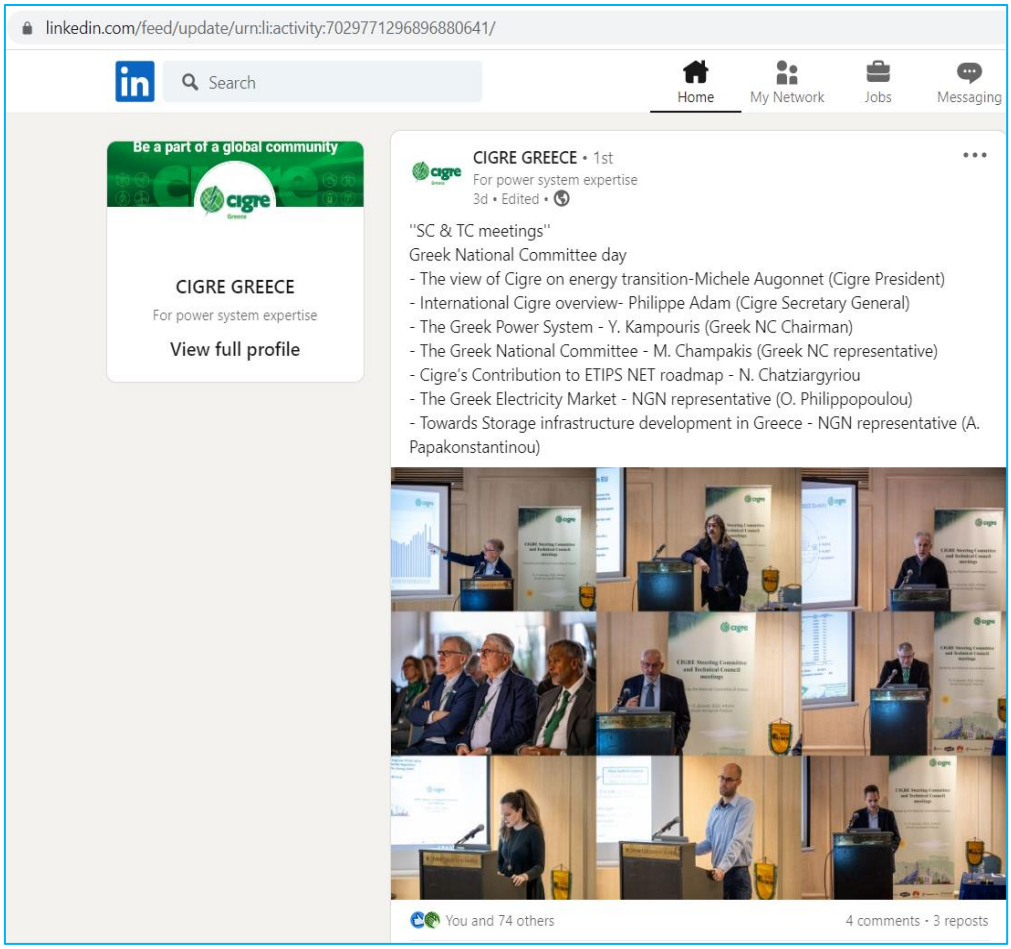
Η ΕΕ CIGRE στο LinkedIn

της Χρ. Σιαμίδου

Η ΕΕ CIGRE απέκτησε «κοινωνική» παρουσία στο δημοφιλές κοινωνικό δίκτυο **LinkedIn** στο οποίο θα παρουσιάζει τις δράσεις και αλληλεπιδράσεις σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο.

Προσκαλούμε τους φίλους και τα Μέλη της ΕΕ CIGRE να συνδεθούν με το κανάλι μας.





In memoriam

Η κοινότητα της ΕΕ CIGRE έγινε φτωχότερη με την απώλεια του Μέλους της Κώστα Μακρυκώστα, ο οποίος έφυγε απροσδόκητα από την ζωή τον Μάιο 2022, σε ηλικία μόλις 56 ετών.

Ο Κώστας Μακρυκώστας εισήλθε στον επαγγελματικό στίβο το 1993 ως Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός στη ΔΕΗ. Από το 2012 προσέφερε επάξια τις υπηρεσίες του στον ΑΔΜΗΕ από διάφορες θέσεις ευθύνης, με πιο πρόσφατη του Τομεάρχη στη Διεύθυνση Διαχείρισης Παγίων. Ως Τομεάρχης στη Διεύθυνση Νέων Έργων Μεταφοράς, συνέβαλε επί σειρά ετών σε κρίσιμες εργασίες του Διαχειριστή, όπως μελέτη, περιβαλλοντική αδειοδότηση και κατασκευή νέων Εναέριων Γραμμών Μεταφοράς, τόσο στο πλαίσιο Έργων Ενίσχυσης του Συστήματος, όσο και στο πλαίσιο και Έργων Σύνδεσης Χρηστών (Παραγωγών και Πελατών Υψηλής Τάσης).

Ο Κώστας Μακρυκώστας έχαιρε ιδιαίτερης εκτίμησης από συναδέλφους, συνεργάτες και μέλη της ΕΕ CIGRE για την άρτια επιστημονική και επαγγελματική του κατάρτιση.

Αντιμετώπισε με αξιοπρέπεια και σθένος τα προβλήματα της υγείας του και συνέχισε να εργάζεται μέχρι την τελευταία μέρα.

Ήταν παντρεμένος και πατέρας τριών παιδιών.

Είδαμε….

