

Κεφάλαιο 4

Προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών*

4.1 Στόχοι για τη μείωση των εκπομπών σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και ελληνικό επίπεδο

4.1.1 Το διεθνές και το ευρωπαϊκό πλαίσιο – κλιματική αλλαγή

Κατά τη διάσκεψη της Κοπεγχάγης το Νοέμβριο του 2009 για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, τα κράτη-μέλη του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών έθεσαν στόχο τον περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας κατά 2 °C σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή. Ο στόχος αυτός είναι δυνατόν να επιτευχθεί εφόσον η συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σταθεροποιηθεί στα 450 ppm.¹ Αυτό σημαίνει ότι, παγκοσμίως, το επίπεδο των εκπομπών πρέπει να μειωθεί δραστικά, ώστε μέχρι το 2050 να περιοριστεί στο 50% περίπου του αντίστοιχου επιπέδου του 1990.

Ο επιμερισμός του παγκόσμιου αυτού στόχου κατά περιοχή δεν είναι δυνατόν να είναι ισομερής. Λαμβανομένης υπόψη της τάσης για σημαντική αύξηση των εκπομπών από τις αναπτυσσόμενες οικονομίες (Κίνα, Ινδία, κ.λπ.), η ανάλυση με παγκόσμια ενεργειακά πρότυπα (Prometheus του ΕΜΠ-Ε3MLab, POLES του IPTS και WEO του IEA) δείχνει ότι η υποχρέωση μείωσης των εκπομπών από τις χώρες του ΟΟΣΑ πρέπει να διαμορφωθεί στο 80% το 2050 συγκριτικά με το 1990. Η ανάλυση δείχνει επίσης ότι για την επίτευξη του στόχου οι αναπτυσσόμενες οικονομίες πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές κατά 25% το 2050 από το επίπεδο εκπομπών του 1990, στόχος που αντιστοιχεί σε μείωση κατά περίπου 80% από τις εκπομπές τους το 2050 στο πλαίσιο των τρεχουσών τάσεων ανάπτυξης.

Επομένως για την Ευρωπαϊκή Ένωση τίθεται ως στόχος η μείωση κατά 80% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου το 2050 σε σύγκριση με το επίπεδο του 1990. Προκύπτει επίσης ενδιάμεσος στόχος μείωσης των εκπομπών κατά 40% το 2030 έναντι του 1990. Η μείωση αυτή πρέπει να επιτευχθεί εντός της Ευρώπης. Με τη χρήση του ενεργειακού προτύπου PRIMES (ΕΜΠ-Ε3MLab), η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προσδιόρισε το 2010 μια οικονομικά βέλτιστη κατα-

* Συντάχθηκε από το εργαστήριο Ε3MLab του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με επιστημονικό υπεύθυνο τον Καθηγητή Παντελή Κάπρο. Στη μελέτη συμμετείχαν οι ερευνητές Νίκος Τασιάς, Ξένια Χανιώτη και Νίκος Κουβαριτάκης.

¹ Εκατομμυριοστό.

νομή της προσπάθειας μείωσης των εκπομπών κατά χώρα-μέλος. Έτσι, προέκυψε για την Ελλάδα στόχος μείωσης των εκπομπών κατά 70-75% το 2050 έναντι του 1990.

Δεδομένου ότι ο ενεργειακός τομέας ευθύνεται περίπου για το 80% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και ότι η δραστική μείωση των εκπομπών (μεθανίου) σε ορισμένους τομείς όπως ο αγροτικός είναι ιδιαίτερα δύσκολη, ο στόχος που τίθεται για τη μείωση των εκπομπών από τον τομέα της ενέργειας είναι τουλάχιστον ίσος με το γενικό στόχο, δηλαδή -80% μέχρι το 2050 και -40% μέχρι το 2030.

Επομένως, η μεγάλη πρόκληση για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου απευθύνεται στον ενεργειακό τομέα και επιβάλλει μεγάλες αλλαγές τόσο στην κατανάλωση όσο και στην παραγωγή ενέργειας.

4.1.2 Τάσεις στην παγκόσμια ενεργειακή αγορά υδρογονανθράκων

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι υποθέσεις σχετικά με τις μελλοντικές τιμές των υδρογονανθράκων στη διεθνή αγορά ενέργειας, αναλύεται, με το πρότυπο Prometheus (EMPI-E3MLab), η δυναμική εξέλιξη της προσφοράς και ζήτησης ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα.

Στο πλαίσιο της επιδίωξης για δραστική μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, θα υπάρξουν επιπτώσεις στις διεθνείς τιμές των υδρογονανθράκων, οι οποίες επίσης μελετώνται με το πρότυπο.

Η ανάλυση σχετικά με τα αποθέματα πετρελαίου σε συνδυασμό με την εξέλιξη της ζήτησης σε παγκόσμιο επίπεδο οδηγούν στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει μεσοπρόθεσμα να αναμένονται πιέσεις στην αγορά πετρελαίου αν συνεχιστούν οι σημερινές τάσεις. Η μείωση των αποθεμάτων και η προοπτική εξάντλησης του πετρελαίου είναι ορατά ενδεχόμενα σε ένα χρονικό ορίζοντα 30-40 ετών. Χωρίς εντατική εκμετάλλευση μη συμβατικών πετρελαϊκών αποθεμάτων, δεν θα μπορέσει να ισορροπήσει μακροχρόνια η διεθνής αγορά πετρελαίου παρά μόνο αν αυξηθεί σημαντικά η διεθνής τιμή του εν λόγω αγαθού. Παράλληλα, αναμένεται έντονη εξάρτηση από περιοχές γεωπολιτικά ευαίσθητες. Ενισχύεται επομένως η πρόβλεψη για σημαντική και συνεχή αύξηση των τιμών του πετρελαίου σε μέσο και μακρό χρονικό ορίζοντα.

Οι διαπιστώσεις αυτές για την αγορά πετρελαίου αναδεικνύουν το στόχο απεξάρτησης από το πετρέλαιο ως σημαντική προτεραιότητα της ενεργειακής στρατηγικής. Πρόκειται για στόχο που συνοδεύει την επιδίωξη της δραστικής μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα της ενέργειας. Με τη συστηματική μείωση των εκπομπών επιτυγχάνεται ταυτόχρονα μείωση της ζήτησης πετρελαίου σε παγκόσμια κλίμακα και εκτονώνονται οι πιέσεις στην αγορά, με αποτέλεσμα την πτώση των διεθνών τιμών του πετρελαίου.

Η ανάλυση σχετικά με τα αποθέματα φυσικού αερίου οδηγεί σε συμπεράσματα περισσότερο ευοίωνα, καθώς το χρονικό διάστημα μέχρι την πιθανή μείωση των δυνατοτήτων παραγωγής είναι σαφώς μεγαλύτερο από ό,τι αυτό για το πετρέλαιο. Η δυνατότητα εκμετάλλευσης μη συμ-

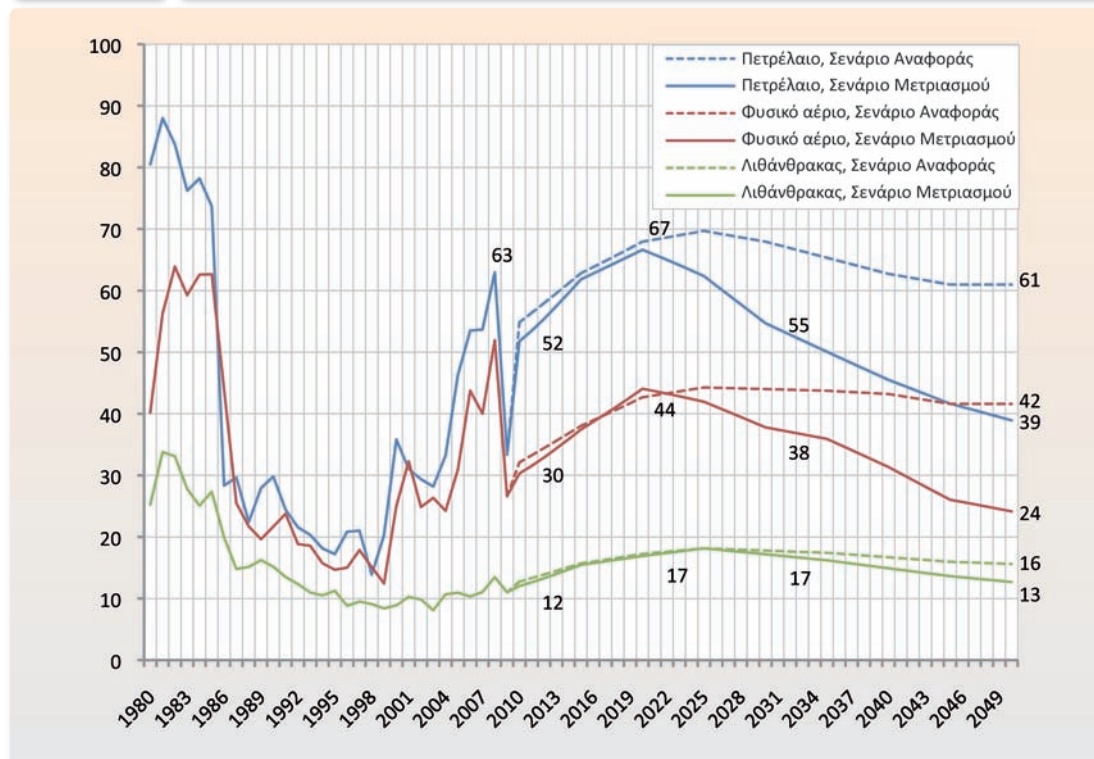
βατικών πηγών φυσικού αερίου, τόσο στις ΗΠΑ όσο και σε άλλες περιοχές, βελτιώνει ουσιαστικά τις προοπτικές επάρκειας σε φυσικό αέριο και εξηγεί τη μακροχρόνια σταθεροποίηση των τιμών του φυσικού αερίου.

Ωστόσο, παρά τις πιέσεις από την αγορά υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG), οι τιμές του οποίου γίνονται ιδιαίτερα ανταγωνιστικές βραχυχρόνια αλλά όχι μακροχρόνια, οι τιμές του φυσικού αερίου εξακολουθούν, σύμφωνα με την ανάλυση, να είναι συνδεδεμένες με αυτές του πετρελαίου. Επομένως, οι αναμενόμενες αυξήσεις των τιμών του πετρελαίου σε μέσο και μακρό χρονικό ορίζοντα στο πλαίσιο των τρεχουσών τάσεων ανάπτυξης θα οδηγήσουν σε παρόμοια αύξηση των τιμών του φυσικού αερίου.

Η Ευρώπη είναι γεωπολιτικά ευάλωτη σχετικά με την προμήθεια φυσικού αερίου, λόγω ανεπαρκούς διαφοροποίησης των πηγών προέλευσης των εισαγωγών και των διαδρομών μεταφοράς του αερίου, σε συνδυασμό με τη δραστική μείωση των αποθεμάτων της. Η ασφάλεια του εφοδιασμού σε φυσικό αέριο θα παραμείνει σημαντική προτεραιότητα της ενεργειακής στρατηγικής, ιδίως στο πλαίσιο εξέλιξης προς ενεργειακό σύστημα χαμηλών εκπομπών, δεδομένου ότι το φυσικό αέριο ως καύσιμο με σχετικά μικρό συντελεστή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αναμένεται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην πορεία αυτή.

Διάγραμμα 4.1

Προβλή στο μέλλον των διεθνών τιμών των υδρογονανθράκων (€ ανά βαρέλι ισοδύναμου πετρελαίου, τιμές 2008)



Πηγή: PROMETHEUS.

Από την ανάλυση της διεθνούς αγοράς λιθάνθρακα προκύπτει προοπτική επάρκειας στη διεθνή προσφορά και σχετικά μικρός κίνδυνος αύξησης των τιμών. Όμως, στο πλαίσιο των στόχων για δραστική μείωση των εκπομπών, ο λιθάνθρακας δεν μπορεί να αποτελέσει λύση για την ασφάλεια του εφοδιασμού και το ανταγωνιστικό κόστος της ενέργειας.

Οι υποθέσεις σχετικά με τις διεθνείς τιμές των υδρογονανθράκων στο Σενάριο Αναφοράς και στο σενάριο δραστικής μείωσης (Σενάριο Μετριασμού) των εκπομπών σε παγκόσμιο επίπεδο φαίνονται στο Διάγραμμα 4.1. Παρατηρείται σημαντική ανάδραση της παγκόσμιας προσπάθειας μείωσης των εκπομπών στις διεθνείς αγορές υδρογονανθράκων, με αποτέλεσμα τη σημαντική πτώση των τιμών σε μακρό χρονικό ορίζοντα σε σύγκριση με το Σενάριο Αναφοράς.

4.1.3 Η μελλοντική εξέλιξη της ελληνικής οικονομίας

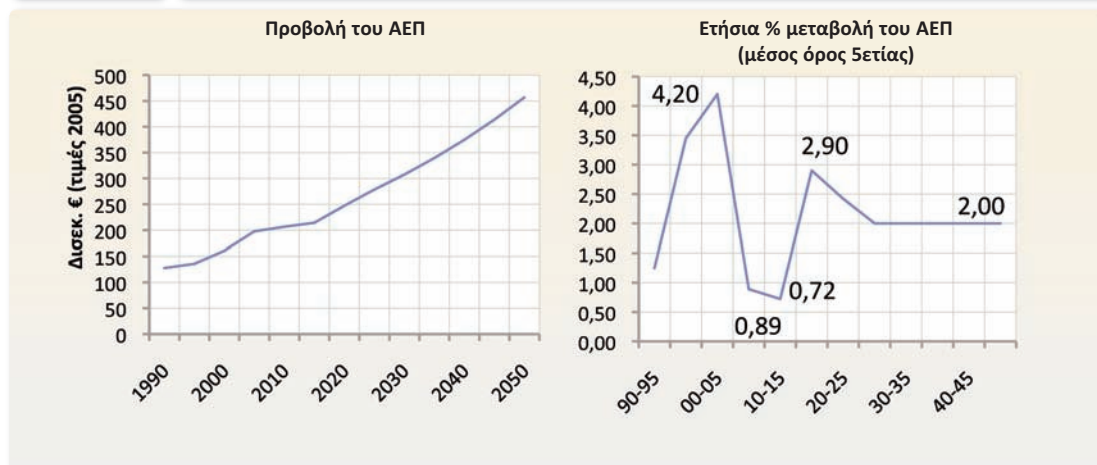
Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης εκπονήθηκε ποσοτική προβολή για την εξέλιξη της ελληνικής οικονομίας τόσο στο σύνολο (ΑΕΠ) όσο και κατά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο γενικής ισορροπίας GEM-E3 (EMPI-E3MLab).

Τα κυριότερα συμπεράσματα από την προβολή αυτή (Διάγραμμα 4.2 και Διάγραμμα 4.3) συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Η προβολή έχει ενσωματώσει την οικονομική ύφεση των ετών 2009-2011.
- Η περίοδος μειωμένης ανάπτυξης διαρκεί μέχρι πριν το 2014, οπότε και ξεκινά η ανάκαμψη της οικονομίας, που συνεχίζεται σε όλο το χρονικό ορίζοντα της προβολής.
- Μακροπρόθεσμα η ανάπτυξη σταθεροποιείται στο 2% κατ' έτος, μετά από μικρή επιβράδυνση την περίοδο 2020-2030.
- Ο πληθυσμός ακολουθεί αυξητική πορεία, η οποία ανακόπτεται το 2030, και στη συνέχεια ο πληθυσμός μειώνεται σταδιακά.

