

WORLD ENERGY OUTLOOK 2025 (IEA)



Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή στο Παγκόσμιο Ενεργειακό Σύστημα.....	4
1.1	Σύγχρονο Ενεργειακό Περιβάλλον και Κύριες Προκλήσεις.....	4
1.2	Τάσεις της Παγκόσμιας Ενεργειακής Αγοράς.....	4
1.3	Προϋποθέσεις της Ενεργειακής Μετάβασης	4
2.	Σενάρια Ενεργειακής Ανάλυσης	6
2.1	Σενάριο Υφιστάμενων Πολιτικών (Current Policies Scenario - CPS).....	6
2.2	Σενάριο Δηλωμένων Πολιτικών (Stated Policies Scenario - STEPS).....	6
2.3	Σενάριο Μηδενικών Εκπομπών (Net Zero by 2050 - NZE)	6
2.4	Ενεργειακή Πρόσβαση και Κοινωνική Ισότητα (Σενάριο ACCESS)	6
3.	Παγκόσμιες Τάσεις Ζήτησης και Ενεργειακού Μείγματος.....	8
3.1	Μεταβολές στη Ζήτηση και ο Ρόλος του Ηλεκτρισμού	8
3.2	Εξέλιξη της Ζήτησης Ορυκτών Καυσίμων	9
4.	Κλιματικές Επιπτώσεις και Προκλήσεις.....	11
4.1	Τροχιές Εκπομπών και Θερμοκρασιακές Τάσεις.....	11
4.2	Στρατηγικές Μετριασμού και ο Ρόλος των Καθαρών Τεχνολογιών.....	12
5.	Κατευθυντήριοι Παράγοντες Ενεργειακής Ζήτησης.....	14
6.	Η Εποχή του Ηλεκτρισμού και η Προσιτότητα της Ενέργειας.....	16
6.1	Δυναμική της Ζήτησης και Κοινωνικοοικονομικές Επιπτώσεις.....	16
6.2	Επενδυτικές Ανάγκες και Διαμόρφωση του Κόστους	16
7.	Τεχνητή Νοημοσύνη και Ενεργειακή Ζήτηση	19
7.1	Ενεργειακές Απαιτήσεις των Κέντρων Δεδομένων	19
7.2	Τεχνητή Νοημοσύνη για Αποδοτικότητα και Καινοτομία	20
8.	Καθολική Πρόσβαση σε Ηλεκτρισμό και Καθαρό Μαγείρεμα.....	21
8.1	Τρέχουσα Κατάσταση	21
8.2	Ανάλυση Σεναρίων και ο Ρόλος του Σεναρίου ACCESS	21
9.	Κρίσιμα Ορυκτά και Νέες Προκλήσεις στην Ενεργειακή Ασφάλεια	23
9.1	Μετάβαση από τα Καύσιμα στα Κρίσιμα Ορυκτά.....	23
9.2	Ηλεκτρική Ασφάλεια και Ευελιξία του Συστήματος.....	24
9.3	Κλιματικοί Κίνδυνοι και Υποδομές	24
10.	Η Σημασία Του LNG Στο Παγκόσμιο Ενεργειακό Σύστημα.....	26
10.1	Παγκόσμια Διαθεσιμότητα και Ζήτηση LNG	26
10.2	Τάσεις Ζήτησης σε Ευρώπη, Ασία και Αναδυόμενες Οικονομίες	27
11.	Παραγωγική Ικανότητα Καθαρών Τεχνολογιών Και Αξιοποίησή Της	28
11.1	Τρέχουσα Κατάσταση και Παραγωγική Δυναμικότητα.....	28
11.2	Προϋποθέσεις Αξιοποίησης και Πολιτικό Πλαίσιο.....	29
12.	Επενδυτικά Κενά και Προκλήσεις	31
12.1	Τομείς Επενδυτικής Υστέρησης	31
12.2	Κατανομή Κεφαλαίων σε Συμβατικές και Νέες Πηγές.....	32
13.	Συμπεράσματα Και Ευκαιρίες.....	33
14.	Κατάλογος Σχημάτων	34

1. Εισαγωγή στο Παγκόσμιο Ενεργειακό Σύστημα

1.1 Σύγχρονο Ενεργειακό Περιβάλλον και Κύριες Προκλήσεις

Τα τελευταία χρόνια, η ανθρωπότητα έχει κληθεί να αντιμετωπίσει μια σειρά προκλήσεων που έχουν κλονίσει το παγκόσμιο ενεργειακό σύστημα. Η κρίση της πανδημίας και η συνεχής ενεργειακή κρίση σε συνδυασμό με τις έντονες γεωπολιτικές αναταράξεις, έχουν δημιουργήσει ένα περιβάλλον έντονης αβεβαιότητας, αστάθειας και απρόβλεπτων γεγονότων.

Οι εξελίξεις αυτές, παράλληλα με τις ολοένα και πιο εμφανείς συνέπειες της κλιματικής αλλαγής και τις ραγδαίες τεχνολογικές μεταβολές, αναγκάζουν τις κυβερνήσεις να υιοθετήσουν νέες στρατηγικές. Πλέον δίνεται προτεραιότητα στην εξασφάλιση προσιτών τιμών για τους καταναλωτές, την ενίσχυση της οικονομικής ανταγωνιστικότητας και τη διασφάλιση της ενεργειακής ασφάλειας. Ωστόσο, οι προτεραιότητες αυτές δεν ευθυγραμμίζονται πάντα με την ανάγκη για τη μετάβαση σε ένα καθαρότερο και βιώσιμο ενεργειακό μέλλον, δημιουργώντας συχνά αντικρουόμενες πολιτικές κατευθύνσεις.

1.2 Τάσεις της Παγκόσμιας Ενεργειακής Αγοράς

Μέσα σε αυτό το ασταθές περιβάλλον, το παγκόσμιο ενεργειακό σύστημα βρίσκεται σε μια κρίσιμη καμπή. Παρατηρείται μια συνεχής αύξηση της ζήτησης ενέργειας, κυρίως στις αναδύομενες και αναπτυσσόμενες οικονομίες, ενώ η σύνθεση του ενεργειακού μείγματος συνεχίζει να μεταβάλλεται. Παρόλο που η διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και οι επενδύσεις σε τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών επιταχύνονται, το ενεργειακό μείγμα παραμένει εξαρτημένο σε μεγάλο βαθμό από τα ορυκτά καύσιμα, τα οποία εξακολουθούν να καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών.

Αυτή η αργή μεταβολή της σύνθεσης του μείγματος έχει ως αποτέλεσμα οι παγκόσμιες εκπομπές ρύπων να παραμένουν σε υψηλά επίπεδα. Παράλληλα, οι αγορές ενέργειας αντιμετωπίζουν σημαντικά εμπόδια, όπως η αυξημένη αστάθεια και το υψηλό κόστος κεφαλαίου. Αυτοί οι οικονομικοί παράγοντες επηρεάζουν άμεσα τόσο την ταχύτητα όσο και την κατεύθυνση της ενεργειακής μετάβασης, καθιστώντας τις επενδύσεις σε υποδομές καθαρής ενέργειας πιο απαιτητικές.

1.3 Προϋποθέσεις της Ενεργειακής Μετάβασης

Η τρέχουσα κατάσταση αναδεικνύει την επιτακτική ανάγκη για λήψη ουσιαστικών αποφάσεων. Αν και οι τεχνολογίες καθαρής ενέργειας είναι πλέον ώριμες και διαθέσιμες σε ευρεία κλίμακα, η πρόοδος τους αντιμετωπίζει χρηματοδοτικά εμπόδια, ελλείψεις στις απαραίτητες υποδομές και την ανάγκη για σταθερή πολιτική στήριξη.

Για να διασφαλιστεί η ενεργειακή ασφάλεια και να διατηρηθεί μια πορεία συμβατή με τους κλιματικούς στόχους, απαιτούνται άμεσες και συντονισμένες δράσεις. Η έμφαση πρέπει να δοθεί στην ενεργειακή αποδοτικότητα, την επέκταση της ηλεκτροκίνησης, την περαιτέρω

ανάπτυξη των ΑΠΕ και τη δραστική μείωση των εκπομπών. Τα επόμενα έτη θα είναι καθοριστικά για το αν τα παγκόσμια συστήματα θα καταφέρουν να ευθυγραμμιστούν με τους μακροπρόθεσμους στόχους για το κλίμα. Σε αυτή την προσπάθεια, τα ενεργειακά σενάρια αποτελούν το βασικό εργαλείο για την αξιολόγηση των πολιτικών επιλογών και την αποτύπωση των μελλοντικών προοπτικών.

2. Σενάρια Ενεργειακής Ανάλυσης

Για τη διερεύνηση της διαμόρφωσης του μελλοντικού ενεργειακού συστήματος και των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, η IEA χρησιμοποιεί τρία κύρια σενάρια αναφοράς. Αυτά τα σενάρια δεν αποτελούν προβλέψεις, αλλά αναλυτικά εργαλεία που βασίζονται σε διαφορετικές υποθέσεις για την εξέλιξη της ζήτησης, του μείγματος και των εκπομπών.

2.1 Σενάριο Υφιστάμενων Πολιτικών (Current Policies Scenario - CPS)

Το σενάριο CPS αντικατοπτρίζει αποκλειστικά τους νόμους και τους κανονισμούς που βρίσκονται ήδη σε πλήρη εφαρμογή. Σε αυτό το πλαίσιο, τα ορυκτά καύσιμα παραμένουν η κύρια πηγή ενέργειας, ενώ η ανάπτυξη των ΑΠΕ και οι βελτιώσεις στην ενεργειακή αποδοτικότητα κινούνται με ρυθμούς χαμηλότερους από τους απαιτούμενους. Το CPS αναδεικνύει τις συνέπειες της απουσίας πρόσθετων πολιτικών παρεμβάσεων, οδηγώντας σε μια πορεία που απέχει σημαντικά από τους διεθνείς κλιματικούς στόχους.

2.2 Σενάριο Δηλωμένων Πολιτικών (Stated Policies Scenario - STEPS)

Το STEPS είναι ένα πιο δυναμικό σενάριο, που περιλαμβάνει πολιτικές που έχουν ήδη θεσπιστεί ή ανακοινωθεί, καθώς και πιθανές στρατηγικές κατευθύνσεις των κυβερνήσεων. Προβλέπει κορύφωση της ζήτησης ορυκτών καυσίμων πριν το 2030, ταχύτερη διεύθυνση της ηλεκτροκίνησης, σημαντική αύξηση της ισχύος των ΑΠΕ και βελτιώσεις στην ενεργειακή αποδοτικότητα. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα του STEPS εξαρτάται άμεσα από τη συνέπεια των κρατών στην υλοποίηση των δεσμεύσεών τους και της ταχύτητας εφαρμογής των ανακοινωμένων πολιτικών.

2.3 Σενάριο Μηδενικών Εκπομπών (Net Zero by 2050 - NZE)

Το σενάριο NZE καθορίζει τι απαιτείται για να επιτευχθούν μηδενικές εκπομπές CO₂ έως το 2050. Περιλαμβάνει ραγδαία ηλεκτροδότηση, σημαντική επέκταση των ΑΠΕ, διπλασιασμό της ενεργειακής αποδοτικότητας και μεγάλες μειώσεις στις εκπομπές μεθανίου. Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα φιλόδοξο σενάριο, που προϋποθέτει διεθνή συνεργασία σε πρωτοφανές επίπεδο.

2.4 Ενεργειακή Πρόσβαση και Κοινωνική Ισότητα (Σενάριο ACCESS)

Επιπλέον, το σενάριο ACCESS (Accelerating Clean Cooking and Electricity Services) υπογραμμίζει την ανθρωποκεντρική διάσταση της μετάβασης. Εστιάζει στην επίτευξη καθολικής πρόσβασης σε ηλεκτρισμό και καθαρό μαγείρεμα, υπενθυμίζοντας ότι η ενεργειακή μετάβαση δεν είναι μόνο περιβαλλοντικό ζήτημα, αλλά και ζήτημα κοινωνικής ισότητας και παγκόσμιας ανάπτυξης. Τα σενάρια καθιστούν εμφανές, ότι η απόσταση μεταξύ των υφιστάμενων πολιτικών και των κλιματικών στόχων δεν είναι μόνο τεχνολογική, αλλά θεσμική, χρηματοδοτική και πολιτική. Οι

διαφοροποιήσεις αυτές αποτυπώνονται ποσοτικά μέσα από την ανάλυση των τάσεων στη ζήτηση ενέργειας και στο ενεργειακό μείγμα.