την έκθεση στον παλιό ατμοηλεκτρικό σταθμό της ΔΕΗ (ΑΗΣ Νέου Φαλήρου)

This Current Between Us

Μεταξύ αντικειμένων και υλικού από τα αρχεία του σταθμού, μεταξύ διακοπτών, καλωδίων, μετρητών και μετασχηματιστών, αλλά και υπηρεσιακών ταυτοτήτων υπαλλήλων και παλιών φωτογραφιών, 42 διεθνείς καλλιτέχνες με πρόσφατα ή παλαιότερα έργα τους αναδεικνύουν και υμνούν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τοποθετώντας την παράλληλα με την Τέχνη. Συμφιλιώνουν έτσι ένα βιομηχανικό περιβάλλον με την καλλιτεχνική παραγωγή ως πολιτιστικό εντέλει αγαθό.

Η συνεχής παρουσία και ροή με τον ένα ή τον άλλο τρόπο ηλεκτρικού φορτίου, κατευθυνόμενη ή άναρχη σκιαγραφεί και εικονογραφεί εντάσεις, έλξεις και απωθήσεις, ή προωθήσεις, μεταμορφώσεις και μεταφορές παίζοντας με τον χρόνο και την μνήμη.

«Τα έργα της έκθεσης αποτελούν απόπειρες αναστοχασμού αναφορικά με το βιομηχανικό παρελθόν και με τους οικονομικούς συσχετισμούς του παρόντος. Αναπόδραστα, από την ηλεκτρική συνδεσιμότητα περνάμε σε ηλεκτρισμένες κοινωνικές και πολιτισμικές συνδέσεις» σημειώνεται στο συνοδευτικό της έκθεσης έντυπο.

Ιανουάριος 2023

Η έκθεση παρουσιάζεται και στην ιστοσελίδα του Lifo:
https://www.lifo.gr/culture/eikastika/palio-ergostasio-tis-dei-ypodehetai-mia-nea-ekthesi-syghronis-tehnis

....Διαβάσαμε

το βιβλίο του Ιωάννη Σ. Χατζηβασιλειάδη

Μισός Αιώνας Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα

Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ

Το βιβλίο του Γιάννη Χατζηβασιλειάδη «**Μισός Αιώνας ΑΠΕ**» είναι μια προσωπική εξιστόρηση, τόσο των πρώτων χρόνων της ζωής του συγγραφέα, όσο και της εμπλοκής του για πάνω από 50 χρόνια στην ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα και στην Ευρώπη. Το βιβλίο είναι χωρισμένο σε τρία διακριτά μέρη.

Το πρώτο μέρος αναφέρεται στα βιώματα του συγγραφέα που μεγάλωσε χωρίς ηλεκτρικό στην αγροτική Σκύδρα απ' όπου όμως έβλεπε από μακριά την ηλεκτρο-φωτισμένη, χάρη σε ένα από τα πρώτα υδροηλεκτρικά εργοστάσια, Έδεσσα. Το μέρος αυτό δεν είναι ιστορικό με την αυστηρή έννοια του όρου, αποτελεί ωστόσο μια πολύτιμη παρακαταθήκη για τους νεότερους, που είναι πολύ καλό να γνωρίζουν πως τα αγαθά του ηλεκτρισμού και της ανάπτυξης δεν είναι από πάντα δεδομένα.

Το δεύτερο μέρος του βιβλίου περιέχει Κεφάλαια για κάθε μια από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αρχίζοντας από την Υδροηλεκτρική και περνώντας στην Αιολική, την Ηλιακή και συνοπτικά στις υπόλοιπες πηγές. Κάθε Κεφάλαιο ξεκινά με μια σύντομη εισαγωγή στην αντίστοιχη τεχνολογία, πολύ κατατοπιστική και χρήσιμη για όποιον δεν έχει τις αντίστοιχες τεχνικές γνώσεις. Στη συνέχεια παρατίθεται η εμπειρία του συγγραφέα από συγκεκριμένα τεχνικά έργα και αποτιμάται (θετικά ή καμιά φορά και αρνητικά) η συμβολή τόσο των μηχανικών που τα σχεδίασαν και παρακολούθησαν, όσο και των εκάστοτε διοικούντων. Αυτό το δεύτερο μέρος του βιβλίου κλείνει με αναφορά της συμβολής και της προσωπικής εμπειρίας του συγγραφέα σε θέματα διεθνούς συνεργασίες με έμφαση στις πρωτοβουλίες και την πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις ΑΠΕ.

Το τρίτο μέρος του βιβλίου αναφέρεται στο μέλλον του ενεργειακού τομέα και των ηλεκτρικών συστημάτων με την προοπτική της πλήρους (100%) διείσδυσης των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή με έμφαση στην Ευρωπαϊκή Ένωση και

ειδικότερα στην Ελλάδα. Με αυτή την έννοια αποτελεί εξαιρετικό συμπλήρωμα του αφιερώματος αυτού του τεύχους των Πυλώνων στην Ενεργειακή Πράσινη Μετάβαση.

Το βιβλίο του κ. Χατζηβασιλειάδη απευθύνεται τόσο στους μεγαλύτερους που έχουν ζήσει κάποια από όσα αφηγείται, όσο και στη νέα γενιά των μηχανικών που θα πραγματοποιήσουν την αναγκαία μετάβαση και θα φέρουν το μέλλον που τους αξίζει να ζήσουν.

Κώστας Βουρνάς

Φεβρουάριος 2023

cigre
Greece