Διάγραμμα 4.2

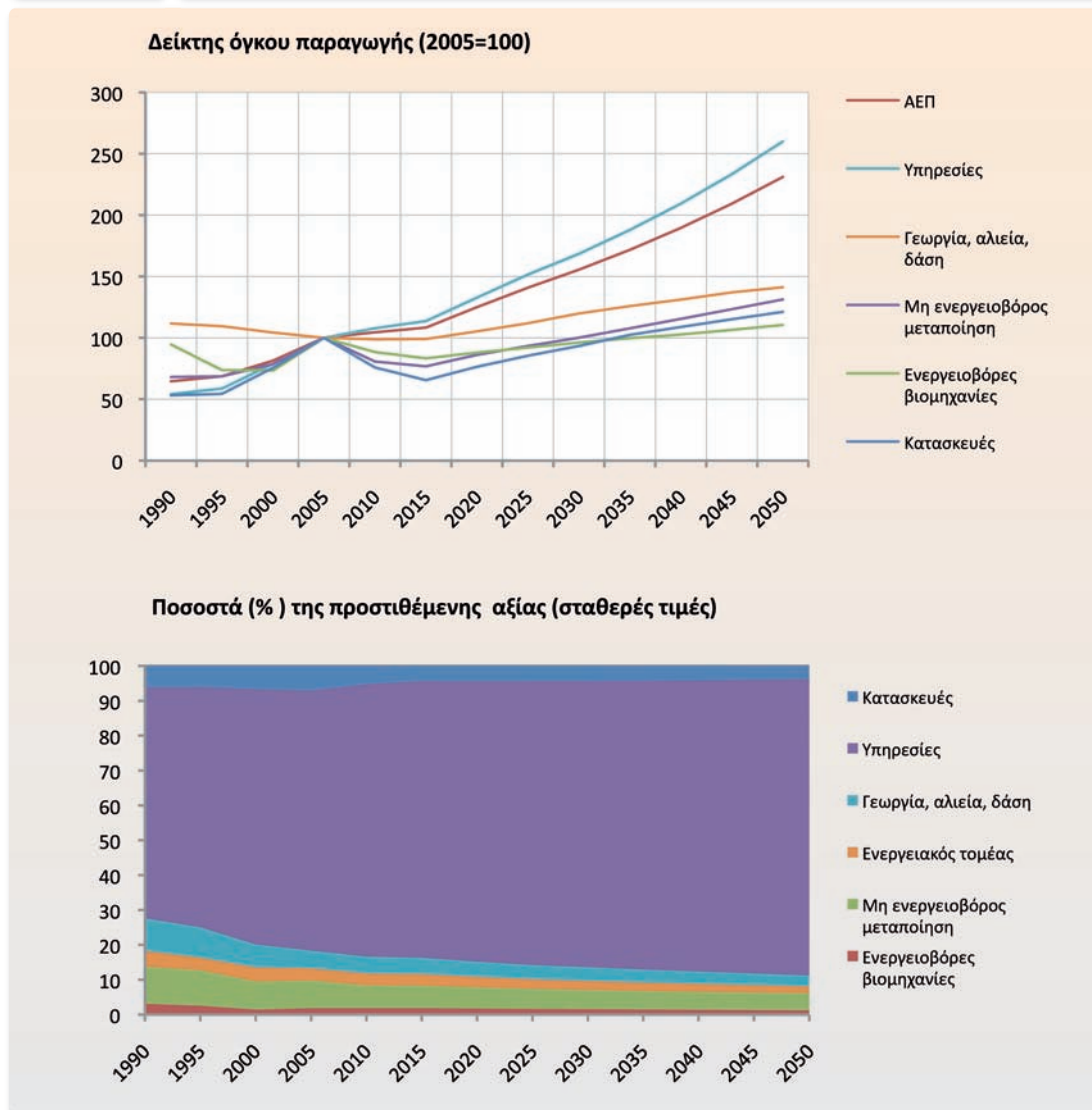
Προβολή της εξέλιξης του ΑΕΠ



Πηγή: GEM-E3.

Διάγραμμα 4.3

Προβολή της κλαδικής δομής του ΑΕΠ



- Οι βιομηχανίες υψηλής ενεργειακής έντασης παραμένουν στην Ελλάδα.
- Η ανάπτυξη καθοδηγείται κυρίως από την οικονομική δραστηριότητα του τομέα των υπηρεσιών και της μεταποίησης χαμηλής ενεργειακής έντασης.

Οι προβολές για τη δραστηριότητα στον τομέα των μεταφορών (Διάγραμμα 4.4), που έγιναν με το μαθηματικό πρότυπο PRIMES, βασίζονται στην υπόθεση της σταδιακής αποσύνδεσης των ρυθμών μεταβολής της εν λόγω δραστηριότητας από τη μεταβολή του ΑΕΠ και της ιδιωτικής κατανάλωσης. Γίνεται δηλαδή η υπόθεση ότι θα υπάρξει σταδιακός κορεσμός της μεταφορικής συγκριτικά με την οικονομική δραστηριότητα, τάση που έχει ήδη παρατηρηθεί στη λοιπή Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ).

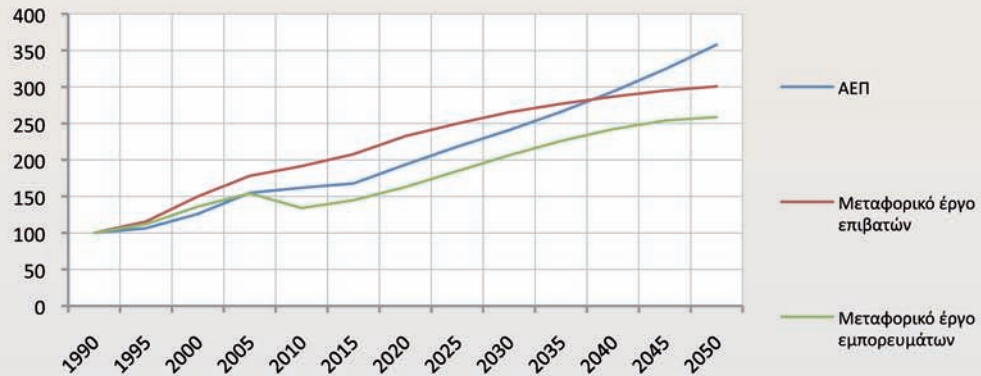
Μεταφορικό έργο επιβατών (δισεκ. επιβάτες-χλμ.)



Μεταφορικό έργο εμπορευμάτων (δισεκ. τονο-χλμ.)



Δείκτες δραστηριότητας (1990=100)



Πηγή: PRIMES.

4.1.4 Το ευρωπαϊκό πλαίσιο για την ενέργεια

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ήδη θεσπίσει δεσμευτική δέσμη μέτρων και στόχων για το 2020. Στη δέσμη αυτή περιλαμβάνονται:

- ο μηχανισμός εμπορίας αδειών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (Emission Trading Scheme – ETS) από υπόχρεες εγκαταστάσεις (ηλεκτροπαραγωγή, μεγάλες βιομηχανίες και, από το 2012, αεροπορικές μεταφορές),
- οι στόχοι κατά χώρα-μέλος για μείωση των εκπομπών στους τομείς εκτός ETS, καθώς και
- οι στόχοι για αύξηση του μεριδίου των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) που έχει οριστεί για κάθε χώρα-μέλος.

Στο ίδιο πλαίσιο, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υιοθετήσει δεσμευτικούς νόμους για την ενεργειακή αποτελεσματικότητα των ηλεκτρικών συσκευών, των κτηρίων και κατοικιών, καθώς και για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τα μέσα μεταφοράς.

Οι στόχοι για το 2020 είναι σχετικά μετριοπαθείς αν συγκριθούν με την προσπάθεια που απαιτείται για την ΕΕ (και την Ελλάδα) στο πλαίσιο του στόχου αποφυγής αύξησης της θερμοκρασίας πάνω από τους 2 °C. Η ανάλυση για την προοπτική της δραστηκής μείωσης των εκπομπών προς το 2050 περιλαμβάνει περαιτέρω ενίσχυση των στόχων και, κατ' επέκταση, της πολιτικής για το 2020.

Σημαντική προτεραιότητα της ευρωπαϊκής πολιτικής είναι επίσης η ολοκλήρωση της εσωτερικής αγοράς ενέργειας στην Ευρώπη, τόσο για την ηλεκτρική ενέργεια όσο και για το φυσικό αέριο. Τα οφέλη από την ολοκλήρωση της εσωτερικής αγοράς είναι αναμφισβήτητα: δίνεται η δυνατότητα για καλύτερη διαχείριση της ενεργειακής εξάρτησης από τρίτες χώρες, η διεύρυνση του ανταγωνισμού ωφελεί την ποιότητα των υπηρεσιών και τη διαμόρφωση των τιμών, η σύμπραξη σε περιφερειακές ζώνες οδηγεί σε καλύτερη διαχείριση των πόρων, όπως π.χ. η από κοινού εξισορρόπηση φορτίου για καλύτερη ένταξη των ΑΠΕ, κ.λπ.

Η δέσμη μέτρων της ΕΕ "Κλίμα και Ενέργεια"

Τον Ιανουάριο του 2008 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε δεσμευτική νομοθεσία για την υλοποίηση των στόχων του "20-20-20". Η δέσμη μέτρων "Κλίμα και Ενέργεια" συμφωνήθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο το Δεκέμβριο του 2008 και ψηφίστηκε ως νόμος τον Ιούνιο του 2009.

Η δέσμη κατά βάση αποτελείται από τέσσερα νομοθετικά πλαίσια, συμπληρωματικά μεταξύ τους:

1. Αναθεώρηση του μηχανισμού εμπορίας αδειών εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (ETS), η οποία περιλαμβάνει: α) εφαρμογή ανώτατου ορίου για τα δικαιώματα εκπομπών από το 2013 και σταδιακή μείωσή τους μέχρι και 21% έως το 2020 σε σύγκριση με το 2005, β) αντικατάσταση από το 2013 της δωρεάν διανομής δικαιωμάτων από την πλήρη δημοπράτησή τους, γ) επέκταση του μηχανισμού στις αεροπορικές μεταφορές από το 2012 και δ) μείωση κατά 1,71% το χρόνο των δικαιωμάτων προς δημοπράτηση και πέραν του 2020.
2. Δεσμευτικό όριο εκπομπών για το 2020, για κάθε χώρα-μέλος ανάλογα με τη σχετική του ευμερία.
3. Δεσμευτικοί εθνικοί στόχοι για είσοδο των ΑΠΕ, οι οποίοι θα οδηγήσουν σε μερίδιο των ΑΠΕ 20% στην παραγωγή ενέργειας στην Ευρώπη μέχρι το 2020.

4. Νομοθετικό πλαίσιο για την προώθηση της ανάπτυξης και ασφαλούς χρήσης τεχνολογιών δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα (CCS). Προβλέπεται η λειτουργία δοκιμαστικού δικτύου 12 μονάδων με τεχνολογία CCS το 2015, με απώτερο στόχο η εν λόγω τεχνολογία να είναι διαθέσιμη στην αγορά το 2020.

4.1.5 Αποτίμηση τρέχουσας κατάστασης στην Ελλάδα

Ο ενεργειακός τομέας στην Ελλάδα σε σύγκριση με άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης κρίνεται λιγότερο αποδοτικός και με υψηλό επίπεδο εκπομπών. Σημαντικά προβληματικός εμφανίζεται ο τομέας των μεταφορών, τόσο των αστικών όσο και των υπεραστικών. Διαπιστώνεται σειρά προβλημάτων, όπως ανεπάρκεια μέσων σταθερής τροχιάς, υπερβολική χρήση αεροπορικών μεταφορών, μειωμένη χρήση δημόσιων μεταφορών στις πόλεις, άναρχη και σπάταλη επέκταση των οδικών μεταφορών εμπορευμάτων, κ.λπ.

Η μόνη ουσιαστική πρόοδος στον τομέα της προσφοράς ενέργειας επιτεύχθηκε στο παρελθόν με την εισαγωγή του φυσικού αερίου, τόσο στις άμεσες χρήσεις όσο και στην ηλεκτροπαραγωγή. Ωστόσο, στις άμεσες χρήσεις η εισαγωγή του φυσικού αερίου γίνεται με αργούς ρυθμούς και ως εκ τούτου εξακολουθεί να είναι περιορισμένης έκτασης.

Όσον αφορά τον εκσυγχρονισμό της τεχνολογίας στην ηλεκτροπαραγωγή, αυτός έχει περιοριστεί στις μονάδες συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου, ενώ παραμένουν σε λειτουργία πολύ παλαιές, ρυπογόνες και μη αποδοτικές μονάδες στερεών καυσίμων και πετρελαίου.

Την ελληνική ενεργειακή αγορά χαρακτηρίζει και μια σειρά άλλων προβλημάτων, τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν, όπως οι μεγάλες καθυστερήσεις στη διασύνδεση των νησιών, οι αργοί ρυθμοί ανάπτυξης των ΑΠΕ, αλλά και ο ελλιπής ανταγωνισμός στην αγορά ενέργειας και η περιορισμένη συνεργασία σε περιφερειακό επίπεδο.

Εάν συνεχιστούν οι σημερινές τάσεις, οι αποκλίσεις από τους στόχους και τις υποχρεώσεις της χώρας θα διευρύνονται συνεχώς σε όλους τους τομείς. Οι αρνητικές επιπτώσεις θα είναι μεγάλες, π.χ. σημαντική αύξηση των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να καλυφθεί το κόστος εκπομπών που προβλέπεται από το μηχανισμό ETS.

Πρόσφατα η ελληνική κυβέρνηση υπέβαλε στην Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμευτικό πρόγραμμα ανάπτυξης των ΑΠΕ μέχρι το 2020, το οποίο είναι ιδιαίτερα φιλόδοξο. Η εφαρμογή του προγράμματος αυτού θεωρείται στην παρούσα ανάλυση τμήμα της όλης προσπάθειας μετασχηματισμού του ενεργειακού συστήματος προς την κατεύθυνση της δραστηκής μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

4.1.6 Οι προκλήσεις για την ελληνική ενεργειακή πολιτική

Οι προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει η εθνική ενεργειακή πολιτική, τόσο στο πλαίσιο των στόχων που έχει αποφασίσει η ΕΕ όσο και στο πλαίσιο της εξυγίανσης και αποδοτικής λειτουργίας του ενεργειακού τομέα, συνοψίζονται στις εξής:

- συνεχής και δραστική μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα της ενέργειας, προς μια οικονομία ιδιαίτερα χαμηλών εκπομπών το 2050,
- σταδιακή απεξάρτηση από το πετρέλαιο,
- ενίσχυση της ασφάλειας εφοδιασμού με φυσικό αέριο,
- θεαματική ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως καθαρής και εγχώριας πηγής,
- αξιόπιστη και επαρκής παροχή ενέργειας και ενεργειακών υπηρεσιών σε κάθε καταναλωτή,
- επίτευξη των κατά το δυνατόν περισσότερο ανταγωνιστικών τιμών και κόστους της ενέργειας και
- περιορισμός των ανισοτήτων σχετικά με τους όρους πρόσβασης στις ενεργειακές υπηρεσίες.

4.2 Ποιτική μείωσης των εκπομπών κατά τομέα

Η Ελλάδα, προκειμένου να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις που απορρέουν από την κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο και από τις αντίστοιχες δεσμεύσεις της απέναντι στην ΕΕ, διαθέτει “Εθνικό Πρόγραμμα Δράσης”² για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο 2000-2010. Το πρόγραμμα αυτό περιλαμβάνει μέτρα μείωσης των εκπομπών από τον οικιακό και τον τριτογενή τομέα, την ηλεκτροπαραγωγή, τις μεταφορές, τη γεωργία, τη βιομηχανία και τις βιομηχανικές διεργασίες.

Οι περαιτέρω απαιτήσεις για δραστική μείωση των εκπομπών μέχρι το 2050 στο πλαίσιο της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής επιβάλλουν την ενίσχυση και επέκταση αυτών των μέτρων.

Οικιακός και τριτογενής τομέας

Στους τομείς αυτούς υπάρχουν πολλές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, αν ληφθεί υπόψη η μεγάλη ηλικία των κτηρίων, ο μέχρι σήμερα χαμηλός βαθμός διείσδυσης των ΑΠΕ, ο χαμηλός βαθμός απόδοσης των ενεργειακών συσκευών που χρησιμοποιούνται, καθώς και η παρατηρούμενη μη ορθολογική ενεργειακή συμπεριφορά.

Η πολιτική μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου εστιάζεται κυρίως στην εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των καταναλώσεων του τομέα. Με τον τρόπο αυτό, μειώνονται έμμεσα οι εκπομπές που προκύπτουν από την παραγωγή ενέργειας. Βασικοί άξονες παρέμβασης γύρω από τους οποίους κινείται η πολιτική μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου είναι:

- Βελτιωτικά μέτρα για το κέλυφος των υφιστάμενων κτηρίων, όπως μόνωση της οροφής ή προσθήκη διπλών υαλοστασίων προς αποφυγή μεγάλων θερμικών απωλειών.

² <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=431&language=el-GR>.

- Βελτιωτικά μέτρα που αφορούν τον ενεργειακό εξοπλισμό θέρμανσης και ψύξης, όπως συντήρηση λεβήτων κεντρικής θέρμανσης ή αντικατάστασή τους (όπου κρίνεται ότι τυχόν βελτιωτικές παρεμβάσεις δεν θα έχουν αποτέλεσμα), με σκοπό να αυξηθεί η απόδοση της θέρμανσης, χρήση κατάλληλων τεχνικών ηλιοπροστασίας (σκιασμός, ανεμιστήρες οροφής, νυκτερινός αερισμός), ώστε να μειωθεί το ψυκτικό φορτίο του κτηρίου, χρήση αποδοτικότερων συσκευών κλιματισμού, κ.ά.
- Βελτιωτικά μέτρα που αφορούν τις ηλεκτρικές συσκευές και το φωτισμό, όπως χρήση αποδοτικότερων συσκευών, ιδίως οικιακών (πλυντήρια, συστήματα εικόνας-ήχου κ.λπ.), χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης (οι οποίοι καταναλώνουν μέχρι και 25% της ενέργειας ενός συμβατικού λαμπτήρα), εγκατάσταση συστημάτων αυτοματισμού στο φωτισμό (συστήματα ανίχνευσης παρουσίας, μέτρησης φωτεινής έντασης, ώστε, σε συνδυασμό με το φυσικό φωτισμό, να παρέχουν τις βέλτιστες φωτεινές συνθήκες, κ.ά.). Στα μέτρα αυτά συμπεριλαμβάνεται η αξιοποίηση της (δωρεάν παρεχόμενης) ηλιακής ενέργειας για φωτισμό, ώστε να αποφεύγεται η χρήση τεχνητού φωτισμού.
- Διείσδυση των ΑΠΕ τόσο στη θέρμανση όσο και στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Με εξαίρεση τη χρήση ηλιακών συλλεκτών, ο βαθμός αξιοποίησης των ΑΠΕ μέχρι σήμερα είναι χαμηλός, παρά το υψηλό δυναμικό ΑΠΕ που διαθέτει το φυσικό περιβάλλον της χώρας μας. Στο πλαίσιο της μείωσης των εκπομπών, πρέπει να αυξηθεί η κάλυψη των αναγκών θέρμανσης νερού από ηλιακούς συλλέκτες, ο ρόλος των ηλιακών συλλεκτών να επεκταθεί και στη θέρμανση χώρων ως βοηθητικών συστημάτων στο συμβατικό σύστημα θέρμανσης, να χρησιμοποιηθεί τηλεθέρμανση με βιομάζα (χρήση κεντρικού λέβητα αντί ατομικών), κ.ά. Ακόμη, σημαντική είναι η προώθηση της διαδικασίας για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο, στις περιπτώσεις όπου το υψηλό κόστος δεν είναι εμπόδιο (π.χ., αν εναλλακτικές μέθοδοι παροχής ενέργειας εμφανίζουν συγκρίσιμα υψηλό κόστος).
- Επέκταση της χρήσης αντλιών θερμότητας, οι οποίες έχουν μεγάλη αποδοτικότητα και επιπλέον αξιοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ανάκτηση θερμότητας, η γεωθερμία χαμηλής ενθαλπίας, κ.λπ.
- Ενίσχυση του ρόλου του φυσικού αερίου (υπό την προϋπόθεση ότι θα ολοκληρωθεί το δίκτυο διανομής) με την προώθηση ταχύτερου ρυθμού διείσδυσης του φυσικού αερίου στη θέρμανση χώρων, αλλά και με την υιοθέτηση ειδικών συστημάτων ψύξης τα οποία χρησιμοποιούν φυσικό αέριο.