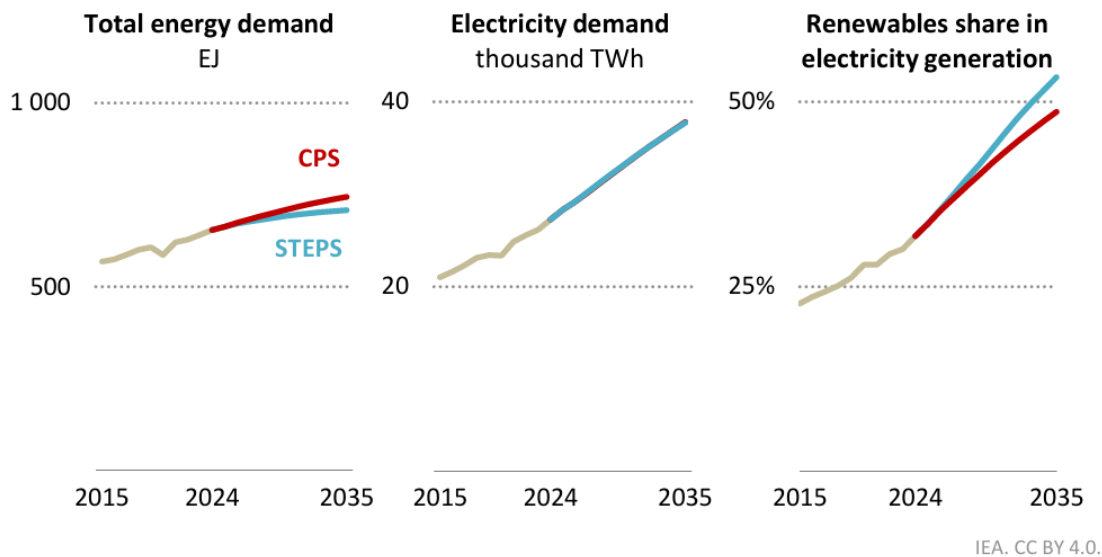
3. Παγκόσμιες Τάσεις Ζήτησης και Ενεργειακού Μείγματος

Με βάση τα εξεταζόμενα σενάρια, η παγκόσμια ζήτηση ενέργειας συνεχίζει να αυξάνεται, ακόμη και όταν η συνολική κατανάλωση σταθεροποιείται ή μειώνεται σε ορισμένες περιοχές. Η δυναμική αυτή διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στις ανεπτυγμένες και τις αναδυόμενες οικονομίες.

3.1 Μεταβολές στη Ζήτηση και ο Ρόλος του Ηλεκτρισμού

Στο σενάριο CPS, η παγκόσμια ζήτηση ενέργειας προβλέπεται να αυξηθεί έως και 14% μέχρι το 2035, ενώ στο STEPS η αύξηση εκτιμάται στο 8%. Ενώ οι προηγμένες οικονομίες εμφανίζουν σταθερή ή ελαφρά μειούμενη ζήτηση λόγω βελτιώσεων στην αποδοτικότητα, οι αναδυόμενες οικονομίες, με κύριους εκπροσώπους την Ινδία, τη Νοτιοανατολική Ασία και την Αφρική, ευθύνονται σχεδόν για το σύνολο της καθαρής παγκόσμιας αύξησης.

Κεντρικό ρόλο σε αυτή την εξέλιξη παίζει ο ηλεκτρισμός. Η ζήτηση για υπηρεσίες όπως οι μεταφορές, η ψύξη, η θέρμανση και η λειτουργία των κέντρων δεδομένων (Data Centers) αναμένεται να αυξηθεί έως και 40% μέχρι το 2035 σε όλα τα σενάρια. Παρά το γεγονός ότι η παραγωγή από ΑΠΕ έχει φτάσει στο ένα τρίτο της παγκόσμιας παραγωγής σήμερα, η συνολική αύξηση της ζήτησης συχνά αντισταθμίζει τα περιβαλλοντικά οφέλη, κρατώντας τις εκπομπές CO₂ σε υψηλά επίπεδα. Η τάση αυτή, με την ηλεκτρική ενέργεια να αυξάνεται πολύ ταχύτερα από τη συνολική ζήτηση, απεικονίζεται στο **Σχήμα 1**.



Σχήμα 1. Σύγκριση της συνολικής ενεργειακής ζήτησης και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ανά σενάριο έως το 2035.

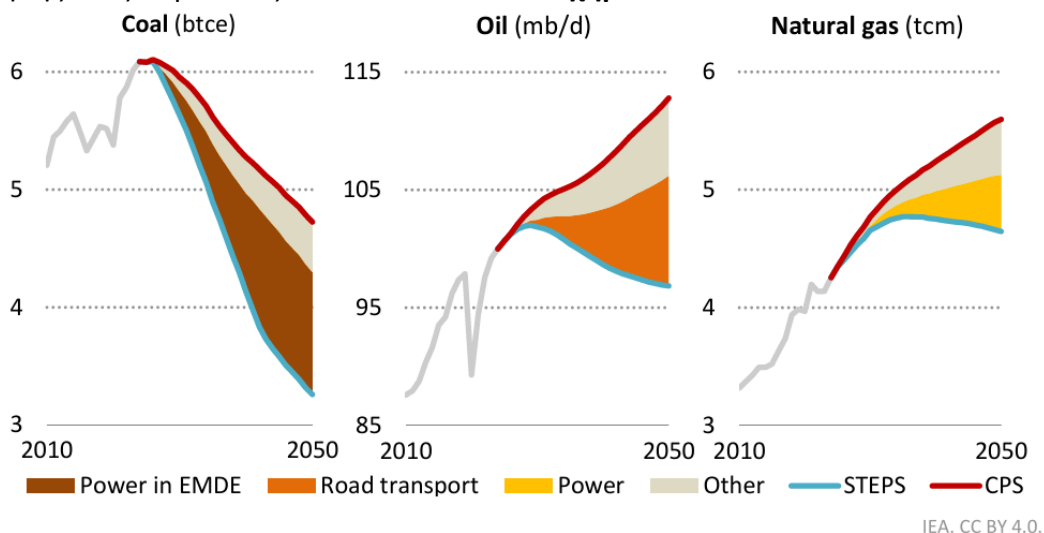
3.2 Εξέλιξη της Ζήτησης Ορυκτών Καυσίμων

Παρά την επιταχυνόμενη διείσδυση των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας, τα ορυκτά καύσιμα εξακολουθούν να διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο, με τις προοπτικές τους να διαφοροποιούνται ανάλογα με το εξεταζόμενο σενάριο.

Ειδικότερα, η παγκόσμια ζήτηση άνθρακα προβλέπεται να φτάσει σε κορύφωση τα επόμενα πέντε χρόνια, κυρίως λόγω των αναδυόμενων οικονομιών, ιδιαίτερα της Κίνας, όπου ο άνθρακας εξακολουθεί να στηρίζει την ηλεκτροπαραγωγή. Στο STEPS, η κατανάλωση κορυφώνεται μέσα στη δεκαετία και μειώνεται σταδιακά με την αύξηση των ΑΠΕ. Αντίθετα, στο CPS η υποχώρηση είναι πιο αργή, καθώς δεν υπάρχει πολιτική στήριξη και η ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο δίκτυο γίνεται με πιο αργούς ρυθμούς.

Όσον αφορά τη ζήτηση πετρελαίου, αυτή προσδιορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις εξελίξεις στον τομέα των μεταφορών. Στο σενάριο STEPS, η κορύφωση αναμένεται περί το 2030, ως αποτέλεσμα της βελτιωμένης ενεργειακής αποδοτικότητας και της αυξανόμενης διείσδυσης της ηλεκτροκίνησης. Αντιθέτως, στο σενάριο CPS, η ζήτηση παρουσιάζει αυξητική τάση έως το 2050, καθώς ο ρυθμός αντικατάστασης των συμβατικών οχημάτων παραμένει βραδύτερος.

Η πορεία του φυσικού αερίου παρουσιάζει διακυμάνσεις. Στο σενάριο STEPS προβλέπεται άνοδος της ζήτησης έως το 2030 και στη συνέχεια σταθεροποίηση, καθώς οι ΑΠΕ αναλαμβάνουν μεγαλύτερο μερίδιο στην παραγωγή ηλεκτρισμού. Στο σενάριο CPS, η κατανάλωση συνεχίζει να αυξάνεται μακροπρόθεσμα, καλύπτοντας τα κενά που αφήνει η βραδύτερη ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Η διαφορετική πορεία της ζήτησης πετρελαίου και φυσικού αερίου μεταξύ των σεναρίων υπογραμμίζει τον ρόλο της ηλεκτροκίνησης και των ΑΠΕ ως βασικών παραγόντων αναδιάρθρωσης της ενεργειακής αγοράς. Οι διαφορετικές τροχιές των ορυκτών καυσίμων και οι χρονικές στιγμές κορύφωσης της ζήτησής τους παρουσιάζονται αναλυτικά στο **Σχήμα 2**.



Σχήμα 2. Προβλεπόμενη ζήτηση ορυκτών καυσίμων και τα σημεία κορύφωσης για τον άνθρακα, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.

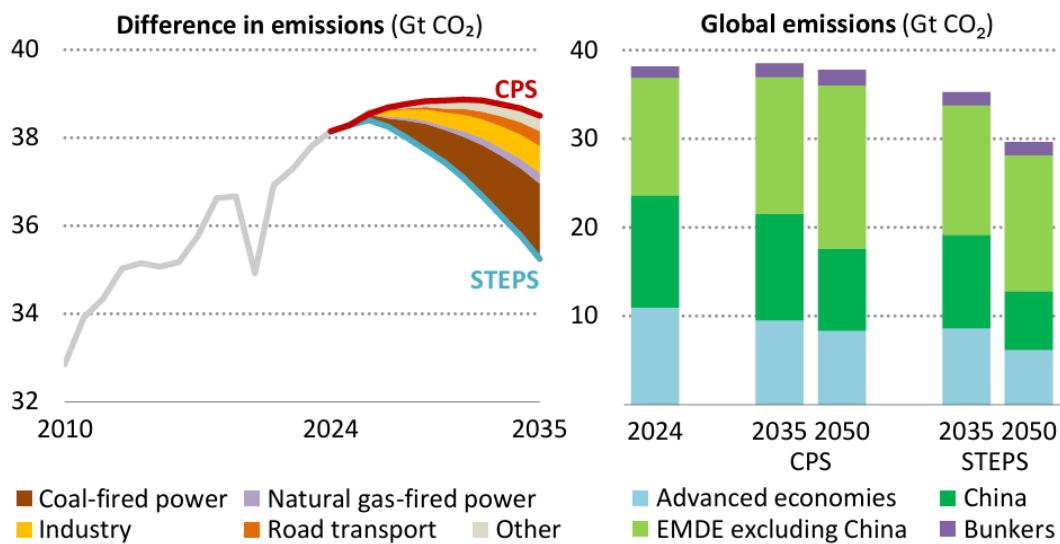
Η ισορροπία στις αγορές τείνει να αποκατασταθεί μετά την κρίση του 2022, όμως οι αποκλίσεις μεταξύ των σεναρίων παραμένουν μεγάλες. Στο CPS, οι υψηλές τιμές και οι ανάγκες για νέες επενδύσεις σε υποδομές LNG και πετρελαίου είναι αναπόφευκτες. Στο STEPS, η κορύφωση της ζήτησης μετριάξει αυτές τις πιέσεις. Ταυτόχρονα, αναδύεται μια νέα πρόκληση, η πίεση στις αγορές κρίσιμων ορυκτών, όπως ο χαλκός και το λίθιο. Η ραγδαία βιομηχανική παραγωγή φωτοβολταϊκών και μπαταριών απαιτεί τεράστιες ποσότητες αυτών των υλικών, μετατοπίζοντας το ζήτημα της ενεργειακής ασφάλειας από τα καύσιμα στις πρώτες ύλες.

4. Κλιματικές Επιπτώσεις και Προκλήσεις

4.1 Τροχιές Εκπομπών και Θερμοκρασιακές Τάσεις

Η εξέλιξη της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης, όπως αποτυπώνεται στα εξεταζόμενα σενάρια, καθορίζει άμεσα το μέγεθος των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τις επακόλουθες θερμοκρασιακές μεταβολές, καθιστώντας κρίσιμη την αξιολόγηση των κλιματικών συνεπειών και των αναγκαίων μέτρων για την επίτευξη των διεθνών στόχων.

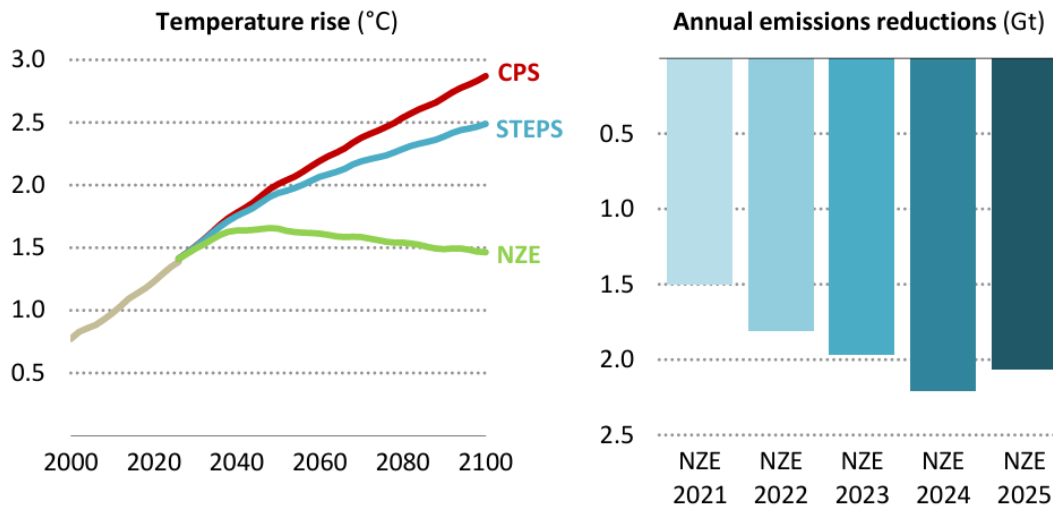
Στο σενάριο CPS, οι εκπομπές το 2050 παραμένουν σε επίπεδα παραπλήσια με τα σημερινά, οδηγώντας σε μια προβλεπόμενη αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά περίπου 3°C έως το 2100. Στο σενάριο STEPS, οι εκπομπές κορυφώνονται περίπου το 2030 και στη συνέχεια υποχωρούν σταδιακά, περιορίζοντας την άνοδο στους 2,5°C. Παρά τη βελτίωση, η τροχιά αυτή αποκλίνει σημαντικά από τους στόχους της Συμφωνίας του Παρισιού. Μόνο το σενάριο NZE επιτυγχάνει τον περιορισμό της ανόδου κάτω από τους 1,5°C, προϋποθέτοντας όμως δραστική μείωση των ρύπων και εφαρμογή τεχνολογιών απομάκρυνσης διοξειδίου του άνθρακα. Η απόκλιση των εκπομπών μεταξύ των σεναρίων CPS, STEPS και NZE, καθώς και η γεωγραφική τους κατανομή, αποτυπώνονται στο **Σχήμα 3**.



IEA. CC BY 4.0.

Σχήμα 3. Τροχιές εκπομπών CO₂ ανά περιοχή και ενεργειακό σενάριο.

Η πιθανότητα διατήρησης του ορίου του 1,5°C χωρίς υπέρβαση θεωρείται πλέον εξαιρετικά περιορισμένη. Οι καθυστερήσεις στην εφαρμογή πολιτικών, το υψηλό κόστος κεφαλαίου και η συνεχιζόμενη κυριαρχία των ορυκτών καυσίμων έχουν καταστήσει το μονοπάτι αυτό σχεδόν απρόσιτο. Οι θερμοκρασιακές επιπτώσεις αυτών των τροχιών και η αναγκαιότητα για δραστικές μειώσεις φαίνονται στο **Σχήμα 4**.

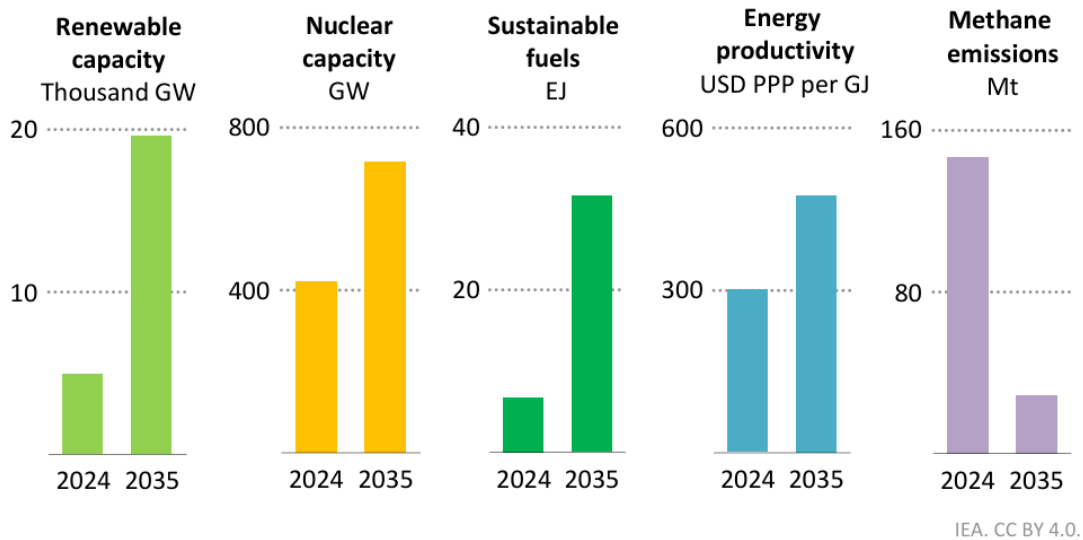


IEA. CC BY 4.0.

Σχήμα 4. Παγκόσμια άνοδος της θερμοκρασίας και απαιτούμενες ετήσιες μειώσεις εκπομπών ανά σενάριο.

4.2 Στρατηγικές Μετριασμού και ο Ρόλος των Καθαρών Τεχνολογιών

Παρά τις δυσκολίες, η δυνατότητα αποφυγής των δυσμενέστερων κλιματικών συνεπειών παραμένει εφικτή μέσω της εφαρμογής συγκεκριμένων μέτρων. Ένα από αυτά είναι η ανάπτυξη των καθαρών τεχνολογιών σε μεγάλη κλίμακα. Η εγκατεστημένη ισχύς σημειώνει σημαντική άνοδο, με την παγκόσμια χωρητικότητα στο σενάριο STEPS να αναμένεται να τριπλασιαστεί σχεδόν έως το 2035. Ακόμη η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας αποτελεί κρίσιμο παράγοντα. Ενώ στο STEPS η βελτίωση ανέρχεται σε 2% ετησίως, στο σενάριο NZE απαιτείται διπλασιασμός αυτού του ρυθμού έως το 2030. Τέλος, επιτακτική είναι και η μείωση των εκπομπών μεθανίου. Οι εκπομπές μεθανίου μπορούν να μειωθούν έως και 80% στο σενάριο NZE μέχρι το 2035, προσφέροντας άμεσα οφέλη στον περιορισμό της βραχυπρόθεσμης υπερθέρμανσης. Οι κρίσιμοι μοχλοί μετριασμού, από την τριπλασιασμό των ΑΠΕ έως τη μείωση του μεθανίου, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στο **Σχήμα 5**.



Σχήμα 5. Βασικοί δείκτες της ενεργειακής μετάβασης στο σενάριο NZE.

Επιπλέον, ο ρόλος της πυρηνικής ενέργειας, των καυσίμων χαμηλών εκπομπών, όπως το υδρογόνο και τα βιοκαύσιμα και η ενίσχυση της ευελιξίας των δικτύων κρίνονται απαραίτητα για τη σταθερότητα του συστήματος κατά τη διάρκεια της μετάβασης.

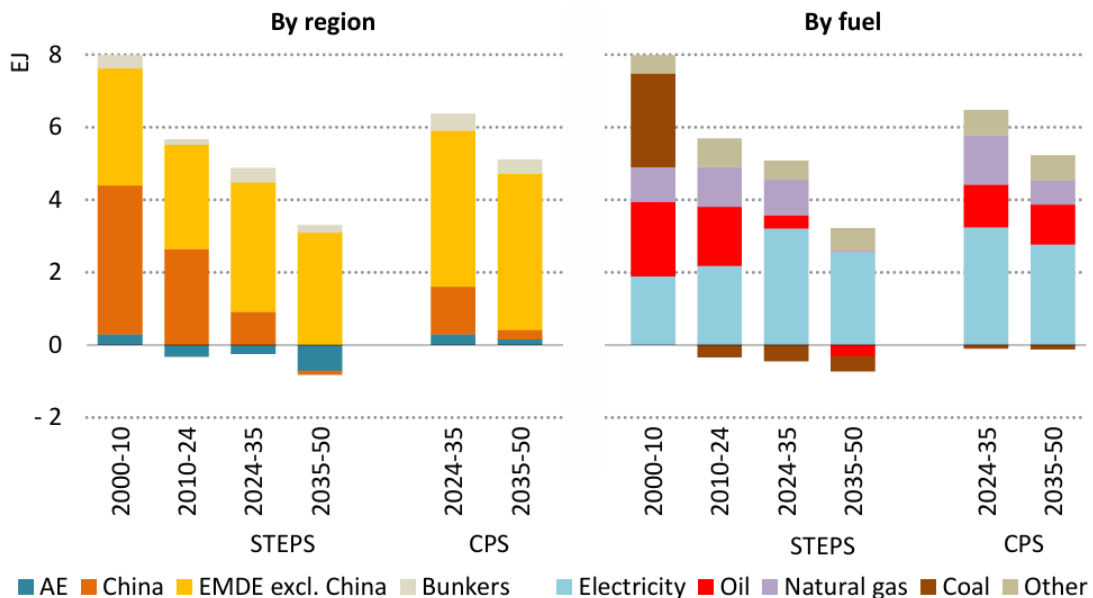
Η επιτάχυνση των μέτρων μείωσης εκπομπών, η ανάπτυξη ΑΠΕ και η ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης αποτελούν κρίσιμα θέματα που θα κριθούν στην επερχόμενη COP30. Οι αποφάσεις που θα ληφθούν θα καθορίσουν εάν οι παγκόσμιες πολιτικές θα συγκλίνουν τελικά προς τα όρια της Συμφωνίας του Παρισιού ή αν θα παραμείνουν σε τροχιές που εγκυμονούν σοβαρούς κλιματικούς κινδύνους.

5. Κατευθυντήριοι Παράγοντες Ενεργειακής Ζήτησης

Η μελλοντική ζήτηση ενέργειας δεν αποτελεί απλώς το αποτέλεσμα δημογραφικών και οικονομικών τάσεων, αλλά διαμορφώνεται από ένα σύνθετο πλέγμα πολιτικών, τεχνολογικών και κοινωνικών παραγόντων. Η ανάλυση των σεναρίων αποκαλύπτει μια σημαντική επιβράδυνση στον ρυθμό αύξησης της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας. Ενώ τη δεκαετία 2000–2010 ο ετήσιος ρυθμός αύξησης ήταν 2,4%, προβλέπεται να μειωθεί στο 1% στο σενάριο STEPS έως το 2035, ενώ στο σενάριο NZE αναμένεται ετήσια μείωση της τάξης του 1%, λόγω του εντατικού εξηλεκτρισμού και της βελτιωμένης ενεργειακής απόδοσης.

Οι βασικοί παράγοντες που καθόρισαν την αύξηση στο παρελθόν διαφοροποιούνται πλέον σημαντικά. Οι δημογραφικοί παράγοντες εξασθενούν λόγω της επιβράδυνσης της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού, ενώ μειώνεται και η συμβολή των βαρέων βιομηχανιών, όπως ο χάλυβας και το τσιμέντο.

Ταυτόχρονα, παρατηρείται μια γεωγραφική μετατόπιση της ζήτησης. Η Κίνα, η οποία επί δεκαετίες αποτελούσε τον βασικό άξονα της παγκόσμιας κατανάλωσης, στρέφεται πλέον σε ένα λιγότερο ενεργοβόρο μοντέλο ανάπτυξης. Τη θέση της καταλαμβάνουν άλλες αναδυόμενες οικονομίες, όπως η Ινδία και η Ινδονησία, όπου η αστικοποίηση και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου δημιουργούν νέες ανάγκες, με την ψύξη χώρων να αναδεικνύεται σε κυρίαρχο παράγοντα ζήτησης και να καταγράφεται ετήσια αύξηση 3%–3,6% έως το 2035. Η γεωγραφική μετατόπιση της ζήτησης προς τις αναδυόμενες οικονομίες της Ασίας και η αυξανόμενη εξάρτηση από τον ηλεκτρισμό για την κάλυψη των νέων αναγκών αποτυπώνονται στο **Σχήμα 6**.



IEA. CC BY 4.0.

Σχήμα 6. Μεταβολή της τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα και περιοχή.

Σε αυτό το μεταβαλλόμενο πλαίσιο, ο ηλεκτρισμός αναδεικνύεται στον κεντρικό φορέα του ενεργειακού συστήματος, καλύπτοντας πάνω από τα δύο τρίτα της αύξησης της κατανάλωσης στο σενάριο STEPS. Η διείσδυση καθαρών τεχνολογιών, όπως τα ηλεκτρικά οχήματα και οι αντλίες θερμότητας, οι πωλήσεις των οποίων σημειώνουν ραγδαία άνοδο, οδηγεί σε σταδιακή υποχώρηση των ορυκτών καυσίμων.

Επιπλέον, νέες εφαρμογές, όπως η τεχνητή νοημοσύνη και η επέκταση των κέντρων δεδομένων, δημιουργούν νέες απαιτήσεις που ενισχύουν τον εξηλεκτρισμό. Στο σενάριο NZE, αυτές οι τεχνολογικές εξελίξεις αποτελούν τον καθοριστικό παράγοντα που οδηγεί στην πλήρη απανθρακοποίηση της τελικής κατανάλωσης, διασφαλίζοντας τη μετάβαση σε ένα βιώσιμο ενεργειακό σύστημα.