Μεταφορές

Ο τομέας των μεταφορών ευθύνεται για μεγάλο μέρος των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (27% των συνολικών εκπομπών το 2010). Είναι ένας τομέας κατ' εξοχήν εξαρτώμενος από τα υγρά καύσιμα, κατά κύριο λόγο προϊόντα διύλισης του πετρελαίου, ο οποίος

μέχρι σήμερα δεν έχει επιδείξει ευρύτητα τεχνολογιών εναλλακτικών των μηχανών εσωτερικής καύσης, με εξαίρεση μεταφορικά μέσα που κινούνται με ηλεκτρική ενέργεια (τρόλεϊ, μετρό, τραμ, τραίνα).

Στο πλαίσιο της μείωσης των εκπομπών, συνιστάται η χρήση εναλλακτικών τεχνολογιών στον τομέα των μεταφορών, κυρίως στις χερσαίες μεταφορές, καθώς στις θαλάσσιες και εναέριες μεταφορές δεν υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες χρήσης εναλλακτικών τεχνολογιών.

Προσπάθειες για να μειωθούν οι εκπομπές από τις αερομεταφορές υλοποιούνται με την ένταξη του τομέα στο μηχανισμό ETS.

Τα σενάρια που αναπτύχθηκαν στο παρόν προβλέπουν υποκατάσταση του πετρελαίου στις οδικές μεταφορές από ηλεκτρική ενέργεια, η οποία μακροχρόνια θα παράγεται χωρίς εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η ηλεκτρική ενέργεια θα επεκτείνεται με τη διάδοση ηλεκτρικών και επαναφορτιζόμενων υβριδικών οχημάτων.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να παίζουν σημαντικό ρόλο, μέσω των βιοκαυσίμων (κυρίως βιοντήζελ και βιοαιθανόλης), τα οποία χρησιμοποιούνται ως προσμίξεις με τα συμβατικά καύσιμα, περιορίζοντας σημαντικά τις εκπομπές επειδή παράγονται από τεχνολογίες δεύτερης και τρίτης γενεάς, που περιορίζουν τις εκπομπές σε όλη την αλυσίδα παραγωγής βιοκαυσίμων.

Πληθώρα άλλων τεχνολογιών, οι οποίες βρίσκονται ακόμα σε δοκιμαστικό στάδιο, όπου η έρευνα εστιάζεται στη βελτίωση της ανταγωνιστικότητάς τους, μπορεί να είναι διαθέσιμες στο μέλλον, όπως οι κυψέλες καυσίμου με χρήση υδρογόνου.

Συνολικά, τα μέτρα που εφαρμόζονται για τη μείωση των εκπομπών στον τομέα των μεταφορών διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- παρεμβάσεις στα οχήματα, μέσω της συντήρησης αυτοκινήτων και φορτηγών (συντήρηση του συστήματος ανάφλεξης του κινητήρα και του συστήματος μετάδοσης και πέδησης κίνησης),
- μέτρα που αφορούν τη διαχείριση του συστήματος μεταφορών, όπως π.χ. προώθηση της χρήσης των αστικών συγκοινωνιών, χρήση λεωφορείων φυσικού αερίου, βελτιώσεις στη φωτεινή σηματοδότηση, αλλά και ήπιες παρεμβάσεις μείωσης των εκπομπών,
- χρήση νέων καυσίμων, ειδικότερα επέκταση της χρήσης βιοκαυσίμων, και προώθηση εναλλακτικών, καθαρών τεχνολογιών με έμφαση στην ηλεκτρική ενέργεια και πιο μακροχρόνια στο υδρογόνο και
- εφαρμογή αυστηρών προδιαγραφών για τις μοναδιαίες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά όχημα, καθώς και για την ενεργειακή αποδοτικότητά τους (το μέτρο αυτό αναμένεται να έχει καίρια σημασία για τη μελλοντική μείωση των εκπομπών).

Πολιτική της ΕΕ για τη μείωση των εκπομπών από τις μεταφορές

Το 2007 προτάθηκε από την ΕΕ (πρόταση COM (2007)/856) στρατηγική μείωσης των εκπομπών από τα ελαφρά οχήματα (αυτοκίνητα και μικρά φορτηγά τύπου βαν), η οποία προβλέπει για το 2012 μέσες

εκπομπές CO₂ από τα νέα οχήματα 120 γρ. ανά χλμ., δηλαδή μείωση των εκπομπών κατά 25% σε σχέση με το 2006. Η στρατηγική στοχεύει να μειώσει τις εκπομπές τόσο από την πλευρά της παραγωγής όσο και από την πλευρά της κατανάλωσης.

Στην πλευρά της παραγωγής, η στρατηγική προβλέπει θέσπιση νομοθεσίας η οποία θα δίνει κίνητρα στους κατασκευαστές τόσο για τη μείωση των εκπομπών από νέα οχήματα όσο και για τη βελτίωση της αποδοτικότητας εξαρτημάτων των οχημάτων τα οποία συμβάλλουν σημαντικά στην αυξημένη κατανάλωση καυσίμων, όπως τα συστήματα κλιματισμού, τα ειδικά λάστιχα, κ.ά. Παράλληλα, μέσω της επιβολής ειδικών φόρων, θα δοθούν κίνητρα στους καταναλωτές για αγορά αποδοτικών οχημάτων και για εξοικονόμηση ενέργειας.

Τον Απρίλιο του 2009 (Κανονισμός αρ. 443/2009) ορίστηκε η μέση τιμή των εκπομπών από καινούργια επιβατικά αυτοκίνητα στα 130 γρ. CO₂ ανά χλμ., τιμή η οποία επιτυγχάνεται μέσω βελτίωσης της τεχνολογίας των κινητήρων των οχημάτων. Μετά το 2020, ο Κανονισμός προβλέπει να μειωθεί η τιμή αυτή στα 95 γρ. CO₂ ανά χιλιόμετρο.

Από το 2020, ο στόχος για το νέο στόλο οχημάτων πρόκειται να είναι: μέσος όρος εκπομπών 95 γρ. CO₂ ανά χιλιόμετρο.

Βιομηχανία

Στα μέτρα που λαμβάνονται για τη μείωση των εκπομπών του τομέα της βιομηχανίας περιλαμβάνονται τα εξής:

- Προώθηση της χρήσης φυσικού αερίου, το οποίο υποκαθιστά κατά κύριο λόγο το μαζούτ, αλλά και το τνήζελ. Η υποκατάσταση δεν πρέπει να επικεντρώνεται μόνο στις ενεργοβόρες μονάδες με υψηλές θερμικές ανάγκες, αλλά να υποστηριχθεί η διείσδυση του φυσικού αερίου και στις λοιπές μεταποιητικές μονάδες και στις χρήσεις τνήζελ, παράλληλα με την ανάπτυξη νέων δικτύων διανομής.
- Προώθηση της χρήσης ΑΠΕ και αντλιών θερμότητας με ανακτήσεις θερμικής ενέργειας σε χρήσεις χαμηλής και μέσης ενθαλπίας.
- Επέκταση της συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας σε εφαρμογές μέσης και υψηλής ενθαλπίας.
- Αξιοποίηση της βιομάζας σε θερμικές χρήσεις και σε σύγκαυση σε κλιβάνους.
- Διάφορα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας (παρεμβάσεις με τη μορφή βελτιστοποίησης της διαχείρισης ενέργειας και εκσυγχρονισμού για τη μείωση των απωλειών και την αξιοποίηση της απορριπτόμενης θερμότητας από κλιβάνους).

Ηλεκτροπαραγωγή

Στην προσπάθεια για δραστική μείωση των εκπομπών πρωταγωνιστικό ρόλο έχει η πλήρης αναδιάρθρωση του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο τομέας αυτός καταρχήν ευθύνεται για το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (45% το 2010), ενώ παράλληλα είναι ο τομέας με τα μεγαλύτερα περιθώρια μείωσης των εκπομπών, καθώς υπάρχει πληθώρα εναλλακτικών, καθαρών, βιώσιμων τεχνολογιών προς αντι-

κατάσταση των συμβατικών σταθμών στερεών καυσίμων που κυριαρχούν σήμερα στην ελληνική ηλεκτροπαραγωγή.

Ο στόχος στο πλαίσιο της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής είναι να επιτευχθούν σχεδόν μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την ηλεκτροπαραγωγή. Αυτό θα καταστήσει την ηλεκτρική ενέργεια κατάλληλη για υποκατάσταση ορυκτών καυσίμων στις τελικές ενεργειακές χρήσεις μέσω των αντλιών θερμότητας στις σταθερές ενεργειακές εγκαταστάσεις και της ηλεκτροκίνησης στις μεταφορές.

Η πολιτική που προωθείται σήμερα είναι εστιασμένη προς αυτή την κατεύθυνση, επιχειρώντας να εγκαθιδρύσει ένα νομικό πλαίσιο που να δίνει τη βάση για να εξελιχθεί το σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού, σταδιακά, προς την πλήρη απεξάρτηση από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Οι άξονες της πολιτικής αυτής είναι:

- προώθηση της εγκατάστασης αιολικών πάρκων, επίγειων και θαλάσσιων,
- προώθηση της εγκατάστασης μικρών υδροηλεκτρικών έργων,
- εγκατάσταση κεντρικών και αποκεντρωμένων φωτοβολταϊκών μονάδων,
- ανάπτυξη γεωθερμικού δυναμικού υψηλής ενθαλπίας,
- προώθηση της χρήσης βιομάζας και αποβλήτων στην ηλεκτροπαραγωγή και συμπαραγωγή,
- ενίσχυση και επέκταση συστημάτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (αντλησιοταμιευτήρες, μακροχρόνια υδρογόνο) και
- επέκταση λειτουργίας σταθμών φυσικού αερίου.

Διαχείριση απορριμμάτων

Στον τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων υπάρχουν περιθώρια μείωσης των εκπομπών μεθανίου (CH_4). Να σημειωθεί ότι η δυνατότητα του μεθανίου για θέρμανση της ατμόσφαιρας είναι 21 φορές μεγαλύτερη από αυτήν του διοξειδίου του άνθρακα για μια περίοδο 100 ετών, επομένως οι ενέργειες οι οποίες στοχεύουν στη μείωσή του, αν και είναι περιορισμένων δυνατοτήτων σε σχέση με τις ενέργειες για τη μείωση των εκπομπών CO_2 , κρίνονται ιδιαίτερα σκόπιμες για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Γεωργία

Η γεωργική δραστηριότητα χαρακτηρίζεται κυρίως από εκπομπές υποξειδίου του αζώτου (N_2O), το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως ως λίπασμα. Η θερμοαντική ικανότητα του N_2O είναι μέχρι και 300 φορές μεγαλύτερη από αυτή του CO_2 , ενώ το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών N_2O είναι αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών του εδάφους. Με στόχο τον όσο το δυνατόν μεγαλύτερο περιορισμό των εκπομπών N_2O , προωθούνται οι βιολογικές καλλιέργειες, ώστε να μειωθεί η χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων.

Άλλες πολιτικές που περιλαμβάνονται αφορούν στη χρήση συστημάτων διαχείρισης των ζωικών αποβλήτων, με στόχο τον περιορισμό των εκπομπών CH_4 από την κτηνοτροφία.

Βιομηχανικές διεργασίες

Τις βιομηχανικές διεργασίες (όπως π.χ. επεξεργασία χημικών, σύνθεση ψυκτικών σπρέι, ηλεκτρόλυση του αλουμινίου, κ.ά.) χαρακτηρίζουν οι εκπομπές των αερίων που περιέχουν φθόριο, δηλαδή των λεγόμενων f-gases (υδροφθοράνθρακες, HFCs, υπερφθοράνθρακες, PFCs, και εξαφθοριούχο θείο, SF₆). Στην Ελλάδα, η εκπομπή των αερίων αυτών έφθασε τους 3.744 κιλoτόνους ισοδύναμου CO₂ το 2000, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι ο τομέας παραγωγής, χρήσης, συντήρησης και τελικής διάθεσης συσκευών εξοπλισμού ψύξης, κλιματισμού κ.λπ. αποτελεί την πλέον δυναμική πηγή εκπομπών, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 20% την περίοδο 2000-2010. Για τη μείωση των αερίων αυτών επιχειρείται: α) η αναδιοργάνωση της λειτουργίας χημικών βιομηχανιών (των μονάδων εκείνων με υψηλές εκπομπές f-gases) και β) ανάκτηση των HFCs από συσκευές ψύξης και κλιματισμού.

4.3 Οδικός χάρτης προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών

Η μελέτη του οδικού χάρτη που πρέπει να χαράξει η ελληνική ενεργειακή πολιτική προς εκπλήρωση του στόχου της μείωσης των εκπομπών ποσοτικοποιήθηκε με το ενεργειακό μαθηματικό πρότυπο PRIMES του εργαστηρίου E3MLab του ΕΜΠ. Το πρότυπο καταδεικνύει τον οικονομικά βέλτιστο τρόπο επίτευξης των εν λόγω στόχων, προσομοιώνοντας τις οικονομικές και τεχνικές αποφάσεις των παραγωγών και καταναλωτών ενέργειας, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις τους με τις ενεργειακές αγορές. Στα αποτελέσματα της προσομοίωσης περιλαμβάνονται το βέλτιστο μίγμα ενεργειακών μορφών, η διεϊσδυση νέων τεχνολογιών, ο βαθμός εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και τα βέλτιστα προγράμματα επενδύσεων κατά τεχνολογία και κατά κλάδο και εκτιμήσεις για τις τιμές και το κόστος της ενέργειας.

4.3.1 Υποθέσεις και περιορισμοί για τη μελλοντική πορεία του ελληνικού ενεργειακού συστήματος

Διαμόρφωση των σεναρίων του προτύπου PRIMES

Τα σεναρία που αναπτύχθηκαν με βάση το πρότυπο PRIMES αποτυπώνουν τη βέλτιστη πορεία προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών, μέσω της σχεδόν εκμηδένισης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ηλεκτροπαραγωγή μέχρι το 2050. Τα σεναρία αυτά είναι συμβατά με τους στόχους μείωσης των εκπομπών σε ευρωπαϊκό επίπεδο κατά 40% το 2030 και 80% το 2050, σε σύγκριση με το 1990.