6. Η Εποχή του Ηλεκτρισμού και η Προσιτότητα της Ενέργειας

6.1 Δυναμική της Ζήτησης και Κοινωνικοοικονομικές Επιπτώσεις

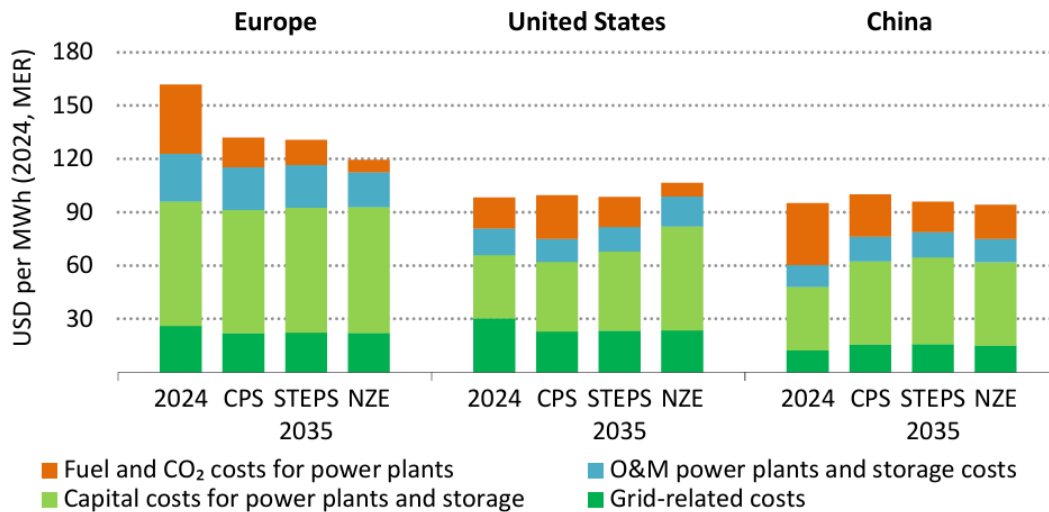
Η αυξανόμενη διείσδυση της ηλεκτρικής ενέργειας στην τελική κατανάλωση επηρεάζει καθοριστικά όχι μόνο τις περιβαλλοντικές παραμέτρους, αλλά και το κόστος για τα νοικοκυριά και τις επιχειρήσεις. Η ζήτηση ηλεκτρισμού στον οικιακό τομέα ενισχύεται από τη διάδοση των αντλιών θερμότητας, την επέκταση της ηλεκτροκίνησης και την αυξημένη ανάγκη για ψύξη χώρων, ακόμη και όταν η συνολική κατανάλωση ενέργειας παραμένει σταθερή. Στο πλαίσιο αυτό, η ασφάλεια και η οικονομική προσιτότητα της ηλεκτρικής ενέργειας αναδεικνύονται σε κεντρικά ζητήματα κοινωνικής και οικονομικής σταθερότητας.

Σύμφωνα με το σενάριο STEPS, η παγκόσμια οικιακή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί κατά 60% έως το 2050, με τη θέρμανση και την ψύξη να αποτελούν τους πλέον ταχύτερα αναπτυσσόμενους τομείς. Στις προηγμένες οικονομίες, η κατανάλωση αυξάνεται εκ νέου μετά από μια μακρά περίοδο στασιμότητας, κυρίως λόγω του εξηλεκτισμού των μεταφορών. Αντιθέτως, στις αναδύμενες οικονομίες, η ραγδαία άνοδος της ζήτησης τροφοδοτείται από τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και την εκτεταμένη χρήση κλιματισμού, καθιστώντας επιτακτική τη διασφάλιση αξιόπιστης και προσιτής ηλεκτροδότησης.

6.2 Επενδυτικές Ανάγκες και Διαμόρφωση του Κόστους

Η κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης απαιτεί εκτεταμένες επενδύσεις στις υποδομές, με ιδιαίτερη έμφαση στα ηλεκτρικά δίκτυα. Οι επενδύσεις αυτές αποσκοπούν στη σύνδεση νέων φορτίων, την ενσωμάτωση των ΑΠΕ και την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των συστημάτων απέναντι στην κλιματική αλλαγή. Παρά το υψηλό κόστος κεφαλαίου, οι επενδύσεις αυτές δεν συνεπάγονται απαραίτητα αύξηση του κόστους ηλεκτρισμού. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η παραγωγική ισχύς αυξάνεται κυρίως μέσω των ΑΠΕ, ενώ οι μονάδες άνθρακα και φυσικού αερίου λειτουργούν βοηθητικά σε περιπτώσεις αυξημένης ζήτησης, αν και αναμένεται να λειτουργούν όλο και λιγότερο. Επιπλέον, η αποθήκευση με μπαταρίες προσφέρει την απαραίτητη ευελιξία και διευκολύνει την ένταξη των μεταβλητών ΑΠΕ. Η δομή του κόστους των ηλεκτρικών συστημάτων και η ανάγκη για επενδύσεις σε δίκτυα παρουσιάζονται αναλυτικά στο **Σχήμα 7**.

Ωστόσο, οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας δέχονται πιέσεις από παράγοντες όπως η τιμολόγηση του άνθρακα, που αυξάνει το κόστος των ορυκτών καυσίμων, και οι περιορισμοί στις εφοδιαστικές αλυσίδες. Ο σχεδιασμός των ενεργειακών αγορών παραμένει κρίσιμος, καθώς η συμμετοχή του φυσικού αερίου στην τιμολόγηση μπορεί να επηρεάσει τα έσοδα των παραγωγών και την τελική επιβάρυνση των καταναλωτών, ενισχύοντας την ανάγκη για μηχανισμούς προστασίας της προσιτότητας.

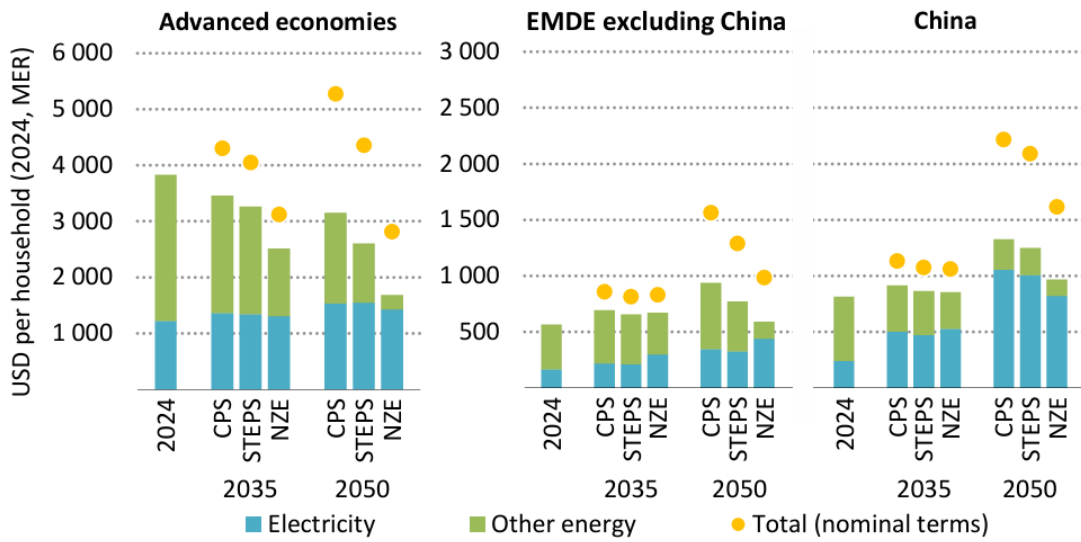


IEA. CC BY 4.0.

Σχήμα 7. Ανάλυση του κόστους των ηλεκτρικών συστημάτων ανά συνιστώσα.

Παρά τις πιέσεις αυτές, υπάρχουν και παράγοντες που σταθεροποιούν τις τιμές. Η μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα περιορίζει την έκθεση των οικονομιών στις έντονες διακυμάνσεις των διεθνών τιμών. Η αναμενόμενη αύξηση της προσφοράς LNG και η κατανομή του σταθερού κόστους των νέων υποδομών σε μεγαλύτερο όγκο ενέργειας λειτουργούν ως παράγοντες εξισορρόπησης.

Παρατηρείται ότι, ενώ οι λογαριασμοί ηλεκτρικού ρεύματος ενδέχεται να αυξηθούν στα σενάρια CPS και STEPS λόγω του εκτεταμένου εξηλεκτρισμού, στο σενάριο NZE οι βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση και η μετάβαση σε καθαρές τεχνολογίες οδηγούν τελικά σε σταθεροποίηση ή και μείωση των συνολικών ενεργειακών δαπανών για τους καταναλωτές. Αν και η διεύρυνση των καιρικά εξαρτώμενων ΑΠΕ εισάγει νέα μεταβλητότητα, αυτή είναι γενικά μικρότερη από τη μεταβλητότητα των ορυκτών καυσίμων και μπορεί να αντιμετωπιστεί με εργαλεία ευελιξίας όπως, η αποθήκευση, οι διασυνδέσεις και η σύζευξη τομέων. Η έγκαιρη επένδυση σε ανθεκτικά δίκτυα και εργαλεία ευελιξίας κρίνεται, επομένως, απαραίτητη για τη διατήρηση της σταθερότητας του συστήματος σε ένα μεταβαλλόμενο κλίμα. Η μακροπρόθεσμη σταθεροποίηση των ενεργειακών δαπανών των καταναλωτών, παρά τον εξηλεκτρισμό, αποτυπώνεται στο **Σχήμα 8**.



IEA. CC BY 4.0.

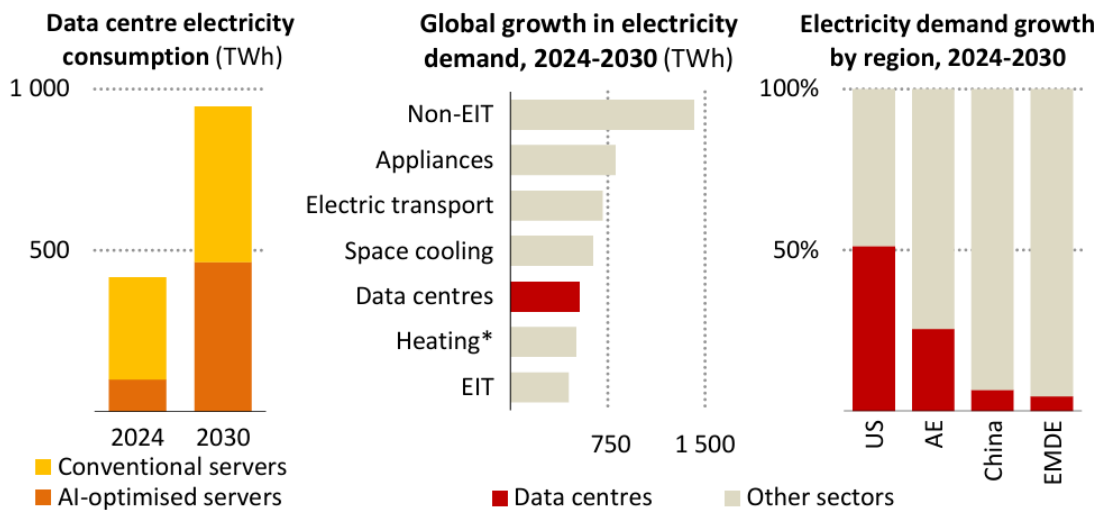
Σχήμα 8. Εξέλιξη των συνολικών ενεργειακών δαπανών των νοικοκυριών ανά σενάριο έως το 2050.

7. Τεχνητή Νοημοσύνη και Ενεργειακή Ζήτηση

7.1 Ενεργειακές Απαιτήσεις των Κέντρων Δεδομένων

Εκτός από τους παραδοσιακούς τομείς κατανάλωσης, ένας νέος και δυναμικός παράγοντας που αναδιαμορφώνει το ενεργειακό πλαίσιο είναι η ταχεία εξάπλωση της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI). Οι επενδύσεις σε υποδομές κέντρων δεδομένων αυξάνονται ραγδαία, οδηγώντας σε διπλασιασμό της κατανάλωσής τους έως το 2030. Παρά την εντυπωσιακή αυτή άνοδο, η AI εκτιμάται ότι θα συμβάλει σε λιγότερο από το 10% της συνολικής παγκόσμιας αύξησης της ζήτησης ηλεκτρισμού, καθώς ο κύριος όγκος εξακολουθεί να προέρχεται από τη βαριά βιομηχανία, την ηλεκτροκίνηση και τον κλιματισμό.

Η κάλυψη των αναγκών αυτών εξαρτάται άμεσα από το περιφερειακό ενεργειακό μείγμα. Στο σενάριο STEPS, οι ΑΠΕ αναμένεται να καλύψουν περίπου το 45% της πρόσθετης ηλεκτροπαραγωγής για τα κέντρα δεδομένων έως το 2030, ενώ στο CPS το ποσοστό είναι γύρω στο 40%. Ωστόσο, το φυσικό αέριο διατηρεί τη σημασία του, ιδιαίτερα σε περιοχές όπως οι ΗΠΑ και η Μέση Ανατολή. Παράλληλα, παρατηρείται αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος για την πυρηνική ενέργεια, μέσω συμφωνιών για την παράταση ζωής υφιστάμενων μονάδων αλλά και της ανάπτυξης μικρών αρθρωτών αντιδραστήρων (SMRs), οι οποίοι προσφέρουν μια σταθερή πηγή ενέργειας χαμηλών εκπομπών. Η κατανομή της ζήτησης και η συμμετοχή της AI στην παγκόσμια αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού παρουσιάζονται στο **Σχήμα 9**.



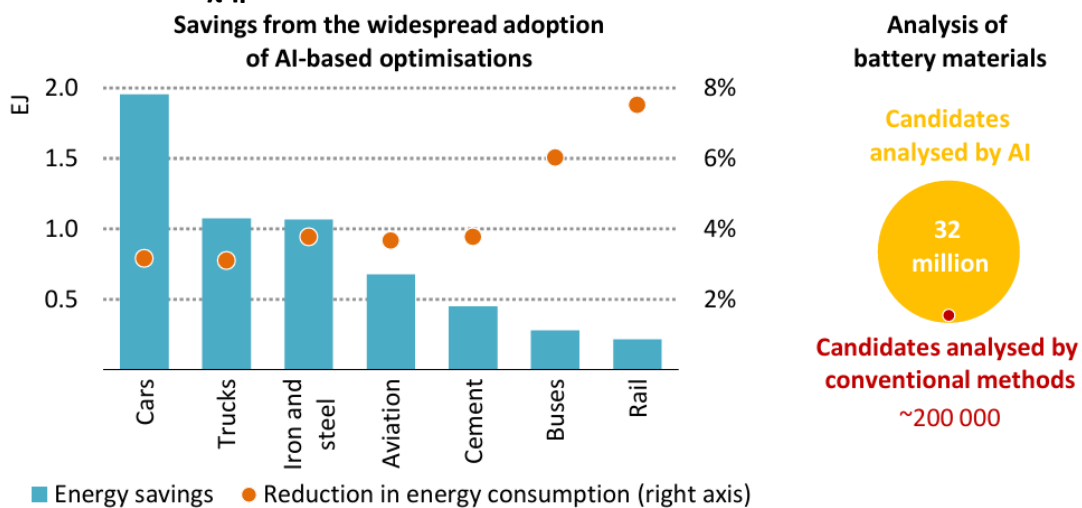
IEA. CC BY 4.0.

Σχήμα 9. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε κέντρα δεδομένων και το μερίδιο της AI στη συνολική αύξηση της ζήτησης έως το 2030.

7.2 Τεχνητή Νοημοσύνη για Αποδοτικότητα και Καινοτομία

Παρά την αυξημένη κατανάλωση, η AI προσφέρει σημαντικές ευκαιρίες για τη βελτιστοποίηση του ενεργειακού συστήματος. Η εφαρμογή της στη διαχείριση των ηλεκτρικών δικτύων, στην ακριβή πρόβλεψη της παραγωγής από μεταβλητές ΑΠΕ και στη βελτίωση της κατανάλωσης σε κτίρια και βιομηχανικές μονάδες μπορεί να περιορίσει τις απώλειες και να ενισχύσει την ευελιξία του συστήματος.

Η συνολική επίδραση της AI στο ενεργειακό σύστημα θα εξαρτηθεί από το αν τα οφέλη στην αποδοτικότητα θα αντισταθμίσουν την αυξημένη ζήτηση. Παράγοντες όπως η ενεργειακή βελτίωση του υλικού και του λογισμικού, καθώς και η επίδραση στην παγκόσμια παραγωγικότητα, θα καθορίσουν το τελικό ενεργειακό αποτύπωμα. Καθώς οι επιπτώσεις αυτές γίνονται πιο σαφείς, η ενσωμάτωσή τους στις ενεργειακές προβλέψεις καθίσταται απαραίτητη, με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA) να παρακολουθεί στενά τις εξελίξεις αυτές ως καταλύτη για την επιτάχυνση της καινοτομίας στον τομέα της ενέργειας. Οι προοπτικές της AI ως εργαλείου για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης σε παγκόσμιο επίπεδο αποτυπώνονται στο **Σχήμα 10**.



IEA. CC BY 4.0.

Σχήμα 10. Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας μέσω εφαρμογών Τεχνητής Νοημοσύνης σε διάφορους τομείς έως το 2035.

8. Καθολική Πρόσβαση σε Ηλεκτρισμό και Καθαρό Μαγείρεμα

8.1 Τρέχουσα Κατάσταση

Η επέκταση της ηλεκτρικής ενέργειας δεν αποτελεί μόνο ζήτημα κάλυψης της αυξανόμενης ζήτησης, αλλά παραμένει κρίσιμη και για τον στόχο της καθολικής πρόσβασης, ο οποίος παραμένει μία από τις μεγαλύτερες παγκόσμιες προκλήσεις. Παρά τη σημαντική πρόοδο των τελευταίων δεκαετιών, περίπου 730 εκατομμύρια άνθρωποι στερούνται πρόσβασης σε ηλεκτρισμό, ενώ 2 δισεκατομμύρια βασίζονται σε ρυπογόνα καύσιμα για τις ανάγκες μαγειρέματος. Το πρόβλημα εντοπίζεται κυρίως στην Υποσαχάρια Αφρική, όπου η αύξηση του πληθυσμού συχνά υπερβαίνει τον ρυθμό ανάπτυξης των ενεργειακών υποδομών.

Ειδικότερα για το μαγείρεμα, η πρόοδος παρουσιάζει σημάδια επιβράδυνσης τα τελευταία χρόνια. Ενώ το 2019 περίπου 120 εκατομμύρια άνθρωποι απέκτησαν πρόσβαση σε καθαρότερες μορφές ενέργειας, ο αριθμός αυτός μειώθηκε στα 100 εκατομμύρια το 2023. Ενώ η Ασία πλησιάζει την καθολική πρόσβαση, στην Υποσαχάρια Αφρική ο αριθμός των ανθρώπων χωρίς πρόσβαση αυξάνεται, παρά την κινητοποίηση του ιδιωτικού τομέα και την υιοθέτηση νέων τεχνολογικών μοντέλων.

8.2 Ανάλυση Σεναρίων και ο Ρόλος του Σεναρίου ACCESS

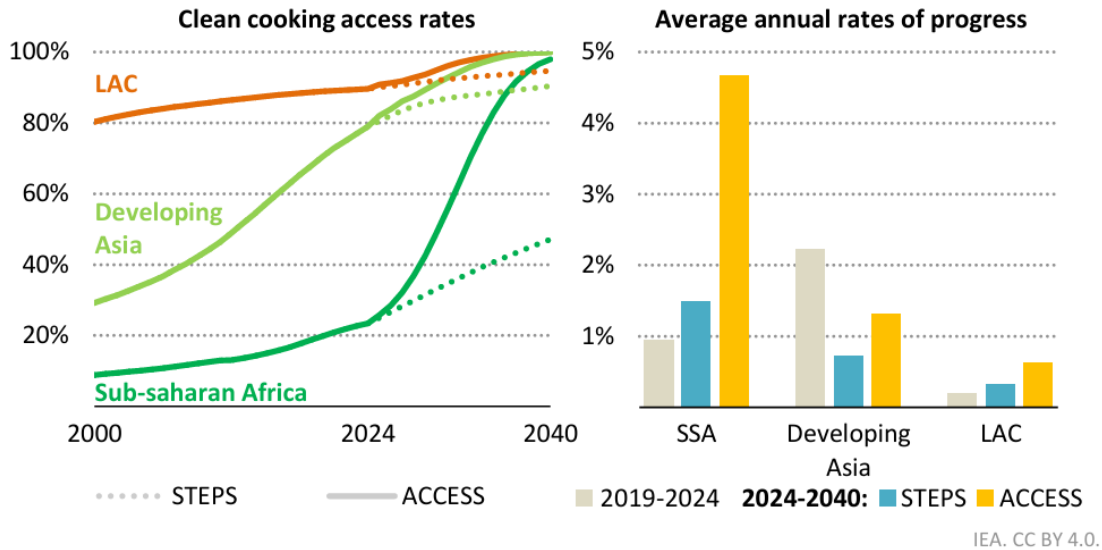
Οι πολιτικές παρεμβάσεις διαφοροποιούν αισθητά τα σενάρια. Στο σενάριο STEPS, οι υφιστάμενες δεσμεύσεις οδηγούν σε επιτάχυνση της προόδου μειώνοντας τον αριθμό των ανθρώπων χωρίς πρόσβαση έως το 2030. Ωστόσο στο σενάριο CPS οι δημοσιονομικοί περιορισμοί και το υψηλό κόστος χρηματοδότησης αφήνουν περίπου 200 εκατομμύρια περισσότερους ανθρώπους χωρίς πρόσβαση σε σύγκριση με το STEPS έως το 2030.

Το ειδικό σενάριο ACCESS του IEA καταδεικνύει το πόσο εφικτή είναι η καθολική πρόσβαση έως το 2040, υπό την προϋπόθεση ότι 130 εκατομμύρια άνθρωποι θα αποκτούν πρόσβαση ετησίως. Απαιτούνται, λοιπόν, σημαντικές επενδύσεις, με το επίκεντρο να μετατοπίζεται από την Ασία στην Υποσαχάρια Αφρική. Στο πλαίσιο αυτό, το υγραέριο (LPG) αναμένεται να καλύψει το 63% της νέας πρόσβασης, ενώ ενισχύεται ο ρόλος του ηλεκτρικού μαγειρέματος και των βιοκαυσίμων.

Παρότι η πρόσβαση στον ηλεκτρισμό βελτιώθηκε τις προηγούμενες δεκαετίες, η πανδημία και η ενεργειακή κρίση επιβράδυναν τον ρυθμό προόδου. Σήμερα, το 80% όσων παραμένουν χωρίς ηλεκτροδότηση ζει στην Αφρική, όπου οι οικονομικοί περιορισμοί εμποδίζουν την ανάπτυξη των δικτύων.

Οι πρόσφατες πολιτικές πρωτοβουλίες βελτιώνουν μερικώς τις προοπτικές. Περίπου 60% των ανθρώπων χωρίς πρόσβαση ζουν σε χώρες που υιοθέτησαν νέα μέτρα ηλεκτροδότησης το 2024–2025. Στο STEPS, ο αριθμός των ανθρώπων χωρίς ρεύμα μειώνεται περισσότερο σε σχέση με το CPS, αλλά η καθολική πρόσβαση δεν επιτυγχάνεται ούτε έως το 2030 ούτε έως τα μέσα του αιώνα.

Το σενάριο ACCESS υποστηρίζει ότι η καθολική πρόσβαση μπορεί να επιτευχθεί εντός μιας δεκαετίας, αν διατηρηθούν ταχύτατοι ρυθμοί, μέσω ενός συνδυασμού κεντρικών δικτύων, μικροδικτύων (mini-grids) και αυτόνομων συστημάτων. Η πρόκληση δεν είναι μόνο τεχνική, αλλά απαιτεί τη δημιουργία σταθερών ρυθμιστικών πλαισίων και μηχανισμών χρηματοδότησης που θα διασφαλίζουν την προσιτότητα της ενέργειας για τα πιο ευάλωτα νοικοκυριά. Η πρόκληση για την επίτευξη της καθολικής πρόσβασης και η σύγκριση των διαφορετικών σεναρίων πολιτικής αποτυπώνονται στο **Σχήμα 11**.



Σχήμα 11. Πληθυσμός χωρίς πρόσβαση σε ηλεκτρισμό και καθαρά μέσα μαγειρέματος ανά σενάριο.