Κατά τη διαμόρφωση των σεναρίων αυτών, υιοθετήθηκαν οι εξής υποθέσεις και περιορισμοί για τις εξελίξεις στην ενεργειακή πολιτική:

- Το ενεργειακό σύστημα αναπτύσσεται μέχρι το 2020 κατά τρόπο ώστε να ανταποκρίνεται τουλάχιστον στους στόχους και τις υποχρεώσεις που υιοθετήθηκαν το 2008 από την Ευρωπαϊκή Ένωση³ και έχουν εξειδικευθεί από το ΥΠΕΚΑ στο σχέδιο δράσης για τις ΑΠΕ. Το μαθηματικό πρότυπο προσομοιώνει συμπεριφορές των παραγωγών και καταναλωτών ενέργειας οι οποίες προεξοφλούν την πρόβλεψη ότι μετά το 2020 οι στόχοι μείωσης των εκπομπών θα γίνουν ακόμα υψηλότεροι, όπως ο στόχος για μείωση των εκπομπών κατά 40% το 2030, και γι' αυτό οι παραγωγοί προχωρούν σε επενδύσεις και επιλογές νωρίτερα από το 2030.
- Για τη χρονική περίοδο μετά το 2020 γίνεται η υπόθεση ότι γενικεύεται σε όλη την οικονομία το σύστημα τιμολόγησης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Γίνεται επίσης η υπόθεση ότι το ύψος της τιμής του CO₂ είναι ενιαίο για όλους τους τομείς και όλες τις χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Με τη χρήση του μαθηματικού προτύπου PRIMES προσδιορίζεται το ύψος της τιμής του CO₂ σε πανευρωπαϊκό επίπεδο, έτσι ώστε να επιτευχθούν οι επιθυμητές μειώσεις των εκπομπών CO₂. Θεωρείται, στη συνέχεια, ότι η Ελλάδα, ως μικρή χώρα έναντι της ΕΕ, δεν μπορεί να επηρεάσει το ύψος των τιμών του CO₂. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1 (επόμενη σελίδα). Σημειώνεται ότι οι υποχρεοί του συστήματος ETS θα διενεργούν την πληρωμή για τα δικαιώματα εκπομπής στο κράτος, ενώ για τους λοιπούς γίνεται η υπόθεση ότι λαμβάνουν υπόψη την τιμή των εκπομπών στις επιλογές τους, όμως τελικά δεν διενεργούν πληρωμές με βάση την τιμή του CO₂.
- Προωθείται η αύξηση της απόδοσης της ενεργειακής κατανάλωσης μέσω της εφαρμογής δέσμης μέτρων πολιτικής για την εξοικονόμηση ενέργειας και την προώθηση αποδοτικότερων συσκευών και εξοπλισμού σε όλους τους τομείς. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια με βάση ειδικό πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης κατοικιών και κτηρίων σε μεγάλη κλίμακα. Στο πλαίσιο Οδηγιών της ΕΕ εφαρμόζονται αυστηρές προδιαγραφές για την ενεργειακή απόδοση κάθε είδους συσκευής και βιομηχανικού εξοπλισμού, καθώς και για τα μεταφορικά μέσα.
- Στον τομέα των οδικών μεταφορών διεισδύουν δυναμικά οι εναλλακτικές τεχνολογίες και τα βιοκαύσιμα ως αποτέλεσμα ειδικής πολιτικής, όπως θέσπιση αυστηρών ορίων εκπομπής ανά όχημα, επιβολή υποχρεωτικών ποσοστών μείξης βιοκαυσίμων δεύτερης γενεάς στα πετρελαιοειδή και υιοθέτηση μέτρων ενίσχυσης των μέσων μαζικής μεταφοράς. Τα βιοκαύσιμα χρησιμοποιούνται και στα καύσιμα αεροπλάνων και πλοίων. Μακροχρόνια ο ηλεκτρισμός γίνεται σταδιακά η κύρια πηγή ενέργειας χάρη στα μέτρα αυτά και στην τεχνολογική πρόοδο στον τομέα των συσσωρευτών. Για το σκοπό αυτό, ο οδικός χάρτης περιλαμβάνει ανάπτυξη σε ευρεία κλίμακα συστημάτων επαναφόρτισης των οχημάτων ήδη αμέσως μετά το 2020, χρήση “έξυπνων” μετρητών και θέσπιση κινήτρων ώστε η επα-

³ Δέσμη μέτρων “Κλίμα και Ενέργεια”, http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm.

Πίνακας 4.1

Διαμόρφωση της τιμής του CO₂
(Ευρώ/τόνο CO₂, τιμές 2008)

		2020	2030	2050
Σενάρια Μετριασμού	Τομείς ETS	25,0	60,0	190,0
	Τομείς εκτός ETS	25,0	60,0	190,0
Σενάριο Αναφοράς	Τομείς ETS	16,5	36,0	50,0
	Τομείς εκτός ETS	5,3	5,3	5,3

Πηγή: PRIMES.

ναφόρτιση να γίνεται σε ώρες χαμηλού φορτίου συστήματος. Η ανάπτυξη του συστήματος γίνεται με ευθύνη του Διαχειριστή Δικτύου και το κόστος ανακτάται μέσω ειδικού τέλους.

- Μετά το 2020 δεν τίθενται δεσμευτικοί στόχοι για την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ. Οι μηχανισμοί υποστήριξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παραμένουν ως έχουν μέχρι το 2020 και σταδιακά μειώνονται σε ένταση μέσα στην επόμενη δεκαετία (2020-2030). Όμως, λόγω του εύρους των στόχων για μείωση των εκπομπών και της τιμολόγησης των εκπομπών, οι ΑΠΕ συνεχίζουν να αναπτύσσονται δυναμικά μετά το 2020 και φθάνουν σε επίπεδα σαφώς υψηλότερα του στόχου για το 2020. Σε μακρό χρονικό ορίζοντα αναπτύσσονται έξυπνα δίκτυα στη χαμηλή και μέση τάση, ώστε να διευκολυνθεί η ανάπτυξη συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής ΑΠΕ σε πολύ μικρή κλίμακα. Αναπτύσσονται επίσης συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως μέσω αντλητικών συστημάτων με ταμιευτήρες και, μακροχρόνια, μέσω υδρογόνου. Γίνεται η υπόθεση ότι σχετικά μικρές ποσότητες υδρογόνου θα μπορούν να παράγονται μακροχρόνια από ηλεκτρόλυση. Το υδρογόνο θα αναμιγνύεται με φυσικό αέριο και θα μπορεί να τροφοδοτεί αεριοστρόβιλους ηλεκτροπαραγωγής. Με τον τρόπο αυτό το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής διευκολύνεται στην ανάπτυξη ΑΠΕ σε μεγάλη κλίμακα και το υδρογόνο διαδραματίζει ρόλο αποθηκευτικού μέσου.

Ο προσδιορισμός των τιμών για τα δικαιώματα εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα έγινε με το μαθηματικό πρότυπο PRIMES, όπως εφαρμόστηκε το 2010 στο πλαίσιο μελετών για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για το σύνολο των χωρών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αυτό ήταν απαραίτητο, δεδομένου ότι ο μηχανισμός των πλειοδοτικών μηχανισμών για την αγορά δικαιωμάτων εκπομπής θα έχει πανευρωπαϊκό χαρακτήρα και επομένως η ισορροπία του θα οδηγεί σε ενιαίες τιμές CO₂ για το σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Επειδή υφίσταται αβεβαιότητα σχετικά με τη μελλοντική διάρθρωση του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής, το οποίο σε κάθε περίπτωση πρέπει μακροχρόνια να μηδενίσει τις εκπομπές, αναπτύχθηκαν παραλλαγές του ενεργειακού σεναρίου προς την οικονομία ιδιαίτερα χαμηλών

εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (το οποίο αντιστοιχεί στο Σενάριο Μετριασμού της κλιματικής αλλαγής).

Η αβεβαιότητα σχετίζεται με:

- α) τα ανώτατα όρια συνεισφοράς των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή υπό την προϋπόθεση διατήρησης αποδεκτού επιπέδου αξιοπιστίας του συστήματος, δεδομένου ότι η παραγωγή ΑΠΕ εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα της πρωτογενούς ενέργειας και επομένως έχει στοχαστικό χαρακτήρα,
- β) τη δυνατότητα αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα σε γεωλογικούς σχηματισμούς μετά από δέσμευσή του σε μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης ορυκτών καυσίμων (κυρίως στην ηλεκτροπαραγωγή), δεδομένου ότι υφίσταται αβεβαιότητα σχετικά με τις γεωλογικές δυνατότητες στην Ελλάδα αλλά και την αποδοχή των αντίστοιχων έργων αποθήκευσης, και
- γ) τη δυνατότητα ανάπτυξης πυρηνικών σταθμών στην Ελλάδα, που εγείρει σύνθετα οικονομικά και οργανωτικά ζητήματα, καθώς και προβλήματα σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων.

Η παρούσα μελέτη δεν επιχειρεί να άρει τις διάφορες μορφές αβεβαιότητας, τεχνικού και πολιτικού χαρακτήρα, οι οποίες υπεισέρχονται ως προς τις επιλογές αυτές. Αντί πρότασης για υιοθέτηση συγκεκριμένων επιλογών ως προς τα ζητήματα αυτά, η παρούσα μελέτη διερευνά τις επιπτώσεις στο κόστος και στη διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής μέσω εναλλακτικών σεναρίων, τα οποία κατά περίπτωση στηρίζονται στην υπόθεση ότι θα αρθεί η σχετική αβεβαιότητα.

Για την Ελλάδα, αναπτύχθηκαν τρία σενάρια μετριασμού, τα οποία διαφοροποιούνται σχετικά με τη μελλοντική διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής σχεδόν μηδενικών εκπομπών:

- I. Ένα σενάριο μετριασμού με υψηλή διείσδυση ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή και ανάπτυξη τεχνικών αποθήκευσης, στο οποίο δεν χρησιμοποιούνται τεχνολογίες πυρηνικής ενέργειας και τεχνολογίες δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα (CCS). Στη συνέχεια, το σενάριο αυτό θα αναφέρεται ως **Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ”**.
- II. Ένα σενάριο μετριασμού στο οποίο αναπτύσσονται τεχνολογίες CCS με αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα σε γεωλογικούς σχηματισμούς στην Ελλάδα. Η πυρηνική ενέργεια εξακολουθεί να μην χρησιμοποιείται. Στην συνέχεια, το σενάριο αυτό θα αναφέρεται ως **Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ και CCS”**. Οι τεχνολογίες CCS, καθώς και το σύστημα μεταφοράς και αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα, θεωρείται ότι είναι διαθέσιμα στην αγορά από το 2025.
- III. Ένα σενάριο μετριασμού στο οποίο γίνεται η υπόθεση ότι η πυρηνική ενέργεια μπορεί να αναπτυχθεί στην Ελλάδα μετά το 2030, χωρίς όμως να είναι διαθέσιμοι χώροι αποθήκευσης CO₂ από CCS. Στη συνέχεια, το σενάριο αυτό θα αναφέρεται ως **Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ και πυρηνικά”**.

Παράλληλα, αναπτύχθηκε ένα **Σενάριο Αναφοράς**. Στο εν λόγω σενάριο, εφαρμόζεται πλήρως η πολιτική του “20-20-20” έως το 2020, ενώ θεωρείται ότι δεν θα ληφθούν περαιτέρω αποφάσεις, εκτός της θέσης σε εφαρμογή του μηχανισμού αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής, που αφορά ιδίως την ηλεκτροπαραγωγή, τις μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης και τις αεροπορικές μεταφορές. Το σενάριο επεκτείνεται μέχρι το 2050. Συνοπτικά, το σενάριο διαμορφώνεται ως εξής:

- Εφαρμόζεται ο μηχανισμός εμπορίας εκπομπών ETS (Emission Trading Scheme), με βάση την υπόθεση ότι θα υπάρξει σταδιακή μείωση των παρεχόμενων αδειών εκπομπών μέχρι το 2050, επέκταση των κανονισμών του ETS ώστε να καλύπτουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τη βαριά βιομηχανία και τις αερομεταφορές και πλήρης δημοπράτηση των αδειών εκπομπών από το 2013. Οι τομείς εκτός του μηχανισμού ETS υπόκεινται σε κάποιο περιορισμό των εκπομπών τους από το 2015, αν και μικρότερο από τους υπόλοιπους τομείς και σε σταθερή ένταση μέχρι το 2050.
- Προσομοιώνεται η αναγγελθείσα ελληνική πολιτική για συμμετοχή των ΑΠΕ κοντά στο 40% της ηλεκτροπαραγωγής μέχρι το 2020, ωστόσο μετά το 2020 δεν τίθενται περαιτέρω δεσμευτικοί στόχοι και σταδιακά αποσύρονται οι επιδοτήσεις σε τεχνολογίες ΑΠΕ, ιδίως στις περιπτώσεις που είναι περιορισμένη η τεχνογνωσία, παραμένει όμως σε υψηλά επίπεδα η συμμετοχή των εν λόγω τεχνολογιών.
- Υιοθετούνται οι οδηγίες και κανονισμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι οποίοι στοχεύουν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (για κτήρια, κατοικίες, ηλεκτρικές συσκευές και τις μεταφορές), αλλά γίνεται η υπόθεση ότι αυτοί εφαρμόζονται με περιορισμένη χρηματοδοτική υποστήριξη και με μέτρια ένταση, σε αντίθεση με τα σενάρια μετριασμού, όπου οι πολιτικές αυτές αναπτύσσονται κατά το μέγιστο δυνατόν.
- Θεωρείται ότι για την Ελλάδα όλες οι τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι διαθέσιμες και υποψήφιες για επένδυση, με εξαίρεση τις τεχνολογίες πυρηνικής ενέργειας και τις τεχνολογίες CCS.

Για λόγους σύγκρισης και αξιολόγησης της πολιτικής που περιλαμβάνεται στα σενάρια μετριασμού, αναπτύσσεται και ένα σενάριο στο οποίο θεωρείται ότι δεν εφαρμόζονται πολιτικές για μείωση εκπομπών, συμπεριλαμβανομένων αυτών που αφορούν στην ένταξη των ΑΠΕ και στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Το σενάριο αυτό αντιστοιχεί σε εξέλιξη μόνο με βάση τους μηχανισμούς της αγοράς χωρίς κρατική παρέμβαση και χωρίς στόχους πολιτικής. Το πιο πάνω σενάριο αναφέρεται στη συνέχεια ως **Σενάριο “καμίας πολιτικής”**.

Σενάρια που αναπτύχθηκαν με βάση το πρότυπο PRIMES για την περίοδο 2010-2050

Σενάριο Αναφοράς: η ισχύουσα πολιτική της Ελλάδος και της ΕΕ παραμένει μέχρι το 2020 και επεκτείνεται μέχρι το 2050 χωρίς φιλόδοξους στόχους μείωσης των εκπομπών. Σε ισχύ παραμένει και ο μηχανισμός ETS μέχρι το 2050.

Σενάρια Μετριασμού: 80% μείωση των εκπομπών CO₂ σε ευρωπαϊκό επίπεδο μέχρι το 2050 και 75% στην Ελλάδα και εναλλακτικά σενάρια σχετικά με τη μελλοντική διάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής:

- Σενάριο Μετριασμού με “ΑΠΕ”
- Σενάριο Μετριασμού με “ΑΠΕ και CCS”
- Σενάριο Μετριασμού με “ΑΠΕ και πυρηνικά”

4.3.2 Σενάρια εξέλιξης του ελληνικού ενεργειακού συστήματος στο πλαίσιο των στόχων μετριασμού

Αποτελέσματα της μελέτης με το ενεργειακό πρότυπο PRIMES

Η ποσοτικοποίηση των σεναρίων μετριασμού έγινε με το μαθηματικό πρότυπο PRIMES και αντιστοιχεί στον οδικό χάρτη προς την επίτευξη του στόχου της μείωσης κατά 80% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως το 2050, ο οποίος περιλαμβάνει:

- βελτίωση ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, ηλεκτρικών συσκευών, βιομηχανικών διεργασιών, κ.λπ.,
- εξοικονόμηση ενέργειας, σε ποσοστό 20% μέχρι το 2030 και 50% το 2050 συγκριτικά με το Σενάριο “καμίας πολιτικής”,
- συμμετοχή των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωσης ενέργειας, σε ποσοστό άνω του 20% το 2030 και 35% το 2050, έναντι 13% το 2010,
- συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (14,5% το 2010), σε ποσοστό:
 - 66% το 2030 και 83% το 2050, για το Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ”,
 - 47% το 2030 και 43% το 2050, για το Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ και CCS”,
 - 49% το 2030 και 51% το 2050, για το Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ και πυρηνικά”,
- εξηλεκτρισμό των οδικών μεταφορών, σε ποσοστό 25% το 2030 και 85% μέχρι το 2050,
- παραγωγή βιοκαυσίμων 500 χιλ. τόνων (ισοδυνάμου πετρελαίου) το 2030 και 2.650 χιλ. τόνων το 2050 για ανάμειξη με πετρελαιοειδή κίνησης, έναντι 135 χιλ. τόνων το 2010, και
- αναβάθμιση και επέκταση των υποδομών για τη διασύνδεση των νησιών, τον εξηλεκτρισμό των μεταφορών και την υποδοχή ΑΠΕ πολύ μικρής κλίμακας στα δίκτυα χαμηλής τάσης.

Μεθοδολογία προσομοίωσης της προσπάθειας μείωσης των εκπομπών

Βασικό κίνητρο για τη μετάβαση προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών είναι η συνεχής αύξηση της τιμής του διοξειδίου του άνθρακα.

Οι παραγωγοί ενέργειας καλούνται να πληρώνουν όλο και περισσότερο για να αποκτήσουν άδειες εκπομπών. Το κόστος αυτό που αναλαμβάνουν αντανακλάται στην αύξηση των τιμών της ενέργειας και μετακυλιέται στους καταναλωτές. Οι παραγωγοί ενέργειας αναδιαμορφώνουν το μείγμα ενεργειακών μορφών για να μειώσουν το κόστος και επομένως δαπανούν περισ-

σότερο σε μορφές με αυξημένη κεφαλαιακή ένταση αλλά με μικρότερη ανθρακική ένταση. Η αναδιάρθρωση μετριάξει την επίπτωση στις τιμές των παραγωγών ενέργειας.

Οι καταναλωτές αντιμετωπίζουν αυξημένες τιμές για την ενέργεια αλλά και αυξημένο κόστος από τις δικές τους απευθείας εκπομπές. Γι' αυτό, αναδιατάσσουν το μείγμα ενεργειακών μορφών, επιλέγοντας μορφές μικρότερης ανθρακικής έντασης, και ταυτόχρονα προχωρούν σε επενδύσεις εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και σε αγορές συσκευών, εξοπλισμού και οχημάτων που έχουν μεγαλύτερο κόστος αγοράς αλλά μικρότερο κόστος λειτουργίας λόγω μεγαλύτερης ενεργειακής απόδοσης και λιγότερων εκπομπών.

Το σύνολο των συμμετεχόντων στην αγορά ενέργειας δαπανά περισσότερα χρήματα για κεφάλαιο και λιγότερα για λειτουργικά έξοδα, συγκριτικά με το Σενάριο Αναφοράς.

Η αυξητική πορεία της τιμής του CO₂ δημιουργεί κίνητρα για υποκατάσταση των υπάρχουσών τεχνολογιών με τεχνολογίες χαμηλότερων εκπομπών. Η υποκατάσταση δεν μπορεί να είναι τέλεια, γι' αυτό και το συνολικό κόστος της ενέργειας βρίσκεται αυξημένο στο Σενάριο Μετριασμού συγκριτικά με το Σενάριο Αναφοράς.