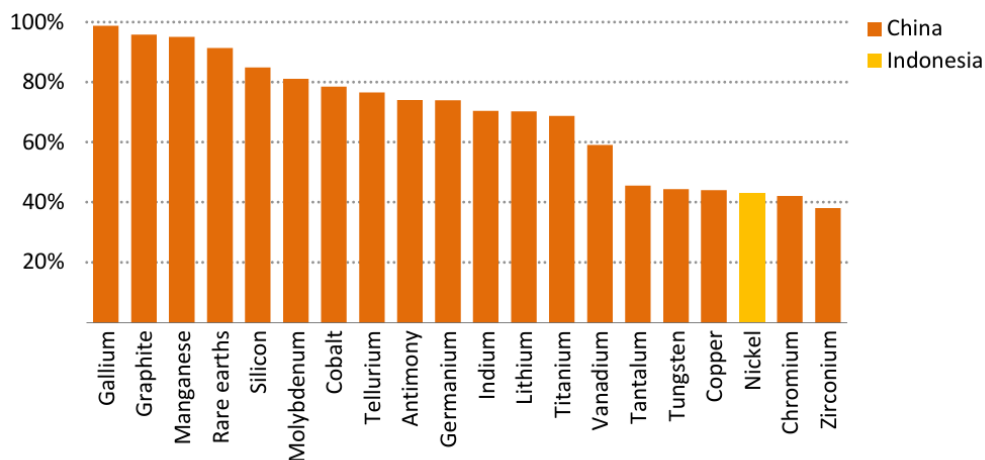
9. Κρίσιμα Ορυκτά και Νέες Προκλήσεις στην Ενεργειακή Ασφάλεια

9.1 Μετάβαση από τα Καύσιμα στα Κρίσιμα Ορυκτά

Καθώς η παγκόσμια οικονομία εισέρχεται στην «Εποχή του Ηλεκτρισμού», η έννοια της ενεργειακής ασφάλειας μετασχηματίζεται. Η παραδοσιακή ανησυχία για την επάρκεια των υδρογονανθράκων συμπληρώνεται πλέον από την ανάγκη διασφάλισης των εφοδιαστικών αλυσίδων για κρίσιμα ορυκτά, όπως το λίθιο, ο χαλκός και το κοβάλτιο. Τα υλικά αυτά είναι απαραίτητα για την κατασκευή δικτύων, μπαταριών, φωτοβολταϊκών και τεχνολογιών AI, καθιστώντας τα κρίσιμα σημεία της σύγχρονης βιομηχανικής παραγωγής.

Η παραγωγή και, κυρίως, η διύλιση και μεταποίηση αυτών των ορυκτών παρουσιάζουν υψηλό βαθμό γεωγραφικής συγκέντρωσης, με την Κίνα να κυριαρχεί τόσο στα κρίσιμα ορυκτά όσο και στις αλυσίδες εφοδιασμού ενεργειακών τεχνολογιών. Η υψηλή γεωγραφική συγκέντρωση στην επεξεργασία των στρατηγικών ορυκτών, αποτυπώνεται στο **Σχήμα 12**. Η εξάρτηση αυτή δημιουργεί γεωπολιτικούς κινδύνους, καθώς περιορισμοί στις εξαγωγές ή διαταραχές στην προσφορά μπορούν να έχουν δυσανάλογα μεγάλες επιπτώσεις στο κόστος και τον ρυθμό της ενεργειακής μετάβασης. Σύμφωνα με τα σενάρια του IEA, η διαφοροποίηση των πηγών εφοδιασμού παραμένει περιορισμένη έως το 2035, ενώ τα ρίσκα εντείνονται στο NZE λόγω της ταχύτερης αύξησης της ζήτησης.

Οι πρόσφατοι έλεγχοι των εξαγωγών καθιστούν αυτούς τους κινδύνους άμεσους, με ήδη ορατές επιπτώσεις στη βιομηχανική παραγωγή παγκοσμίως. Ακόμη και μικρές διαταραχές στην προσφορά μπορούν να έχουν δυσανάλογα μεγάλες συνέπειες, καθιστώντας επιτακτική την ενίσχυση της ανθεκτικότητας και τη μακροπρόθεσμη διαφοροποίηση των εφοδιαστικών αλυσίδων.



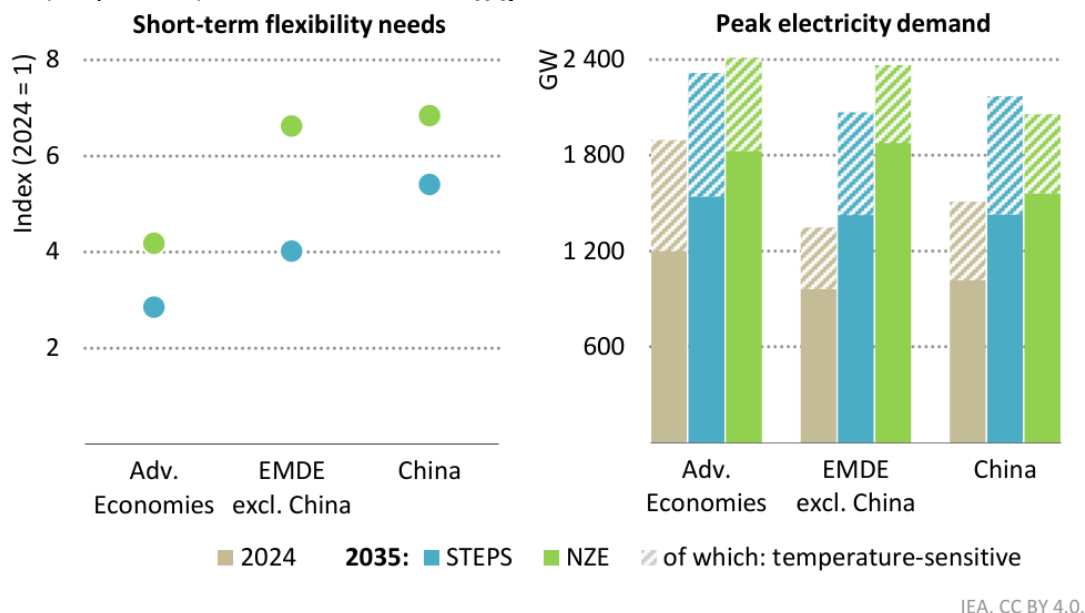
IEA. CC BY 4.0.

Σχήμα 12. Μερίδιο των κυριότερων χωρών στη διύλιση κρίσιμων ορυκτών.

9.2 Ηλεκτρική Ασφάλεια και Ευελιξία του Συστήματος

Η αυξανόμενη εξάρτηση των κοινωνιών από τον ηλεκτρισμό καθιστά την αξιοπιστία των συστημάτων κύρια προτεραιότητα. Οι διακοπές ρεύματος έχουν πλέον υψηλό οικονομικό και κοινωνικό κόστος, καθώς επηρεάζουν από τις μεταφορές έως τις ψηφιακές υποδομές. Η ζήτηση αιχμής ¹ αναμένεται να αυξηθεί έως και 40% μέχρι το 2035, στο σενάριο STEPS, ενώ η ταχεία διεύθυνση μεταβλητών ΑΠΕ απαιτεί νέα εργαλεία ευελιξίας.

Η ευελιξία καθίσταται κεντρικό στοιχείο της ηλεκτρικής ασφάλειας, ιδιαίτερα στο NZE, όπου οι ανάγκες βραχυχρόνιας ευελιξίας αυξάνονται πολύ ταχύτερα από τη συνολική ζήτηση. Οι συμβατικές μονάδες παραμένουν κρίσιμες, αλλά ο ρόλος τους μετατοπίζεται από τη βασική παραγωγή στην παροχή ισχύος και ευελιξίας, ενώ οι μπαταρίες αναμένεται να παρέχουν το μεγαλύτερο μέρος της απαραίτητης βραχυπρόθεσμης ευελιξίας έως το 2035. Η ραγδαία αύξηση των αναγκών για βραχυπρόθεσμη ευελιξία σε σχέση με τη συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται αναλυτικά στο **Σχήμα 13**.



Σχήμα 13. Ανάγκες βραχυπρόθεσμης ευελιξίας και αιχμή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ανά σενάριο.

9.3 Κλιματικοί Κίνδυνοι και Υποδομές

Η ενεργειακή ασφάλεια απειλείται ολοένα και περισσότερο από την ίδια την κλιματική αλλαγή. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα προκαλούν συχνότερες διαταραχές στις ενεργειακές υποδομές, με τα δίκτυα να αντιπροσωπεύουν το 85% των ζημιών από φυσικές καταστροφές. Η ξηρασία

¹ Η ζήτηση αιχμής είναι η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς που ζητά το σύστημα σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή μέσα σε μια περίοδο.

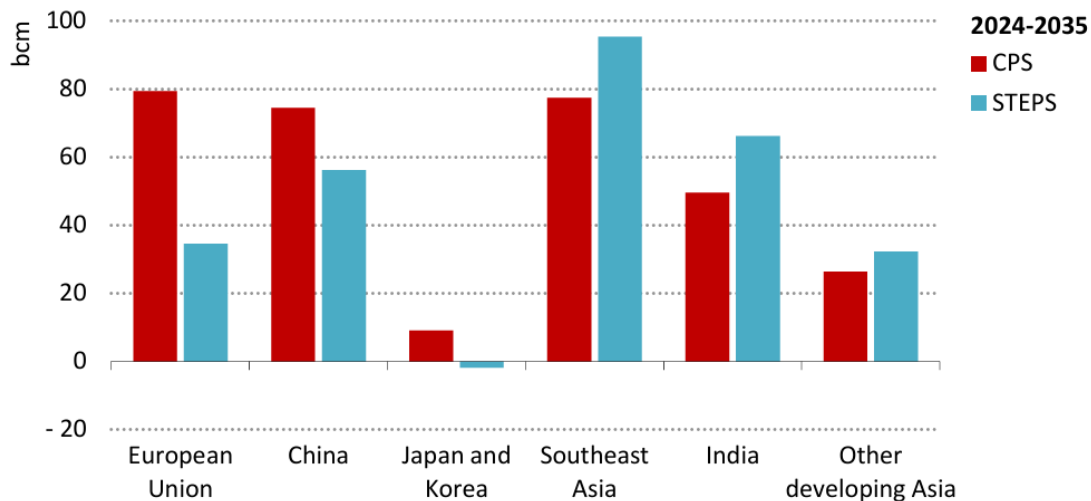
και οι καύσωνες δεν επιβαρύνουν μόνο την παραγωγή, αλλά αυξάνουν ταυτόχρονα τη ζήτηση για κλιματισμό, πιέζοντας τα συστήματα στα όριά τους και αυξάνουν το κόστος και τον κίνδυνο διακοπών σε ολόένα και πιο εξηλεκτρισμένες και ψηφιοποιημένες οικονομίες.

Παρά την έμφαση στις νέες προκλήσεις, η ασφάλεια εφοδιασμού σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο παραμένει κρίσιμη, ειδικά για την Ευρώπη και την Ασία που εξαρτώνται από εισαγωγές. Η φυσική εξάντληση των κοιτασμάτων και οι γεωπολιτικές αναταράξεις σε κρίσιμα θαλάσσια περάσματα υπογραμμίζουν ότι η ενεργειακή μετάβαση δεν εξαλείφει τους παλιούς κινδύνους, αλλά προσθέτει νέα επίπεδα πολυπλοκότητας που απαιτούν περαιτέρω σχεδιασμό.

10. Η Σημασία Του LNG Στο Παγκόσμιο Ενεργειακό Σύστημα

10.1 Παγκόσμια Διαθεσιμότητα και Ζήτηση LNG

Παρά τη σταδιακή απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) διατηρεί κεντρικό ρόλο στην ενεργειακή ασφάλεια και την ευελιξία των συστημάτων. Από το 2015, το LNG έχει διευρύνει σημαντικά την παγκόσμια αγορά αερίου, προσφέροντας εναλλακτικές οδούς εφοδιασμού. Η παγκόσμια προσφορά αναμένεται να αυξηθεί κατά 50% έως το 2030, κυρίως λόγω της επέκτασης των υποδομών στις Ηνωμένες Πολιτείες και το Κατάρ, δημιουργώντας νέα δεδομένα για τη διαθεσιμότητα και τις τιμές. Η μεταβολή της ζήτησης LNG στις κυριότερες αγορές της Ευρώπης και της Ασίας, η οποία θα καθορίσει την απορρόφηση της νέας προσφοράς, απεικονίζεται στο **Σχήμα 14**.



IEA. CC BY 4.0.

Σχήμα 14. Μεταβολή της ζήτησης LNG στην Ευρωπαϊκή Ένωση και την Ασία ανά σενάριο.

Η απορρόφηση αυτής της πρόσθετης δυναμικότητας διαφοροποιείται ανά σενάριο. Στο σενάριο CPS, η υψηλή ζήτηση από την Κίνα, την Ευρώπη και την Ιαπωνία απορροφά σχεδόν πλήρως την προσφορά, διατηρώντας τις τιμές σε υψηλά επίπεδα. Αντίθετα, οι φτωχότερες χώρες δυσκολεύονται να ανταγωνιστούν λόγω κόστους, γεγονός που περιορίζει την πρόσβασή τους στο LNG. Στο σενάριο STEPS, η ραγδαία ανάπτυξη των ΑΠΕ οδηγεί σε πλεονάζουσα δυναμικότητα και χαμηλότερες τιμές έως το 2030. Στο σενάριο NZE, η δραστική μείωση της χρήσης αερίου καθιστά πολλά νέα έργα LNG περιττά, οδηγώντας σε χαμηλή αξιοποίηση της δυναμικότητας και σε πιθανές αναστολές έργων ή μετατροπές τους για χρήση με καύσιμα χαμηλών εκπομπών, όπως το υδρογόνο.