Επιπτώσεις των σεναρίων μετριασμού στην εκπομπή αερίων θερμοκηπίου

Από τα αποτελέσματα (Πίνακας 4.2) προκύπτει ότι, χωρίς καμία πολιτική, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα θα αυξάνονταν συνεχώς και θα έφθαναν το 2050 να είναι 55% υψηλότερα των εκπομπών του 1990. Η εξέλιξη αυτή θα ήταν πλήρως ασύμβατη με την παγκόσμια προσπάθεια αποφυγής της κλιματικής αλλαγής.

Στον ίδιο πίνακα παρουσιάζεται η προβολή στο μέλλον των τρεχουσών πολιτικών, οι οποίες αποτυπώνονται στο Σενάριο Αναφοράς. Παρά τις φιλόδοξες πολιτικές που ενσωματώνονται στο σενάριο αυτό, ιδίως για το χρονικό ορίζοντα του 2020, η μη αποτύπωση πρόσθετων πολιτικών για το κλίμα καθιστά το εν λόγω σενάριο ανεπαρκές στο πλαίσιο της προσπάθειας αποφυγής της κλιματικής αλλαγής. Στο Σενάριο Αναφοράς οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μειώνονται το 2050 μόνο κατά 6% συγκριτικά με τα επίπεδα του 1990, έναντι στόχου μείωσης κατά 70-80% το 2050, όπως έχει υιοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Απαιτούνται επομένως πρόσθετες πολιτικές σε μεγάλη έκταση για το κλίμα, ιδίως στην περίοδο μετά το 2020, ώστε οι εκπομπές της Ελλάδος να εισέλθουν σε τροχιά συμβατή με το στόχο περιορισμού της αύξησης της θερμοκρασίας της γης στους 2 °C.

Οι πρόσθετες πολιτικές αποτυπώνονται στις τρεις παραλλαγές των σεναρίων μετριασμού τα οποία επιτυγχάνουν μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην Ελλάδα μεταξύ 58% και 63% το 2050 συγκριτικά με τα επίπεδα του 1990. Η μείωση αυτή είναι περίπου 70% συγκριτικά με τα επίπεδα εκπομπών του 2005.

Με τη χρήση του μαθηματικού προτύπου προσδιορίζεται η οικονομικά βέλτιστη κατανομή της μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τομέα οικονομικής δραστηριότητας (Πίνακας 4.3 πιο κάτω). Λαμβάνονται υπόψη οι δυνατότητες μείωσης των εκπομπών που δια-

Πίνακας 4.2

Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στα σενάρια με το πρότυπο PRIMES σε εκατ. τόνους ισοδυνάμου CO₂

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Σενάριο "καμίας πολιτικής"													
Εκπομπές από καύση ορυκτών καυσίμων	71,1	78,0	88,9	95,8	90,2	91,8	100,2	103,8	107,7	110,9	117,2	123,1	132,8
Βιομηχανία	9,3	9,8	9,9	8,2	6,1	5,7	6,0	5,4	5,6	5,7	6,0	6,2	6,5
Οικιακός τομέας	4,6	4,8	7,5	9,7	9,8	9,7	10,6	11,9	12,6	12,9	13,0	13,0	12,8
Υψηρές	0,6	0,6	0,8	1,5	1,4	1,3	1,7	1,9	1,9	2,0	2,1	2,1	2,2
Γεωργία	2,7	2,6	2,6	2,7	2,7	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
Μεταφορές	17,2	19,1	21,3	23,9	23,4	24,8	27,4	28,8	30,2	31,3	32,6	33,8	35,2
Ηλεκτροπαραγωγή	34,1	39,0	43,9	46,3	44,0	44,9	49,0	50,0	51,5	53,1	57,6	61,7	70,0
Λοιπός ενεργειακός τομέας	2,4	2,2	3,1	3,5	2,8	2,7	2,9	3,1	3,2	3,1	3,1	3,2	3,1
Εκπομπές από μη ενεργειακές δραστηριότητες	30,3	30,8	31,6	31,8	25,0	22,7	22,8	23,0	23,1	22,2	22,7	23,5	24,2
Εκπομπές CO ₂ από βιομηχανικές διεργασίες	6,9	7,5	7,9	8,0	6,1	5,0	5,5	5,9	6,4	6,8	7,1	7,6	8,0
Λοιπές εκπομπές CO ₂	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Εκπομπές λοιπών αερίων θερμοκηπίου	23,1	23,2	23,5	23,5	18,7	17,4	17,1	16,8	16,4	15,2	15,3	15,7	15,9
Σύνολο εκπομπών αερίων θερμοκηπίου	101,4	108,9	120,5	127,5	115,1	114,5	123,0	126,8	130,8	133,1	139,9	146,6	157,1
Σενάριο "Αναφοράς"													
Εκπομπές από καύση ορυκτών καυσίμων	71,1	78,0	88,9	95,8	84,4	74,6	76,2	79,1	74,7	68,8	69,7	70,8	73,5
Βιομηχανία	9,3	9,8	9,9	8,2	6,0	5,0	4,1	4,0	3,9	3,9	4,0	4,2	4,5
Οικιακός τομέας	4,6	4,8	7,5	9,7	9,7	9,3	9,8	10,4	10,7	10,4	10,0	9,6	8,9
Υψηρές	0,6	0,6	0,8	1,5	1,4	1,3	1,6	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7
Γεωργία	2,7	2,6	2,6	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
Μεταφορές	17,2	19,1	21,3	23,9	23,0	23,3	23,9	24,9	25,0	25,2	25,9	26,7	27,7
Ηλεκτροπαραγωγή	34,1	39,0	43,9	46,3	38,7	30,4	31,9	33,4	28,6	22,8	23,2	23,5	25,5
Λοιπός ενεργειακός τομέας	2,4	2,2	3,1	3,5	2,8	2,6	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3
Εκπομπές από μη ενεργειακές δραστηριότητες	30,3	30,8	31,6	31,8	25,0	22,2	21,0	21,2	20,5	20,3	20,6	21,2	21,7
Εκπομπές CO ₂ από βιομηχανικές διεργασίες	6,9	7,5	7,9	8,0	6,1	5,0	5,5	5,9	6,3	6,6	6,7	7,0	7,2
Λοιπές εκπομπές CO ₂	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Εκπομπές λοιπών αερίων θερμοκηπίου	23,1	23,2	23,5	23,5	18,7	16,9	15,3	15,1	14,1	13,6	13,7	14,1	14,3
Σύνολο εκπομπών αερίων θερμοκηπίου	101,4	108,9	120,5	127,5	109,3	96,7	97,3	100,4	95,2	89,1	90,2	92,0	95,1

Πηγή: PRIMES.

Πίνακας 4.2

Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στα σενάρια με το πρότυπο PRIMES σε εκατ. τόνους ισοδυνάμου CO₂ (συνέχεια)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Σενάριο "ΑΠΕ"													
Εκπομπές από καύση ορυκτών καυσίμων	71,1	78,0	88,9	95,8	84,3	73,1	68,6	64,0	54,3	46,3	38,0	30,8	24,9
Βιομηχανία	9,3	9,8	9,9	8,2	6,0	5,1	4,0	3,8	3,8	3,5	3,2	2,6	2,0
Οικιακός τομέας	4,6	4,8	7,5	9,7	9,7	9,1	9,3	9,8	9,9	9,0	7,5	6,0	3,9
Υψηλές	0,6	0,6	0,8	1,5	1,4	1,3	1,5	1,4	1,3	1,2	0,8	0,5	0,3
Γεωργία	2,7	2,6	2,6	2,7	2,7	2,5	2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,0	0,3
Μεταφορές	17,2	19,1	21,3	23,9	23,0	23,3	23,4	23,5	23,6	20,2	17,4	13,1	11,1
Ηλεκτροπαραγωγή	34,1	39,0	43,9	46,3	38,7	29,2	25,6	21,0	11,2	8,5	5,8	6,2	6,2
Λοιπές ενεργειακές τομέας	2,4	2,2	3,1	3,5	2,8	2,6	2,3	2,2	2,1	1,8	1,6	1,3	1,2
Εκπομπές από μη ενεργειακές δραστηριότητες	30,3	30,8	31,6	31,8	25,0	20,6	20,4	20,4	19,1	17,7	15,9	13,3	12,7
Εκπομπές CO ₂ από βιομηχανικές διεργασίες	6,9	7,5	7,9	8,0	6,1	5,0	5,5	5,9	6,0	5,1	3,5	0,9	0,6
Λοιπές εκπομπές CO ₂	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Εκπομπές λοιπών αερίων θερμοκηπίου	23,1	23,2	23,5	23,5	18,7	15,4	14,7	14,4	13,0	12,6	12,3	12,3	12,1
Σύνολο εκπομπών αερίων θερμοκηπίου	101,4	108,9	120,5	127,5	109,3	93,7	88,9	84,5	73,4	64,1	53,9	44,1	37,5
Σενάριο "ΑΠΕ και CCS"													
Εκπομπές από καύση ορυκτών καυσίμων	71,1	78,0	88,9	95,8	84,3	73,0	70,2	50,7	51,6	46,7	41,6	33,9	26,6
Βιομηχανία	9,3	9,8	9,9	8,2	6,0	5,1	4,0	3,8	3,8	3,5	3,2	2,6	2,0
Οικιακός τομέας	4,6	4,8	7,5	9,7	9,7	9,1	9,3	9,8	10,0	9,1	7,6	6,1	4,0
Υψηλές	0,6	0,6	0,8	1,5	1,4	1,3	1,5	1,4	1,3	1,2	0,8	0,5	0,3
Γεωργία	2,7	2,6	2,6	2,7	2,7	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,0	1,6	0,7
Μεταφορές	17,2	19,1	21,3	23,9	23,0	23,3	23,4	23,5	23,6	20,2	17,4	13,1	11,1
Ηλεκτροπαραγωγή	34,1	39,0	43,9	46,3	38,7	29,2	27,2	7,6	8,5	8,8	9,1	8,6	7,4
Λοιπές ενεργειακές τομέας	2,4	2,2	3,1	3,5	2,8	2,6	2,3	2,2	2,1	1,8	1,6	1,4	1,2
Εκπομπές από μη ενεργειακές δραστηριότητες	30,3	30,8	31,6	31,8	25,0	20,6	20,4	20,4	19,1	17,7	15,9	13,3	12,7
Εκπομπές CO ₂ από βιομηχανικές διεργασίες	6,9	7,5	7,9	8,0	6,1	5,0	5,5	5,9	6,0	5,1	3,5	0,9	0,6
Λοιπές εκπομπές CO ₂	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Εκπομπές λοιπών αερίων θερμοκηπίου	23,1	23,2	23,5	23,5	18,7	15,4	14,7	14,4	13,0	12,6	12,3	12,3	12,1
Σύνολο εκπομπών αερίων θερμοκηπίου	101,4	108,9	120,5	127,5	109,3	93,7	90,6	71,1	70,7	64,5	57,5	47,2	39,3

Πηγή: PRIMES.

Πίνακας 4.2

Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στα σενάρια με το πρότυπο PRIMES σε εκατ. τόνους ισοδυνάμου CO₂ (συνέχεια)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Σενάριο "ΑΠΕ και πυρηνικά"													
Εκπομπές από καύση ορυκτών καυσίμων	71,1	78,0	88,9	95,8	84,3	73,0	70,1	69,5	60,0	49,4	44,1	35,9	30,4
Βιομηχανία	9,3	9,8	9,9	8,2	6,0	5,1	4,0	3,8	3,8	3,5	3,1	2,6	2,0
Οικιακός τομέας	4,6	4,8	7,5	9,7	9,7	9,1	9,3	9,8	10,0	9,1	7,6	6,1	4,0
Υπηρεσίες	0,6	0,6	0,8	1,5	1,4	1,3	1,5	1,4	1,3	1,2	0,8	0,5	0,3
Γεωργία	2,7	2,6	2,6	2,7	2,7	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,0	1,6	0,7
Μεταφορές	17,2	19,1	21,3	23,9	23,0	23,3	23,4	23,5	23,6	20,2	17,4	13,1	11,1
Ηλεκτροπαραγωγή	34,1	39,0	43,9	46,3	38,7	29,2	27,1	26,4	16,9	11,4	11,6	10,7	11,2
Λοιπός ενεργειακός τομέας	2,4	2,2	3,1	3,5	2,8	2,6	2,3	2,2	2,2	1,8	1,6	1,4	1,2
Εκπομπές από μη ενεργειακές δραστηριότητες	30,3	30,8	31,6	31,8	25,0	20,6	20,4	20,4	19,1	17,8	15,9	13,3	12,7
Εκπομπές CO₂ από βιομηχανικές διεργασίες	6,9	7,5	7,9	8,0	6,1	5,0	5,5	5,9	6,0	5,1	3,5	0,9	0,6
Λοιπές εκπομπές CO₂	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Εκπομπές λοιπών αερίων θερμοκηπίου	23,1	23,2	23,5	23,5	18,7	15,4	14,7	14,4	13,0	12,6	12,3	12,3	12,1
Σύνολο εκπομπών αερίων θερμοκηπίου	101,4	108,9	120,5	127,5	109,3	93,7	90,4	89,9	79,1	67,1	60,0	49,2	43,1

Πηγή: PRIMES.

Πίνακας 4.3

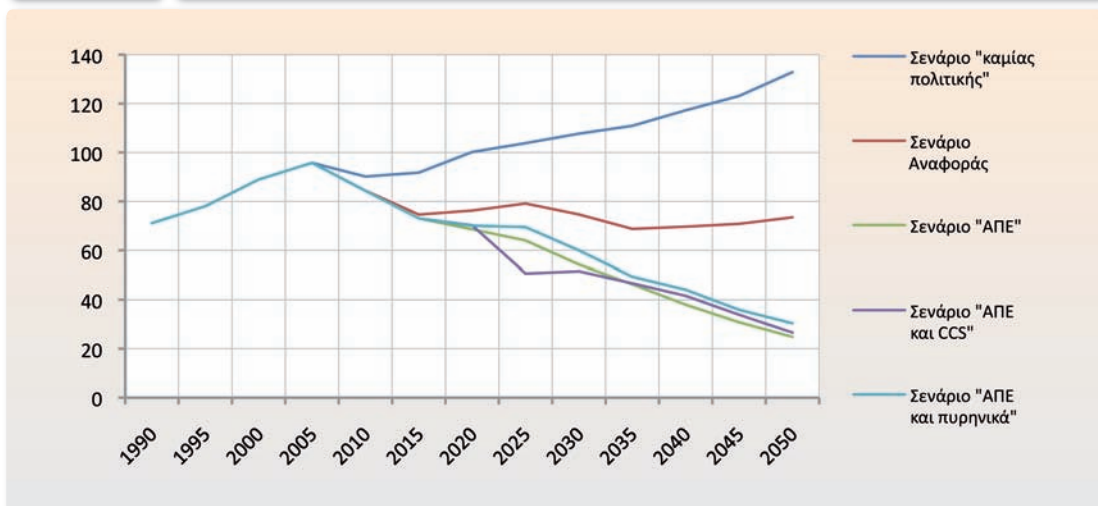
Μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στο Σενάριο Μετριασμού

Σενάριο "ΑΠΕ"	Εκατοστιαία μεταβολή έναντι Σεναρίου Αναφοράς 2020			Εκατοστιαία μεταβολή έναντι Σεναρίου "καμίας πολιτικής"		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050
Εκπομπές από καύση ορυκτών καυσίμων	-10,1	-27,3	-66,2	-31,6	-49,6	-81,3
Βιομηχανία	-2,4	-3,6	-55,9	-33,6	-33,0	-69,6
Οικιακός τομέας	-4,5	-7,8	-56,9	-11,8	-21,5	-69,9
Υπηρεσίες	-5,8	-13,1	-83,6	-11,6	-28,6	-87,0
Γεωργία	-4,3	-8,9	-90,7	-7,6	-14,6	-91,5
Μεταφορές	-2,3	-5,5	-59,9	-14,7	-21,8	-68,4
Ηλεκτροπαραγωγή	-19,7	-60,8	-75,7	-47,7	-78,3	-91,1
Λοιπός ενεργειακός τομέας	-3,4	-10,5	-48,2	-18,1	-33,1	-62,1
Εκπομπές από μη ενεργειακές δραστηριότητες	-3,2	-7,0	-41,4	-10,7	-17,1	-47,6
Εκπομπές CO ₂ από βιομηχανικές διεργασίες	-0,3	-5,2	-91,6	-0,5	-6,2	-92,5
Λοιπές εκπομπές CO ₂	-7,0	-18,6	-77,9	-25,9	-47,8	-88,7
Εκπομπές λοιπών αερίων θερμοκηπίου	-4,2	-7,6	-15,7	-13,8	-20,9	-24,4
Σύνολο εκπομπών αερίων θερμοκηπίου	-8,6	-22,9	-60,5	-27,7	-43,9	-76,1

Πηγή: PRIMES.