10.2 Τάσεις Ζήτησης σε Ευρώπη, Ασία και Αναδυόμενες Οικονομίες

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, μετά τη δραστική μείωση των εισαγωγών φυσικού αερίου από τη Ρωσία, αύξησε σημαντικά τις εισαγωγές LNG, συνδυάζοντας την ενεργειακή ασφάλεια με τον μακροπρόθεσμο στόχο για μηδενικές εκπομπές. Παρότι η συνολική ζήτηση αερίου στην Ευρώπη μειώνεται, το LNG παραμένει απαραίτητο για τη σταθερότητα του συστήματος και την κάλυψη εποχικών αναγκών. Στο CPS, οι εισαγωγές LNG αυξάνονται κατά περίπου 80 bcm έως το 2035, ενώ στο STEPS η αντίστοιχη αύξηση περιορίζεται στα 35 bcm.

Στην Ασία, η Κίνα διαδραματίζει πρωταγωνιστικό ρόλο, έχοντας απορροφήσει το 35% της αύξησης της παγκόσμιας προσφοράς LNG από το 2015. Η ζήτηση εκεί εξαρτάται από την πορεία του εξηλεκτρισμού και την εγχώρια παραγωγή. Αντίστοιχα, στην Ιαπωνία και τη Νότια Κορέα, που εξαρτώνται σχεδόν πλήρως από το LNG, η μελλοντική κατανάλωση επηρεάζεται από την επαναλειτουργία πυρηνικών σταθμών και τη διείσδυση των ΑΠΕ, με σχετικά περιορισμένες διαφοροποιήσεις μεταξύ των σεναρίων. Τέλος, στις αναδυόμενες οικονομίες της Νοτιοανατολικής Ασίας και την Ινδία, οι προοπτικές ανάπτυξης του LNG είναι σημαντικές, αλλά παραμένουν άμεσα συνδεδεμένες με την ανταγωνιστικότητα των τιμών και τη διαθεσιμότητα των απαραίτητων υποδομών.

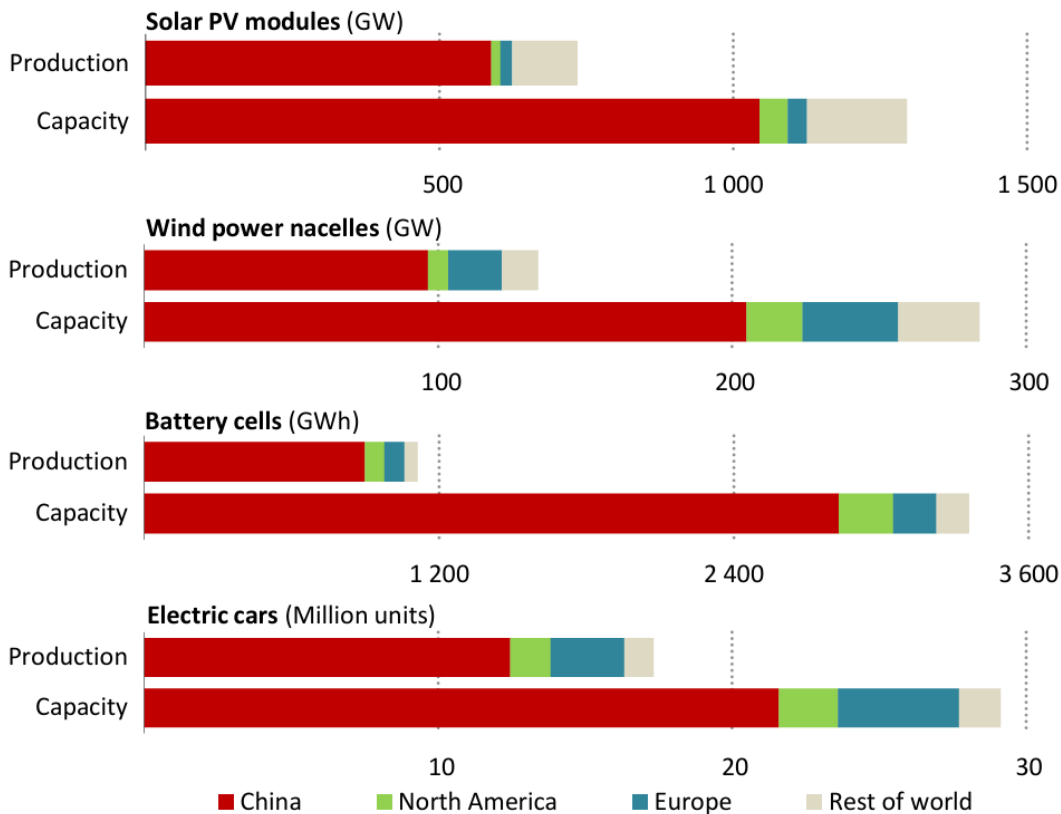
Σε ένα περιβάλλον πλεονάσματος LNG, όπως στο STEPS, ορισμένοι εξαγωγείς δυσκολεύονται να καλύψουν το πλήρες κόστος παραγωγής, οδηγώντας σε μείωση της οικονομικής αξίας ορισμένων έργων. Οι Ηνωμένες Πολιτείες, ως ο πιο ευέλικτος προμηθευτής, αντιμετωπίζουν ιδιαίτερα αυτόν τον κίνδυνο. Παράλληλα, η χαμηλότερη αξιοποίηση της δυναμικότητας επηρεάζει και άλλους εξαγωγείς, καθώς παλαιότερες συμβάσεις δεν ανανεώνονται και ορισμένες εγκαταστάσεις οδηγούνται σε συντήρηση ή ανακαίνιση.

11. Παραγωγική Ικανότητα Καθαρών Τεχνολογιών Και Αξιοποίησή Της

11.1 Τρέχουσα Κατάσταση και Παραγωγική Δυναμικότητα

Τα τελευταία έτη καταγράφεται μια εντυπωσιακή αύξηση της παγκόσμιας παραγωγικής ικανότητας για βασικές τεχνολογίες καθαρής ενέργειας, με επίκεντρο τα φωτοβολταϊκά και τις μπαταρίες. Η εξέλιξη αυτή είναι ιδιαίτερα έντονη στην Κίνα, όπου η διαθέσιμη δυναμικότητα υπερβαίνει σημαντικά την τρέχουσα παγκόσμια ζήτηση. Δεδομένου ότι η εγχώρια αγορά απορροφά μεγάλο μέρος της παραγωγής, το κατά πόσο αυτή η πλεονάζουσα δυναμικότητα θα αξιοποιηθεί διεθνώς αποκτά καθοριστική σημασία για την πορεία της ενεργειακής μετάβασης. Η παραγωγική ικανότητα σε σχέση με την τρέχουσα παγκόσμια παραγωγή αποτυπώνεται στο **Σχήμα 15**.

Τόσο στο STEPS όσο και στο CPS, η Κίνα διατηρεί ισχυρή δυναμική στις καθарές ενεργειακές τεχνολογίες, χαμηλό κόστος παραγωγής, την ανεπτυγμένη βιομηχανική βάση και τη συνεχή κρατική υποστήριξη, με τις εξαγωγές της να έχουν τετραπλασιαστεί από το 2019. Ωστόσο, η κυριαρχία της Κίνας στην παραγωγή και το αυξανόμενο εμπορικό της πλεόνασμα εντείνουν τις ανησυχίες άλλων χωρών. Σε κλάδους όπως τα φωτοβολταϊκά, οι τιμές έχουν υποχωρήσει σε επίπεδα που αμφισβητούν τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των επιχειρήσεων, οδηγώντας στη δημιουργία εμπορικών φραγμών αλλά και σε αυξημένες κινεζικές επενδύσεις στο εξωτερικό για την παράκαμψη αυτών των εμποδίων.



Σχήμα 15. Παγκόσμια παραγωγική ικανότητα και παραγωγή για επιλεγμένες καθαρές ενεργειακές τεχνολογίες ανά περιοχή.

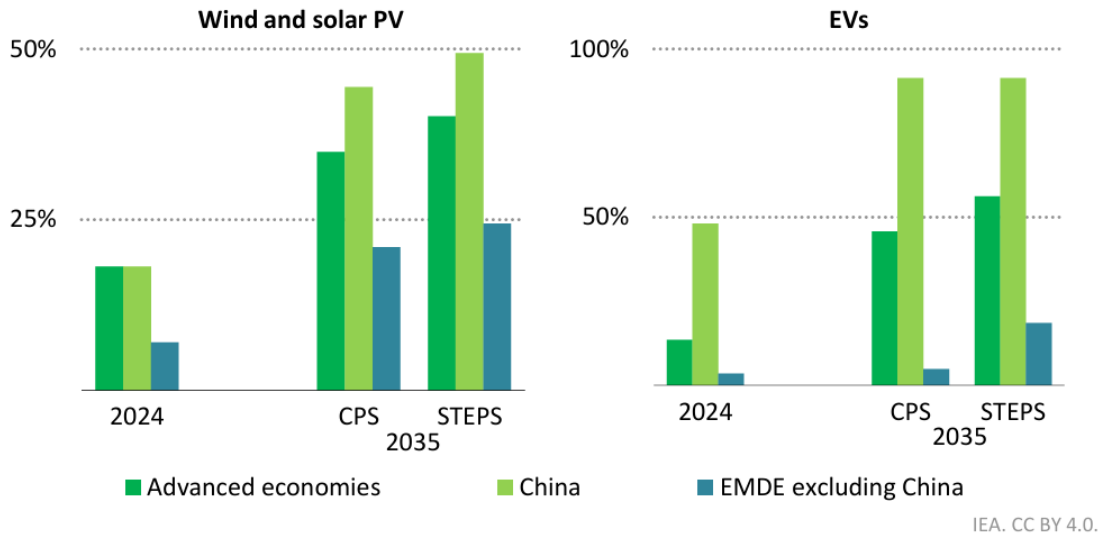
11.2 Προϋποθέσεις Αξιοποίησης και Πολιτικό Πλαίσιο

Η επιτυχία της ενεργειακής μετάβασης δεν εξαρτάται μόνο από τη διαθεσιμότητα των τεχνολογιών, αλλά και από την ύπαρξη ισχυρών και συνεκτικών πολιτικών πλαισίων και υποδομών. Αποκεντρωμένες λύσεις, όπως τα φωτοβολταϊκά στέγης, βελτιώνουν την πρόσβαση στην ενέργεια, ωστόσο η πλήρης αξιοποίησή τους απαιτεί οικονομικά βιώσιμες εταιρείες διανομής και επαρκή ηλεκτρικά δίκτυα. Κρίσιμο ερώτημα αποτελεί επίσης, το κατά πόσο οι διεθνείς αγορές θα παραμείνουν ανοικτές στο εμπόριο και τις επενδύσεις καθαρών τεχνολογιών και αν οι εθνικές πολιτικές μπορούν να προσαρμοστούν ώστε να στηρίξουν μεταβάσεις που βασίζονται σε ώριμες και ανταγωνιστικές λύσεις.

Στο σενάριο CPS, οι εμπορικοί περιορισμοί επιβραδύνουν τη διάδοση των νέων τεχνολογιών, ενώ στο σενάριο STEPS οι περιορισμοί είναι ηπιότεροι, επιτρέποντας τη δημιουργία πιο διαφοροποιημένων αλυσίδων αξίας. Αντίθετα, στο σενάριο NZE, η υφιστάμενη παραγωγική δυναμικότητα αξιοποιείται στο έπακρο για την επίτευξη των κλιματικών στόχων.

Η αιολική και η ηλιακή ενέργεια αναμένεται να αυξήσουν σημαντικά το μερίδιό τους στην παγκόσμια ηλεκτροπαραγωγή, προσεγγίζοντας το 40% έως το 2035 στο σενάριο STEPS. Η

δυναμική αυτή ενισχύεται από μεταρρυθμίσεις στα δίκτυα και επενδύσεις στην αποθήκευση. Παράλληλα, τα ηλεκτρικά οχήματα συνεχίζουν τη ραγδαία διείσδυσή τους στην Κίνα και τις ανεπτυγμένες χώρες, αν και στις υπόλοιπες αναδυόμενες αγορές η πρόοδος παραμένει πιο περιορισμένη στο CPS, λόγω της απουσίας σταθερών πολιτικών στήριξης. Η δυναμική αύξηση του μεριδίου της αιολικής και ηλιακής ενέργειας, καθώς και η διείσδυση της ηλεκτροκίνησης ανά σενάριο, απεικονίζονται στο **Σχήμα 16**.



Σχήμα 16. Μεριδίο αιολικής και ηλιακής ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή και πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων ανά σενάριο.