θέτει κάθε τομέας μέσω διαφόρων ενεργειών. Σε κάθε ενέργεια το πρότυπο θεωρεί ότι το κόστος αυξάνεται μη γραμμικά ανάλογα με το εύρος ανάπτυξης κάθε ενέργειας συγκριτικά με τις δυνατότητες. Με τον τρόπο αυτό η βέλτιστη κατανομή της προσπάθειας μείωσης κατά

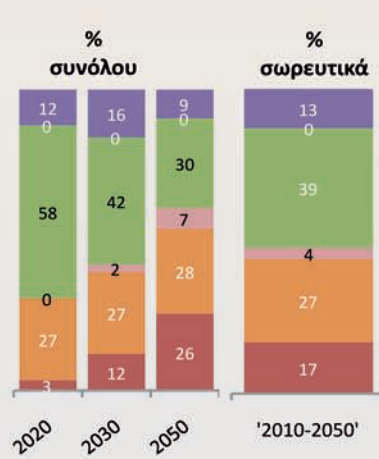
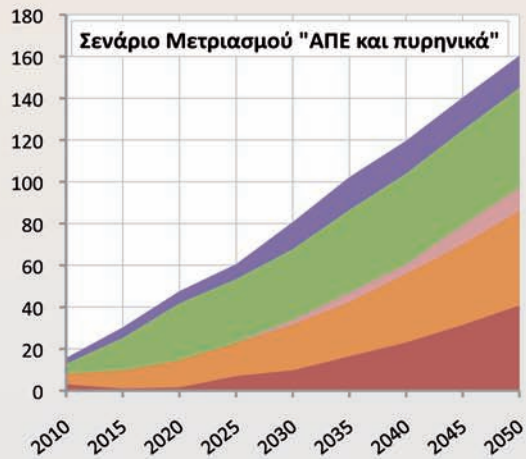
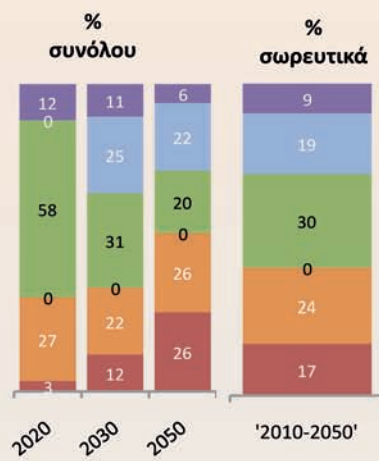
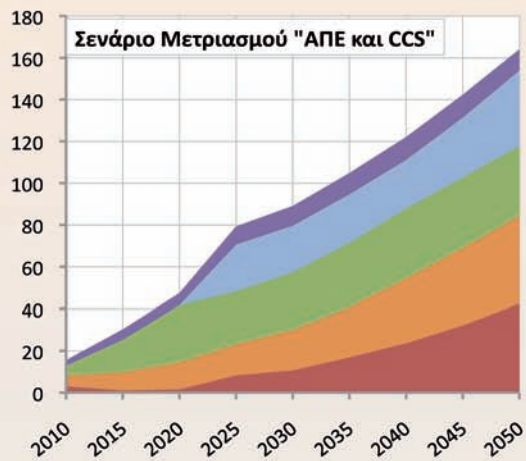
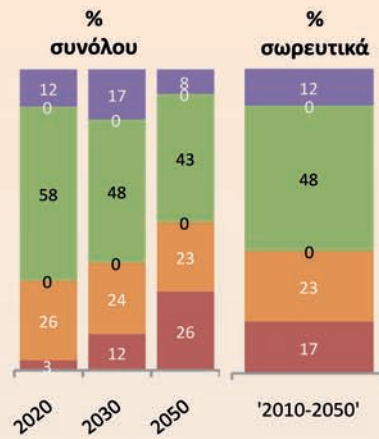
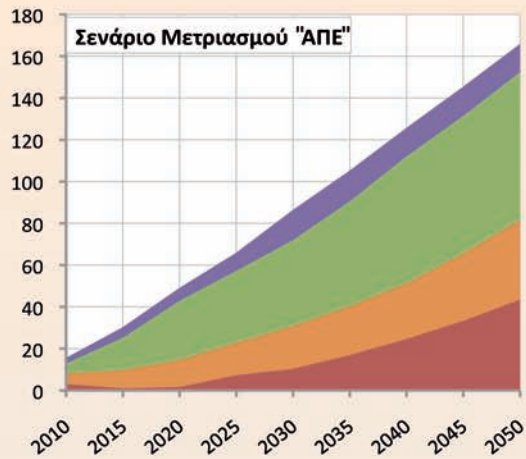
Διάγραμμα 4.5

Σύνολο εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε εκατ. τόνους ισοδυνάμου CO₂

Πηγή: PRIMES.

Διάγραμμα 4.6

Ανάλυση της συνεισφοράς διαφόρων μέσων στη μείωση των εκπομπών του ενεργειακού τομέα από τα επίπεδα του 2005 σε εκατ. τόνους CO₂



■ Εξοικονόμηση ενέργειας λόγω αγοράς
 ■ Πυρηνικά
 ■ ΑΠΕ
 ■ Φυσικό αέριο

■ Εξοικονόμηση ενέργειας λόγω πολιτικής
 ■ ΑΠΕ
 ■ Φυσικό αέριο

Πηγή: PRIMES.

4 Προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών

τομέα περιλαμβάνει όλες τις ενέργειες και σε όλους τους τομείς, χωρίς εξάντληση των δυνατοτήτων. Για μέγιστη ευελιξία προσαρμογής και μείωση του συνολικού κόστους, είναι σημαντικό να μην αποκλείονται ενέργειες, ιδίως στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Για το σκοπό αυτό εξετάστηκαν εναλλακτικά σενάρια, όπως αναφέρθηκε ανωτέρω.

Παρόμοια είναι η δραστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στις τρεις παραλλαγές του Σεναρίου Μετριασμού (Διάγραμμα 4.5 πιο πάνω).

Το Διάγραμμα 4.6 (προηγούμενη σελίδα) δείχνει τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον ενεργειακό τομέα συγκριτικά με τις εκπομπές του έτους 2005 και καταθέτει τη μείωση αυτή μεταξύ των διαφόρων τρόπων μείωσης των εκπομπών, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μαθηματικού προτύπου για κάθε Σενάριο Μετριασμού.

Η συνεισφορά της εξοικονόμησης ενέργειας είναι η μεγαλύτερη από όλους τους τρόπους μείωσης των εκπομπών και ευθύνεται, σωρευτικά για την περίοδο 2005-2050, για περισσότερο από το 40% της συνολικής μείωσης. Οι ΑΠΕ συνεισφέρουν κατά 48% στο Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ” και μεταξύ 30% και 39% στα άλλα δύο σενάρια μετριασμού. Η συνεισφορά της δέσμευσης και αποθήκευσης CO₂ φθάνει το 19% της συνολικής μείωσης των εκπομπών και αναπτύσσεται μόνο στο Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ και CCS”. Η συνεισφορά της πυρηνικής ενέργειας, που αναπτύσσεται μόνο στο Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ και πυρηνικά”, είναι μικρή. Το φυσικό αέριο, υποκαθιστώντας άλλα ορυκτά καύσιμα, συνεισφέρει μεταξύ 9% και 12% στη συνολική μείωση των εκπομπών.

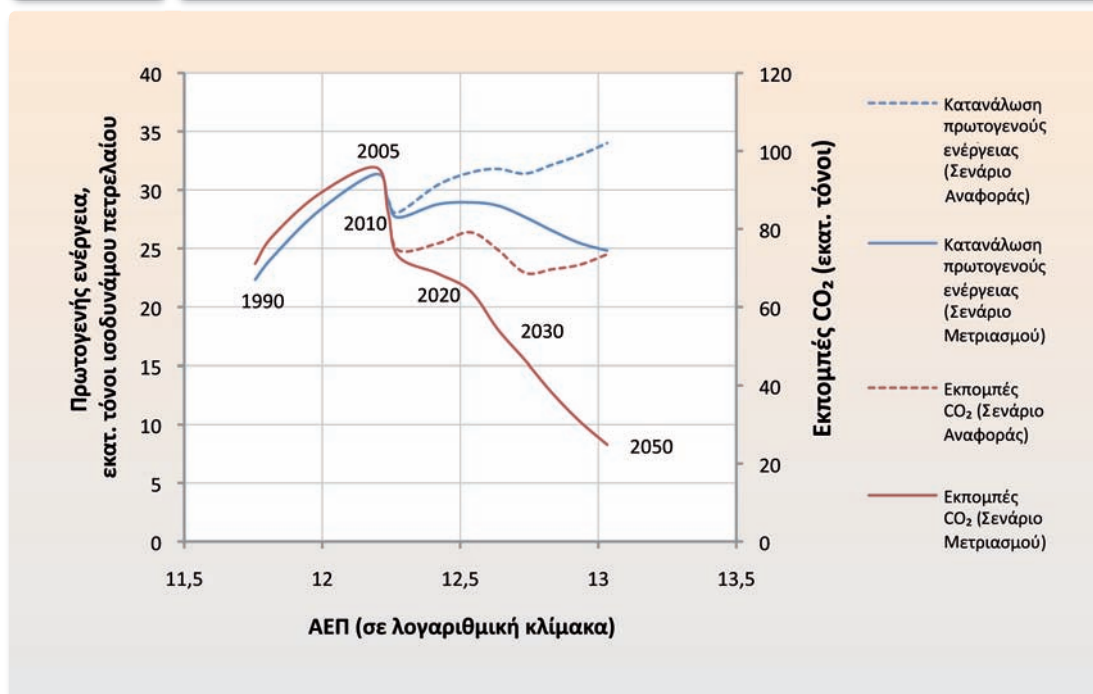
Η σημασία της εξοικονόμησης ενέργειας

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ίσως η σημαντικότερη κατηγορία ενεργειών για τη μείωση των εκπομπών: η μείωση της ζήτησης ενέργειας μειώνει τις εκπομπές τόσο άμεσα, δηλαδή στις τελικές καταναλώσεις, όσο και έμμεσα, στην παραγωγή ενέργειας, ενώ παράλληλα είναι και η πιο οικονομική μορφή μείωσης των εκπομπών. Υπάρχουν όμως πολλά εμπόδια στην ανάληψη εκτεταμένης δράσης για την εξοικονόμηση ενέργειας, τα οποία συσχετίζονται με το γεγονός ότι οι σχετικές αποφάσεις αναλαμβάνονται από μεμονωμένα άτομα και επιχειρήσεις μικρής κλίμακας.

Η εξοικονόμηση ενέργειας προκύπτει εφόσον ο καταναλωτής αποφασίσει να δαπανήσει παραπάνω για αγορά εξοπλισμού ή για αναβάθμιση κτηρίων με σκοπό να δαπανά λιγότερα χρήματα κάθε έτος για τη λειτουργία του εξοπλισμού. Οι αποφάσεις αυτές λαμβάνονται με υποκειμενικά κριτήρια, στα οποία συνήθως υπεισέρχονται αφενός υψηλά επιτόκια αναγωγής (σαφώς υψηλότερα από αυτά που χρησιμοποιούν μεγάλες επιχειρήσεις ή το κράτος) και αφετέρου παράγοντας κινδύνου που οφείλονται σε ελλιπή πληροφόρηση σχετικά με τις νέες τεχνολογίες και την αποδοτικότητά τους. Αποφάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που θεωρούνται αποδοτικές με βάση οικονομοτεχνικές μελέτες δεν λαμβάνονται στην πράξη λόγω των ανωτέρω παραγόντων.

Διάγραμμα 4.7

Αποδέσμευση του ΑΕΠ από τις εκπομπές CO₂ και την κατανάλωση ενέργειας



Πηγή: PRIMES.

Για την άρση των εμποδίων αυτών απαιτείται ισχυρή παρέμβαση του κράτους με σειρά μέτρων πολιτικής, στα οποία περιλαμβάνονται: η θέσπιση αυστηρών προδιαγραφών και κανονισμών, η εκτεταμένη πληροφόρηση, η δημιουργία χρηματοδοτικών μηχανισμών, η εφαρμογή μεθόδων χρηματοδότησης από τρίτους, όπως οι Εταιρίες Ενεργειακών Υπηρεσιών (ESCO), καθώς και η εφαρμογή συστημάτων εμπορεύσιμων πιστοποιητικών ενεργειακών παρεμβάσεων εξοικονόμησης, όπως τα Λευκά Πιστοποιητικά.

Στο πλαίσιο της μείωσης των εκπομπών για το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, η ανάκαμψη της οικονομίας και η αύξηση του ΑΕΠ πρέπει, όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της ανάλυσης, να γίνει παράλληλα με την αναδιάρθρωση του ενεργειακού συστήματος, ούτως ώστε να αποσυνδεθεί η αύξηση του ΑΕΠ από την αύξηση των εκπομπών. Στο πλαίσιο του Σεναρίου Μετριασμού πρέπει η εξοικονόμηση ενέργειας και η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας σε όλους τους τομείς να φθάσουν σε τέτοια επίπεδα ώστε η συνολική κατανάλωση ενέργειας να αποσυνδεθεί πλήρως από τη μεγέθυνση του ΑΕΠ και να μειώνεται συνεχώς ως απόλυτο μέγεθος από το επίπεδο της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης του 2010. Η ανεξάρτηση από το ΑΕΠ στο Σενάριο Μετριασμού δείχνεται στο Διάγραμμα 4.7. Το διάγραμμα αυτό δείχνει επίσης ότι οι τρέχουσες πολιτικές (Σενάριο Αναφοράς) δεν επαρκούν για να οδηγήσουν τη συνολική κατανάλωση ενέργειας σε επίπεδα συμβατά με τους στόχους του Σεναρίου Μετριασμού.

Πίνακας 4.4

Δείκτες ενεργειακής έντασης και έντασης των εκπομπών CO₂ της εθνικής οικονομίας στα σενάρια μετριασμού

	2010	2020	2030	2050
Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ"				
Εκπομπές CO ₂ (Mt)	84,36	68,58	54,26	24,85
Ενεργειακή ένταση (toe/Μ€05)	141,05	116,42	93,22	54,31
Συσχέτιση εκπομπών και ΑΕΠ (t CO ₂ /Μ€05)	408,22	277,60	176,49	54,40
Ανθρακική Ένταση της Ενέργειας (t CO ₂ /τιπ πρωτογενούς ενέργειας)	2,89	2,38	1,89	1,43
Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ και CCS"				
Εκπομπές CO ₂ (Mt)	84,36	70,20	51,59	26,61
Ενεργειακή ένταση (toe/Μ€05)	141,05	117,59	102,72	62,71
Συσχέτιση εκπομπών και ΑΕΠ (t CO ₂ /Μ€05)	408,22	284,16	167,84	58,25
Ανθρακική Ένταση της Ενέργειας (t CO ₂ /τιπ πρωτογενούς ενέργειας)	2,89	2,42	1,63	0,93
Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ και πυρηνικά"				
Εκπομπές CO ₂ (Mt)	84,36	70,07	60,02	30,38
Ενεργειακή ένταση (toe/Μ€05)	141,05	117,46	96,63	57,93
Συσχέτιση εκπομπών και ΑΕΠ (t CO ₂ /Μ€05)	408,22	283,61	195,24	66,50
Ανθρακική Ένταση της Ενέργειας (t CO ₂ /τιπ πρωτογενούς ενέργειας)	2,89	2,41	2,02	1,15

Πηγή: PRIMES.

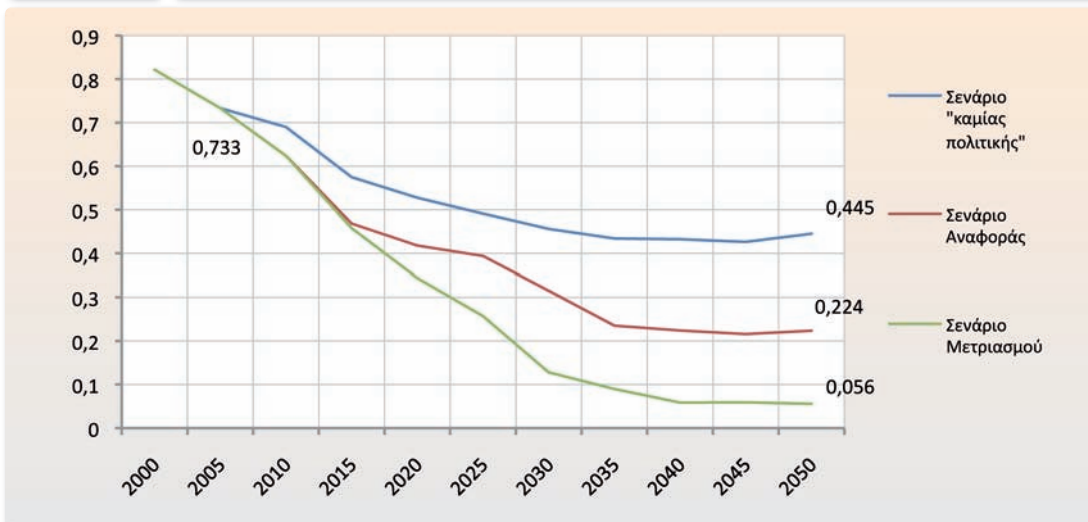
Ο κομβικός ρόλος της ηλεκτρικής ενέργειας στα σενάρια μετριασμού

Η ανάλυση δείχνει ότι ο ρόλος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι καίριας σημασίας για τη μείωση των εκπομπών στα επιθυμητά επίπεδα, και αυτό επιτυγχάνεται με τρεις τρόπους: με το σχεδόν μηδενισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ηλεκτροπαραγωγή, με την επέκταση της χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας σε τελικές ενεργειακές χρήσεις, κυρίως μέσω των αντλιών θερμότητας αλλά και με άλλες μεθόδους, καθώς και με τη γενίκευση της ηλεκτροκίνησης στις οδικές μεταφορές. Επιπλέον, η χρησιμοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας σε τελικές ενεργειακές χρήσεις οδηγεί σε θεαματική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε όλους τους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των οδικών μεταφορών. Η επέκταση της χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας σε τελικές χρήσεις απαιτεί μέτρα πολιτικής και νέες υποδομές και έχει νόημα μόνο αν συντονίζεται με την εξέλιξη της διαδικασίας δραστηκής μείωσης των εκπομπών στην ηλεκτροπαραγωγή.

Η ανθρακική ένταση της ηλεκτροπαραγωγής (Διάγραμμα 4.8) μειώνεται θεαματικά στα σενάρια μετριασμού, με αποτέλεσμα η ηλεκτρική ενέργεια να αποτελεί μακροχρόνια ενεργειακό μέσον με σχεδόν μηδενικές εκπομπές και έτσι να καθίσταται σκόπιμη η υποκατάσταση ορυκτών καυσίμων από την ηλεκτρική ενέργεια στις τελικές ενεργειακές χρήσεις. Η αντίστοιχη μείωση στο Σενάριο Αναφοράς (συγκριτικά με το Σενάριο "καμίας πολιτικής") είναι σημαντική, όμως είναι ανεπαρκής για τη δραστηκή μείωση των εκπομπών συνολικά στο σύστημα.

Διάγραμμα 4.8

Ανθρακική ένταση της ηλεκτροπαραγωγής
(Τόνοι CO₂/MWh)



Πηγή: PRIMES.

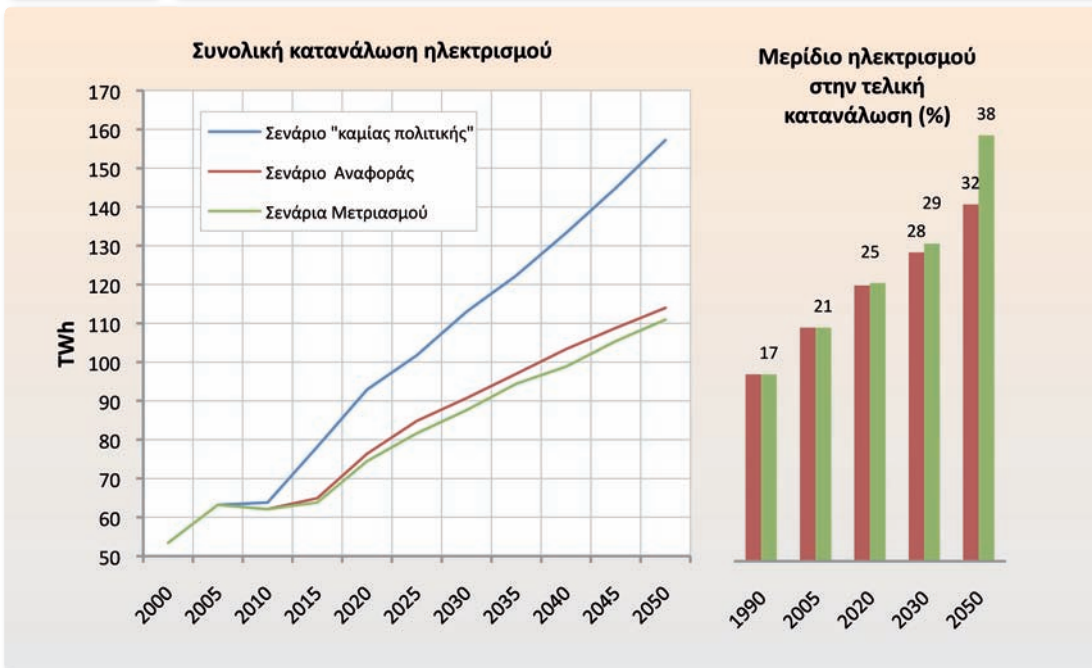
Τα αποτελέσματα (Διάγραμμα 4.9) δείχνουν ότι στο Σενάριο Μετριασμού (σε όλες τις παραλλαγές) η ηλεκτρική ενέργεια κατακτά μεγαλύτερο μερίδιο στη συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας συγκριτικά με το Σενάριο Αναφοράς. Ταυτόχρονα όμως, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε απόλυτα μεγέθη μειώνεται στα Σενάρια Μετριασμού συγκριτικά με το Σενάριο Αναφοράς, και ακόμα περισσότερο συγκριτικά με το Σενάριο “καμίας πολιτικής”, επειδή τα Σενάρια Μετριασμού περιλαμβάνουν μεγαλύτερη προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας και βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας. Χάρη στην εξοικονόμηση, η κατανάλωση ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτρικής, μειώνεται στους τομείς των οικιών, κτηρίων και βιομηχανιών στο πλαίσιο των Σεναρίων Μετριασμού συγκριτικά με τα λοιπά σενάρια. Η μείωση αυτή προκύπτει της ίδιας τάξεως μεγέθους με την αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στις μεταφορές, η οποία είναι θεαματική στο πλαίσιο των Σεναρίων Μετριασμού, ενώ η ηλεκτροκίνηση των οδικών μεταφορών δεν αναπτύσσεται στο πλαίσιο των λοιπών σεναρίων. Χωρίς το εύρος εξοικονόμησης ενέργειας που λαμβάνει χώρα στο πλαίσιο των Σεναρίων Μετριασμού, η πρόσθετη κατανάλωση στις μεταφορές θα επιβάρυνε την ηλεκτροπαραγωγή και θα καθιστούσε δυσκολότερη την ανεξάρτηση από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (βλ. Διάγραμμα 4.10).

Το Σενάριο Μετριασμού καταδεικνύει ακριβώς τα αποτελέσματα μιας “συστημικής” προσέγγισης της ενεργειακής και περιβαλλοντικής πολιτικής, δηλαδή πολιτικής που συντονίζει τις δράσεις μεταξύ των τομέων παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας.

Επομένως, η αναδιάρθρωση της ηλεκτροπαραγωγής προς την κατεύθυνση της δραστηκής μείωσης των εκπομπών είναι κατά συνέπεια επιλογή κομβικής σημασίας, η οποία όμως απαι-

Διάγραμμα 4.9

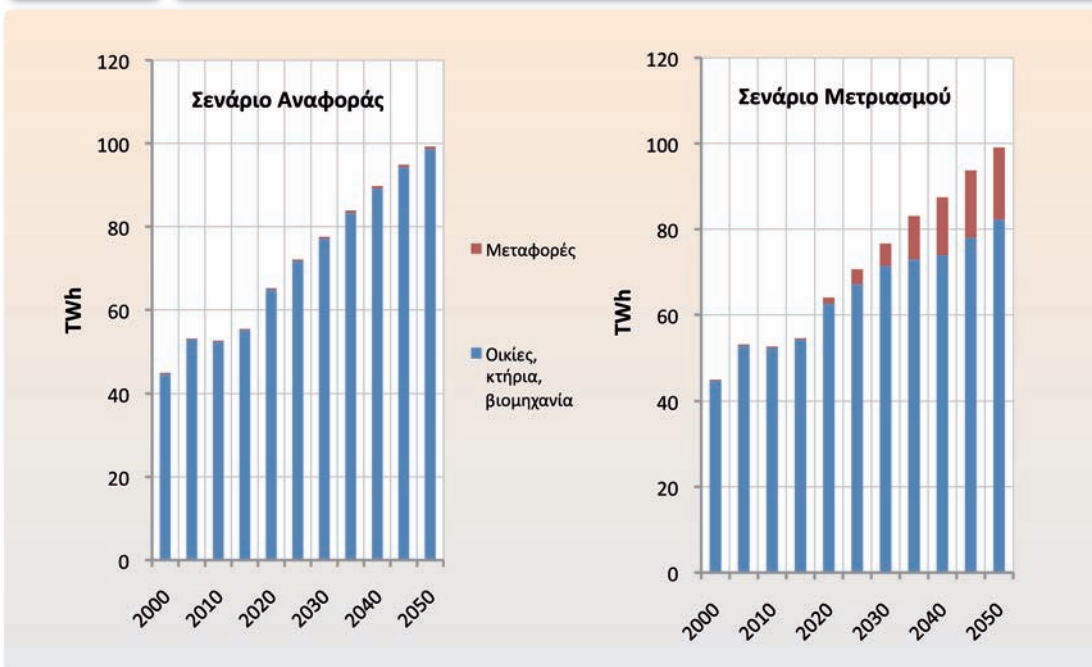
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και μερίδα στην τελική κατανάλωση ενέργειας



Πηγή: PRIMES.

Διάγραμμα 4.10

Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τομέα



Πηγή: PRIMES.

τεί πολύ χρόνο και συνέπεια ώστε να πραγματοποιηθεί χωρίς επιπτώσεις στην ασφάλεια και αξιοπιστία της τροφοδοσίας των καταναλωτών. Πέραν της διασφάλισης κατάλληλων συνθηκών για την πραγματοποίηση των αναγκαίων επενδύσεων στην ηλεκτροπαραγωγή, απαιτείται και η συνεπής ανάπτυξη, επί μακρό χρόνο, των έργων υποδομής στα δίκτυα και τις διασυνδέσεις, για τα οποία θα χρειαστούν δαπάνες πολλαπλάσιες του σημερινού ύψους.

Η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα αποτελεί μια περίπλοκη και μακρόχρονη διαδικασία, η οποία οφείλει να ξεκινήσει αρκετά νωρίς. Η επίτευξη σχεδόν μηδενικών εκπομπών άνθρακα στην ηλεκτροπαραγωγή αποδεικνύεται εφικτός στόχος, ωστόσο απαιτεί καίριες στρατηγικές αποφάσεις κατά την περίοδο 2015-2030. Χωρίς την έγκαιρη αυτή προσαρμογή της στρατηγικής, το κόστος επίτευξης των στόχων του Σεναρίου Μετριασμού (σε μορφή σωρευτικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά την περίοδο 2010-2050) θα είναι σημαντικά αυξημένο.

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ είναι κύρια επιλογή σε όλα τα Σενάρια Μετριασμού

Η Ελλάδα έχει αναμφισβήτητα σημαντικό δυναμικό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και επομένως όλες οι παραλλαγές του Σεναρίου Μετριασμού περιλαμβάνουν αξιόλογη ανάπτυξη της χρήσης των ΑΠΕ, ιδίως στην ηλεκτροπαραγωγή. Οι τρέχουσες πολιτικές, που αποτυπώνονται στο Σενάριο Αναφοράς, επίσης φιλοδοξούν να υπάρξει σημαντική ανάπτυξη της χρήσης των ΑΠΕ συγκριτικά με τα σημερινά επίπεδα, τα οποία είναι ιδιαίτερος χαμηλά.

Ο Πίνακας 4.5 παρουσιάζει τον υπολογισμό των δεικτών ΑΠΕ κατά τη Eurostat σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μαθηματικού προτύπου για τα διάφορα σενάρια. Οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούνται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για τον έλεγχο συμμόρφωσης των κρατών-μελών προς την Οδηγία για τις ΑΠΕ.

Το Σενάριο Αναφοράς επιτυγχάνει τους στόχους για τις ΑΠΕ το 2020 (βλ. γενικό δείκτη ΑΠΕ) και περαιτέρω τους βελτιώνει μακροχρόνια. Και οι τρεις παραλλαγές του Σεναρίου Μετριασμού επιτυγχάνουν σαφώς υψηλότερες επιδόσεις σχετικά με τους δείκτες ΑΠΕ συγκριτικά με το Σενάριο Αναφοράς. Αυτό οφείλεται αφενός στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας λόγω εκτεταμένης εξοικονόμησης στα σενάρια αυτά (η κατανάλωση υπεισέρχεται στον παρονομαστή των δεικτών ΑΠΕ) και αφετέρου στη δραστική μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Χαρακτηριστική είναι η θεαματική άνοδος του δείκτη ΑΠΕ για θέρμανση και ψύξη στα Σενάρια Μετριασμού συγκριτικά με το Σενάριο Αναφοράς. Η μεγάλη άνοδος του δείκτη ΑΠΕ στις μεταφορές οφείλεται εν μέρει στα βιοκαύσιμα, αλλά περισσότερο οφείλεται στον εξηλεκτρισμό των μεταφορών σε συνδυασμό με τη μεγάλη συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή.

Η οργάνωση του μελλοντικού συστήματος ηλεκτροπαραγωγής με μεγάλη συνεισφορά των ΑΠΕ είναι μια σημαντική οικονομική και τεχνική πρόκληση. Στοχαστικές ΑΠΕ θεωρούνται οι μορφές εκείνες, όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια, για τις οποίες η ηλεκτροπαραγωγή εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα της πρωτογενούς ενέργειας και όχι από τις αποφάσεις φόρτισης μονάδων από το διαχειριστή του συστήματος. Σύστημα με μεγάλο ποσοστό στοχαστικών ΑΠΕ

Πίνακας 4.5

Δείκτες ΑΠΕ (κατά Eurostat) ως ποσοστό % της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας στα διάφορα σενάρια

	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Σενάριο Αναφοράς						
ΑΠΕ θέρμανσης-ψύξης	13,7	13,0	22,9	16,9	17,2	17,6
ΑΠΕ ηλεκτροπαραγωγής	7,1	14,8	38,7	45,6	48,3	44,4
ΑΠΕ μεταφορών	0,0	2,2	8,1	9,0	9,6	9,5
Γενικός δείκτης ΑΠΕ	7,2	9,3	21,5	22,8	24,9	24,4
Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ"						
ΑΠΕ θέρμανσης-ψύξης	13,7	13,0	23,8	19,6	23,3	34,8
ΑΠΕ ηλεκτροπαραγωγής	7,1	14,8	45,7	62,8	78,2	77,4
ΑΠΕ μεταφορών	0,0	2,2	9,1	16,4	46,8	64,2
Γενικός δείκτης ΑΠΕ	7,2	9,3	23,8	29,3	45,4	61,6
Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ και CCS"						
ΑΠΕ θέρμανσης-ψύξης	13,7	13,0	23,8	19,1	21,8	32,6
ΑΠΕ ηλεκτροπαραγωγής	7,1	14,8	43,7	44,6	44,8	40,5
ΑΠΕ μεταφορών	0,0	2,2	9,1	13,9	36,6	51,5
Γενικός δείκτης ΑΠΕ	7,2	9,3	23,3	23,8	31,5	41,1
Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ και πυρηνικά"						
ΑΠΕ θέρμανσης-ψύξης	13,7	13,0	23,8	19,0	21,8	32,6
ΑΠΕ ηλεκτροπαραγωγής	7,1	14,8	43,8	49,9	51,7	46,1
ΑΠΕ μεταφορών	0,0	2,2	9,1	14,7	38,9	53,7
Γενικός δείκτης ΑΠΕ	7,2	9,3	23,3	25,1	34,1	44,3

Πηγή: PRIMES.

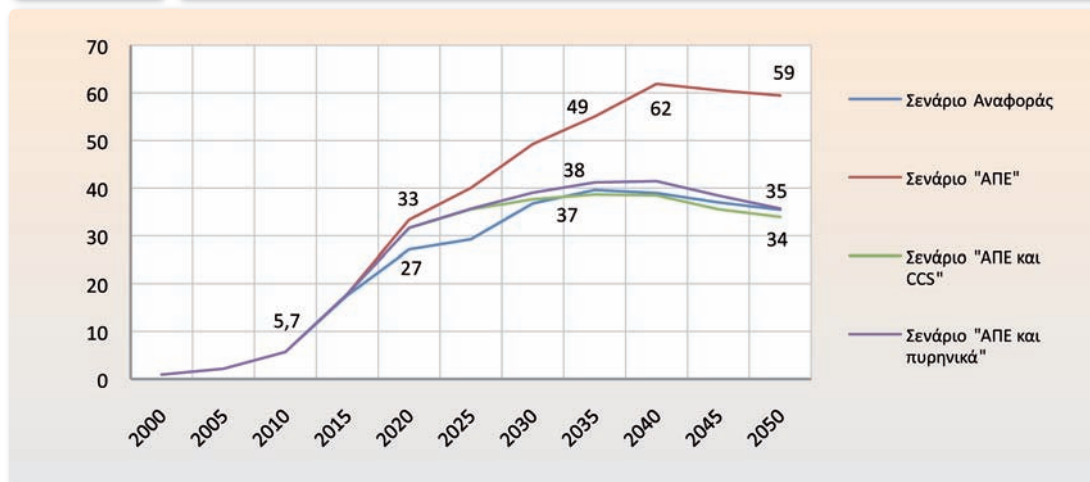
θα απαιτεί μεγάλη εφεδρεία θερμικών μονάδων ή μεγάλης έκτασης αποθηκευτικά συστήματα. Κατά τις περιόδους χαμηλού φορτίου θα απαιτείται η περικοπή των στοχαστικών ΑΠΕ σε περίπτωση ανεπαρκών αποθηκευτικών δυνατοτήτων. Η οργάνωση της αγοράς θα είναι επίσης διαφορετική από τη σημερινή, δεδομένου ότι μεγάλο ποσοστό της παραγωγής θα αμείβεται κατά προτεραιότητα και μάλιστα σε προκαθορισμένες τιμές.

Τα ζητήματα αυτά τίθενται και για το Σενάριο Αναφοράς, και μάλιστα για το χρονικό ορίζοντα του 2020, οπότε 30% της ηλεκτροπαραγωγής θα προέρχεται από στοχαστικά ΑΠΕ.