12. Επενδυτικά Κενά και Προκλήσεις

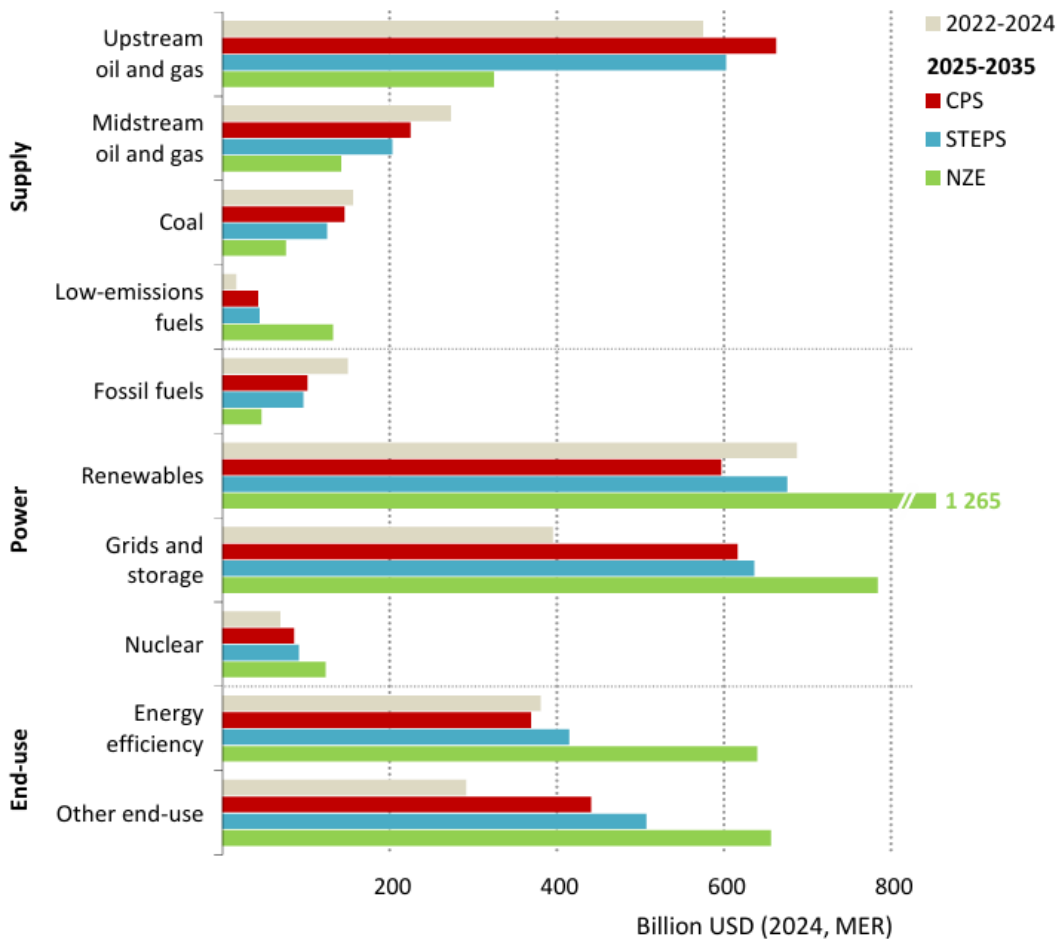
12.1 Τομείς Επενδυτικής Υστέρησης

Καθώς η ενεργειακή μετάβαση επιταχύνεται, η προσοχή στρέφεται ολοένα και περισσότερο στον ρόλο των επενδύσεων. Η κατεύθυνση και η κατανομή του παγκόσμιου επενδυτικού κεφαλαίου καθίστανται καθοριστικοί παράγοντες για την ταχύτητα και τη βιωσιμότητά της. Η σύγκριση των σημερινών επιπέδων επενδύσεων στον ενεργειακό τομέα με τις μελλοντικές ανάγκες αποκαλύπτει τρεις βασικές περιοχές ανησυχίας, όπου τα επενδυτικά κενά παραμένουν σημαντικά.

Η πρώτη αφορά την ενεργειακή απόδοση. Παρά τον κομβικό της ρόλο στη μείωση της ζήτησης, του κόστους ενέργειας και των εκπομπών, οι επενδύσεις στον τομέα αυτό έχουν επιβραδυνθεί. Η υστέρηση αυτή αποδίδεται κυρίως στην έλλειψη αυστηρών προτύπων και στα ανεπαρκή ρυθμιστικά πλαίσια.

Η δεύτερη ανησυχία σχετίζεται με τις επενδύσεις στα δίκτυα και την ασφάλεια ηλεκτροδότησης. Ενώ οι επενδύσεις στην ηλεκτροπαραγωγή αυξάνονται, οι δαπάνες για υποδομές μεταφοράς και διανομής δεν ακολουθούν τον ίδιο ρυθμό. Οι καθυστερήσεις στις αδειοδοτήσεις και οι ελλείψεις σε εξοπλισμό δημιουργούν σημεία συμφόρησης, υπονομεύοντας την αξιοπιστία των συστημάτων.

Η τρίτη αφορά τις επενδύσεις που απαιτούνται για τη στήριξη ταχύτερων ενεργειακών μεταβάσεων. Η επίτευξη μηδενικών εκπομπών προϋποθέτει σημαντικά υψηλότερες αρχικές επενδύσεις σε ΑΠΕ, εξηλεκτρισμό και καύσιμα χαμηλών εκπομπών, με στόχο τη δραστική μείωση των λειτουργικών δαπανών σε βάθος χρόνου. Το κενό ανάμεσα στις τρέχουσες επενδύσεις και τις απαιτήσεις για τη διασφάλιση της ενεργειακής ασφάλειας και τη μετάβαση σε μηδενικές εκπομπές αποτυπώνεται στο **Σχήμα 17**.



IEA. CC BY 4.0.

Σχήμα 17. Μέσες ετήσιες επενδύσεις σε ενεργειακό εφοδιασμό και τελικές χρήσεις ανά σενάριο.

12.2 Κατανομή Κεφαλαίων σε Συμβατικές και Νέες Πηγές

Σε αντίθεση με τα κενά στις καθαρές τεχνολογίες, οι επενδύσεις στους υδρογονάνθρακες, όπως πετρέλαιο και φυσικό αέριο, εμφανίζονται επαρκείς για την κάλυψη των αναγκών των σεναρίων CPS και STEPS. Στα σενάρια αυτά, το μεγαλύτερο μέρος των κεφαλαίων κατευθύνεται στη διατήρηση της παραγωγής από υφιστάμενα κοιτάσματα.

Παράλληλα, αναδύεται η επιτακτική ανάγκη για ενίσχυση των επενδύσεων στην εξόρυξη και επεξεργασία κρίσιμων ορυκτών. Ακόμη και σε σενάρια περιορισμένης εξορυκτικής δραστηριότητας, η ραγδαία ζήτηση για μέταλλα όπως το λίθιο και ο χαλκός απαιτεί συνεχή ροή κεφαλαίων για τη διασφάλιση της παγκόσμιας εφοδιαστικής αλυσίδας. Σε όλες τις περιπτώσεις, καταγράφεται επίσης μια αυξανόμενη ανάγκη για επενδύσεις στον πυρηνικό τομέα, ως σταθερή πηγή ενέργειας χαμηλών εκπομπών.

13. Συμπεράσματα Και Ευκαιρίες

Καθίσταται σαφές ότι το παγκόσμιο ενεργειακό σύστημα εισέρχεται σε μια περίοδο βαθιάς μετάβασης, η οποία δεν καθορίζεται πλέον μονοδιάστατα από έναν και μόνο άξονα, όπως η απανθρακοποίηση. Η σύγχρονη ενεργειακή πολιτική καλείται να εξισορροπήσει τρεις συχνά συγκρουόμενες προτεραιότητες, την ενεργειακή ασφάλεια, την οικονομική προσιτότητα και την κλιματική βιωσιμότητα. Οι τρέχουσες επιλογές διαμορφώνουν όχι μόνο την πορεία των εκπομπών, αλλά και άλλες πτυχές που θα συμβάλλουν στην ενεργειακή μετάβαση.

Η ανάλυση των σεναρίων CPS, STEPS και NZE υπογραμμίζει ότι η ζήτηση για ενεργειακές υπηρεσίες θα συνεχίσει να αυξάνεται, κυρίως λόγω της οικονομικής ανάπτυξης, της αστικοποίησης και της ταχείας εξάπλωσης νέων τεχνολογιών, όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη. Η κύρια διαφορά μεταξύ των σεναρίων δεν εντοπίζεται στον όγκο της απαιτούμενης ενέργειας, αλλά στον τρόπο παραγωγής της και στο επίπεδο της ενεργειακής αποδοτικότητας με το οποίο ικανοποιούνται οι παγκόσμιες ανάγκες.

Ο ηλεκτρισμός αναδεικνύεται στον κύριο άξονα της οικονομικής δραστηριότητας και της ενεργειακής μετάβασης. Ενώ η τάση αυτή προσφέρει σημαντικές ευκαιρίες για τη διεύρυνση των ΑΠΕ, ταυτόχρονα δημιουργεί κρίσιμες προκλήσεις για την αξιοπιστία και την ανθεκτικότητα των ηλεκτρικών συστημάτων. Παρά τη μείωση του κόστους των καθαρών τεχνολογιών, η ταχύτητα της μετάβασης στα σεναρία CPS και STEPS παραμένει ανεπαρκής για την επίτευξη των στόχων της Συμφωνίας του Παρισιού, οδηγώντας σε προβλεπόμενες αυξήσεις θερμοκρασίας άνω των 2,5°C.

Η έννοια της ενεργειακής ασφάλειας έχει διευρυνθεί, περιλαμβάνοντας πλέον την εξάρτηση από τα κρίσιμα ορυκτά, τη συγκέντρωση των εφοδιαστικών αλυσίδων και την ανθεκτικότητα των υποδομών απέναντι σε ακραία καιρικά φαινόμενα. Η μετάβαση προς καθαρότερες πηγές ενέργειας δεν εξαλείφει τους κινδύνους, αλλά τους μετασχηματίζει, απαιτώντας νέα εργαλεία διαχείρισης.

Στο πλαίσιο αυτό, προκύπτουν σημαντικές επενδυτικές και πολιτικές ευκαιρίες. Η επιτάχυνση της ενεργειακής αποδοτικότητας, ο εκσυγχρονισμός των δικτύων και η διαφοροποίηση των εφοδιαστικών αλυσίδων αποτελούν τα κλειδιά για μια ομαλή και δίκαιη μετάβαση. Το ενεργειακό μέλλον δεν είναι προκαθορισμένο, αλλά αποτελεί προϊόν στρατηγικών επιλογών που θα καθορίσουν την ανθεκτικότητα της παγκόσμιας οικονομίας και την προστασία του κλίματος.

14. Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1. Σύγκριση της συνολικής ενεργειακής ζήτησης και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ανά σενάριο έως το 2035.	8
Σχήμα 2. Προβλεπόμενη ζήτηση ορυκτών καυσίμων και τα σημεία κορύφωσης για τον άνθρακα, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.	9
Σχήμα 3. Τροχιές εκπομπών CO ₂ ανά περιοχή και ενεργειακό σενάριο.	11
Σχήμα 4. Παγκόσμια άνοδος της θερμοκρασίας και απαιτούμενες ετήσιες μειώσεις εκπομπών ανά σενάριο.	12
Σχήμα 5. Βασικοί δείκτες της ενεργειακής μετάβασης στο σενάριο NZE.	13
Σχήμα 6. Μεταβολή της τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα και περιοχή.	14
Σχήμα 7. Ανάλυση του κόστους των ηλεκτρικών συστημάτων ανά συνιστώσα.	17
Σχήμα 8. Εξέλιξη των συνολικών ενεργειακών δαπανών των νοικοκυριών ανά σενάριο έως το 2050.	18
Σχήμα 9. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε κέντρα δεδομένων και το μερίδιο της AI στη συνολική αύξηση της ζήτησης έως το 2030.	19
Σχήμα 10. Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας μέσω εφαρμογών Τεχνητής Νοημοσύνης σε διάφορους τομείς έως το 2035.	20
Σχήμα 11. Πληθυσμός χωρίς πρόσβαση σε ηλεκτρισμό και καθαρά μέσα μαγειρέματος ανά σενάριο.	22
Σχήμα 12. Μερίδιο των κυριότερων χωρών στη διύλιση στρατηγικών ορυκτών.	23
Σχήμα 13. Ανάγκες βραχυπρόθεσμης ευελιξίας και αιχμή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ανά σενάριο.	24
Σχήμα 14. Μεταβολή της ζήτησης LNG στην Ευρωπαϊκή Ένωση και την Ασία ανά σενάριο.	26
Σχήμα 15. Παγκόσμια παραγωγική ικανότητα και παραγωγή για επιλεγμένες καθαρές ενεργειακές τεχνολογίες ανά περιοχή.	29
Σχήμα 16. Μερίδιο αιολικής και ηλιακής ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή και πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων ανά σενάριο.	30
Σχήμα 17. Μέσες ετήσιες επενδύσεις σε ενεργειακό εφοδιασμό και τελικές χρήσεις ανά σενάριο.	32