Στο Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ", το ποσοστό των στοχαστικών ΑΠΕ θα πρέπει να αυξηθεί περαιτέρω και να φθάσει το 60% περίπου κατά την περίοδο μετά το 2035. Τα τεχνικά και οικονομικά ζητήματα που θα πρέπει να επιλυθούν ώστε να διατηρηθεί η αξιόπιστη και οικονομική λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος είναι σημαντικά. Η προσομοίωση με το μαθηματικό πρότυπο έχει βασιστεί στην υπόθεση της ανάπτυξης αποθηκευτικών συστημάτων (υδροηλεκτρικά και υδρογόνο) σε συνδυασμό με έξυπνα δίκτυα.

Διάγραμμα 4.11

Στοχαστικές ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Ποσοστά %)



Πηγή: PRIMES.

Τα εναλλακτικά σενάρια μετριασμού διατηρούν το ποσοστό των στοχαστικών ΑΠΕ σε χαμηλότερα επίπεδα (κάτω του 40% σε όλη την περίοδο) και επομένως, τεχνικά, είναι περισσότερο εφαρμόσιμα σε σχέση με τη λειτουργία του συστήματος. Όμως εμπεριέχουν άλλες σημαντικές κατηγορίες αβεβαιότητας, όπως η αποθήκευση CO₂ ή η πυρηνική ενέργεια. Το στρατηγικό πρόβλημα της ανάπτυξης της ηλεκτροπαραγωγής προέρχεται από τη διαπίστωση ότι θερμική παραγωγή βασικού φορτίου με παραδοσιακή μορφή, δηλαδή με εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, δεν είναι διατηρήσιμη στο πλαίσιο του Σεναρίου Μετριασμού, ακόμα και αν η παραγωγή από λιγνίτες υποκατασταθεί πλήρως από παραγωγή με φυσικό αέριο. Ο σχεδόν μηδενισμός των εκπομπών στην ηλεκτροπαραγωγή είναι απαραίτητη προϋπόθεση ώστε η ηλεκτρική ενέργεια να αποτελεί το κατάλληλο μέσον υποκατάστασης ορυκτών καυσίμων στην τελική κατανάλωση και ιδίως στις μεταφορές.

Στο Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ και CCS", η ανάπτυξη των ΑΠΕ είναι επίσης σημαντική, ωστόσο η ηλεκτροπαραγωγή βασικού φορτίου επιτυγχάνεται μέσω σταθμών στερεών καυσίμων που δεσμεύουν το CO₂. Η αβεβαιότητα ως προς την αξιοπιστία του συστήματος είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με το Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ", καθώς οι στοχαστικές ΑΠΕ έχουν μικρότερο μερίδιο στο μείγμα της παραγωγής. Όμως, η χρησιμοποίηση των τεχνολογιών CCS προϋποθέτει να αμβλυνθούν οι αντιδράσεις που έχουν ήδη εκδηλωθεί, οι οποίες εστιάζονται στην επιλογή του χώρου αποθήκευσης του συλλεγόμενου CO₂, και να επιλυθούν τεχνικά προβλήματα που σχετίζονται με τη γεωλογική αποθήκευση.

Στο Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ και πυρηνικά", η ηλεκτροπαραγωγή βασικού φορτίου γίνεται με πυρηνική ενέργεια που αναπτύσσεται μετά το 2030, παράλληλα με μεγάλη ανάπτυξη των ΑΠΕ. Η αξιοπιστία του συστήματος είναι εξασφαλισμένη, όμως η αβεβαιότητα σχετικά με την

ανάπτυξη πυρηνικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι πολύ μεγάλη. Αυτή αφορά στη διαχείριση των ραδιενεργών αποβλήτων, στη διατήρηση πολύ υψηλών προδιαγραφών ασφαλείας στην όλη δραστηριότητα σχετικά με την πυρηνική ενέργεια, στο κόστος κατασκευής, δεδομένου ότι η χώρα δεν διαθέτει σχετική τεχνογνωσία και επιπλέον η αντισεισμική θωράκιση των κατασκευών θα είναι ιδιαίτερα δαπανηρή, και, βέβαια, στο πρόβλημα αποδοχής από την κοινή γνώμη και τους κατοίκους των περιοχών κοντά στους σταθμούς. Με τα σημερινά δεδομένα κρίνεται ότι, στην περίπτωση της Ελλάδος, η αβεβαιότητα σχετικά με την πυρηνική ενέργεια υπερβαίνει τα ενδεχόμενα οφέλη από τη χρήση της. Παρά ταύτα, για λόγους πληρότητας, η παρούσα μελέτη περιλαμβάνει ποσοτικοποίηση του σχετικού σεναρίου, για το οποίο όμως χρησιμοποιεί την υπόθεση ότι η μεγάλη αβεβαιότητα σχετικά με την πυρηνική ενέργεια αντιμετωπίζεται με επιτυχία.

Στρατηγική σημασία του φυσικού αερίου στην ηλεκτροπαραγωγή

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι τα αποτελέσματα του μαθηματικού προτύπου για όλες τις παραλλαγές του Σεναρίου Μετριασμού καταδεικνύουν ότι, σε κάθε περίπτωση και για όλο το χρονικό ορίζοντα των προβολών, ο ρόλος του φυσικού αερίου στην ηλεκτροπαραγωγή (αλλά και στην τελική κατανάλωση ενέργειας) παραμένει ιδιαίτερα σημαντικός.

Η ηλεκτροπαραγωγή από φυσικό αέριο διατηρείται και επεκτείνεται σε όλα τα σενάρια μετριασμού, με όχι μεγάλο μερίδιο στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά με μεγάλη συμμετοχή της ισχύος των μονάδων φυσικού αερίου στο σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος. Ο λόγος είναι ότι οι μονάδες φυσικού αερίου (ιδίως αυτές με ευελιξία στην άνοδο φορτίου) είναι οι κατάλληλες για την κάλυψη των αναγκών εφεδρείας και για την εξασφάλιση της αξιοπιστίας του συστήματος, τόσο στο σενάριο με τη μέγιστη ανάπτυξη ΑΠΕ όσο και στις λοιπές παραλλαγές του Σεναρίου Μετριασμού. Τα σενάρια αυτά περιλαμβάνουν ΑΠΕ σε μεγάλη έκταση και θερμικές ή πυρηνικές μονάδες κατάλληλες μόνο για το φορτίο βάσης, αλλά όχι για το κυμαινόμενο φορτίο. Κατά συνέπεια, σε όλες τις περιπτώσεις θα απαιτηθεί σε μεγάλη έκταση η διατήρηση ισχύος σε μονάδες φυσικού αερίου. Επιπλέον το φυσικό αέριο έχει τις χαμηλότερες εκπομπές CO₂, μεταξύ των συμβατικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής.

Σημασία της ολοκλήρωσης της περιφερειακής αγοράς

Για την αξιόπιστη λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος θα απαιτηθεί μεγαλύτερη ευελιξία στις εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας με τρόπο ώστε το ηλεκτρικό σύστημα της ευρύτερης περιοχής να μπορεί να συνεισφέρει στην εξισορρόπηση φορτίου.

Ο συντονισμός των διαχειριστών συστημάτων και η δημιουργία μόνιμου μηχανισμού για από κοινού εξισορρόπηση φορτίου στην περιφερειακή αγορά της Νοτιοανατολικής Ευρώπης προβλέπονται στο πλαίσιο της τρέχουσας πολιτικής για την ενιαία ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας, καθώς και στο πλαίσιο της Ενεργειακής Κοινότητας. Η ολοκλήρωση της περιφερειακής αγοράς αποκτά μεγάλη σημασία στην προοπτική της αναδιάρθρωσης των ηλεκτρικών συστημάτων

με σκοπό τη δραστική μείωση των εκπομπών και την ανάπτυξη ΑΠΕ σε μεγάλη κλίμακα. Η προσομοίωση με το μαθηματικό πρότυπο βασίζεται στην υπόθεση ότι η εξισορρόπηση φορτίου θα μπορεί να γίνεται στο μέλλον σε περιφερειακό επίπεδο, πράγμα που μειώνει το κόστος ανάπτυξης εφεδρικών συστημάτων στην Ελλάδα. Παρά την κοινή εξισορρόπηση φορτίου, η προβολή για το Σενάριο Μετριασμού δεν περιλαμβάνει σημαντική μεταβολή των συνολικών εισαγωγών ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Μεγάλες επενδύσεις σε ενεργειακές υποδομές

Οι επενδύσεις σε υποδομές για όλους τους τομείς της ενέργειας είναι σημαντικές σε μέγεθος και μεγάλης σημασίας για την αναδιάρθρωση του ενεργειακού συστήματος. Οι νέες υποδομές θα κληθούν να διασυνδέουν τα νησιά με το ηπειρωτικό σύστημα, να διευκολύνουν μεγάλη ανάπτυξη ΑΠΕ μικρής κλίμακας στο επίπεδο των τελικών καταναλωτών με σύνδεση στα δίκτυα χαμηλής και μέσης τάσης, να τροφοδοτούν τα μέσα μεταφοράς με ηλεκτρική ενέργεια, να διαθέτουν “έξυπνα” συστήματα γρήγορης προσαρμογής στις μεταβολές του φορτίου και της παραγωγής των ΑΠΕ, να αποθηκεύουν ενέργεια, να παρέχουν φυσικό αέριο με ευέλικτο τρόπο και αξιοπιστία και να έχουν σε ετοιμότητα μεγάλης έκτασης ευέλικτες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής.

Από οικονομικής πλευράς θα αναδειχθεί ως σημαντικό ζήτημα ο τρόπος χρηματοδότησης και προσέλκυσης κεφαλαίων για τις μεγάλου ύψους επενδύσεις σε ενεργειακές υποδομές που θα απαιτηθούν στο Σενάριο Μετριασμού.

Το τμήμα του ενεργειακού τομέα που θα λειτουργεί σε καθεστώς ρυθμιζόμενων τιμολογίων φυσικού μονοπωλίου θα μεγεθυνθεί, ενώ, λαμβανομένου επίσης υπόψη ότι οι ΑΠΕ θα τελούν υπό καθεστώς υποχρεωτικής αγοράς, το ανταγωνιστικό τμήμα της αγοράς ενέργειας θα συρρικνωθεί σημαντικά.

Κατά συνέπεια, η κρατική παρέμβαση και ρύθμιση θα είναι μεγάλης σημασίας για τη διατήρηση της οικονομικότητας και αξιοπιστίας της παροχής ενέργειας προς τους καταναλωτές.

Εξέλιξη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας

Η ανάλυση επιβεβαιώνει ότι υπάρχουν ευρέα περιθώρια μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας. Σ’ αυτό συμβάλλει η λήψη μέτρων για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια και οικίες, την προώθηση της επιλογής αποδοτικότερων συσκευών και εξοπλισμού από τους καταναλωτές, τη δυναμική διεύθυνση νέων τεχνολογιών στον τομέα των μεταφορών και την υποκατάσταση ορυκτών καυσίμων από τον ενεργειακά αποδοτικότερο ηλεκτρισμό σε όλους τους τομείς κατανάλωσης, ιδίως στις μεταφορές.

Από τη σύγκριση με την ανάλυση για το Σενάριο “καμίας πολιτικής” διαπιστώνεται ότι επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της τελικής κατανάλωσης τόσο στα Σενάρια Μετριασμού όσο, εν μέρει, και στο Σενάριο Αναφοράς (Πίνακας 4.6).

Πίνακας 4.6

Εξοικονόμηση ενέργειας κατά τομέα: ποσοστό % μεταβολής έναντι του Σεναρίου "καμίας πολιτικής"

	Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ"			Σενάριο Αναφοράς		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050
Τελική κατανάλωση ενέργειας						
Ενεργειακό βιομηχανία	-8	-15	-35	-8	-14	-19
Μη ενεργειακό μεταποίηση	-10	-13	-36	-10	-13	-12
Οικιακός τομέας	-11	-17	-43	-8	-15	-26
Τριτογενής τομέας	-16	-25	-62	-11	-17	-24
Μεταφορές	-12	-18	-45	-11	-16	-20
Οικίες και κτήρια υπηρεσιών						
Θέρμανση-Ψύξη	-10	-19	-50	-7	-14	-26
Ηλεκτρικές χρήσεις	-21	-25	-55	-17	-20	-26
Δείκτες Ενεργειακής Έντασης						
Ενέργεια ανά τετρ. μέτρο κτηρίων	-7	-16	-48	-4	-12	-27
Κατανάλωση αυτοκινήτων ανά 100 χλμ.	-17	-20	-46	-13	-15	-20
Κατανάλωση αεροπλάνων ανά 100 χλμ.	-10	-14	-38	-10	-14	-14
Δείκτης ειδικής ενεργ. κατανάλωσης στη βιομηχανία	-9	-14	-35	-8	-14	-16

Πηγή: PRIMES.

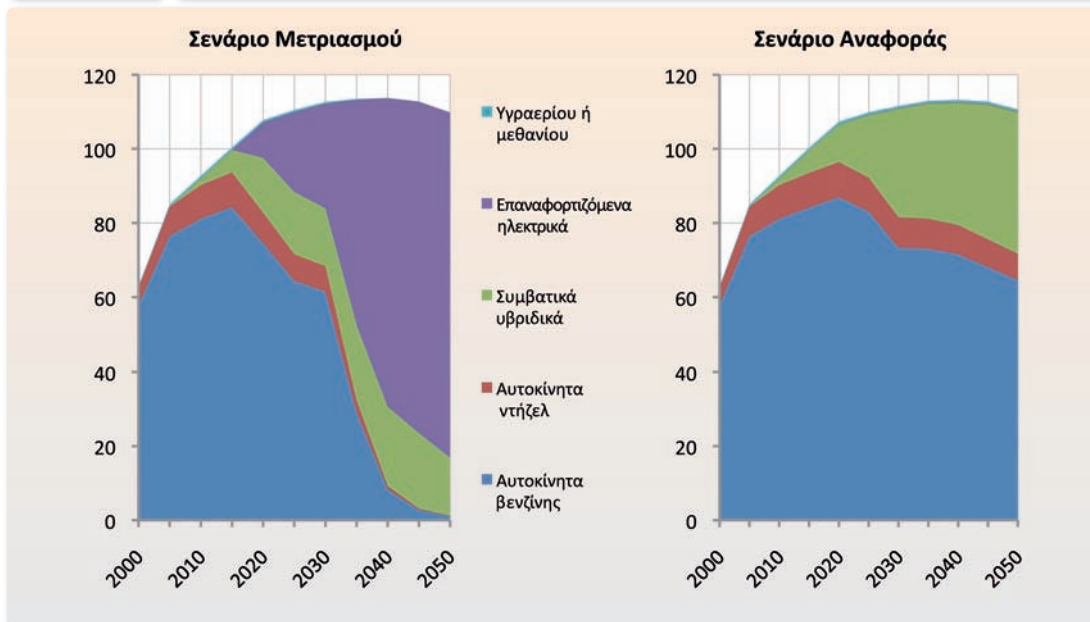
Η εξοικονόμηση ενέργειας περιλαμβάνει κινήσεις για αποδοτικότερη θέρμανση και ψύξη στα κτήρια γραφείων και στις κατοικίες, αλλά και χρήση πιο αποδοτικών ηλεκτρικών συσκευών σε όλους τους τομείς, καθώς και στο φωτισμό. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι αντλίες θερμότητας για θέρμανση, ψύξη και κάλυψη θερμικών αναγκών χαμηλής ενθαλπίας στα κτήρια, τις κατοικίες και τη βιομηχανία. Οι αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν αέρα ή και γεωθερμία χαμηλής ενθαλπίας ως μέσο άντλησης ανανεώσιμης ενέργειας.

Παρά το ότι στο Σενάριο Αναφοράς και στα Σενάρια Μετριασμού έχουν υιοθετηθεί περίπου οι ίδιες ρυθμίσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας, παρατηρείται μεγαλύτερη εξοικονόμηση στα Σενάρια Μετριασμού, σε όλους τους τομείς. Η διαφορά για τις καταναλώσεις ενέργειας στη βιομηχανία, τα νοικοκυριά και τον τριτογενή τομέα είναι κυρίως αποτέλεσμα των υψηλών τιμών του CO₂ και της επιβολής τους σε όλους τους οικονομικούς τομείς. Για τον τομέα των μεταφορών, η διαφορά αποδίδεται στη δυναμικότερη διεύθυνση του ηλεκτρισμού στον εν λόγω τομέα, ο οποίος είναι ενεργειακά περισσότερο αποδοτικός σε σχέση τόσο με τις συμβατικές τεχνολογίες όσο και με τεχνολογίες υβριδικών οχημάτων.

Μεγάλης έκτασης είναι οι αλλαγές που προβλέπονται ειδικά για τον τομέα των μεταφορών. Βραχυχρόνια, τα νέα αυτοκίνητα συμβατικής τεχνολογίας υποχρεούνται να διαθέτουν βελτιω-

Διάγραμμα 4.12

Διάρθρωση του στόλου αυτοκινήτων κατά τεχνολογία (Εκατ. επιβατο-χλμ.)



Πηγή: PRIMES.

μένους κινητήρες, ώστε οι εκπομπές τους να συνάδουν με τις απαιτήσεις των κανονισμών της ΕΕ. Σε μέσο χρονικό ορίζοντα πρωταγωνιστούν τα οχήματα με υβριδικό κινητήρα, τα οποία σταδιακά θα διαθέτουν συσσωρευτές που θα φορτίζονται από το δίκτυο χαμηλής τάσης. Τέλος, σε πιο μακρό χρονικό ορίζοντα επικρατούν τα ηλεκτρικά οχήματα (βλ. Διάγραμμα 4.12). Προβλέπονται επίσης σημαντική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στα λοιπά μεταφορικά μέσα, ιδίως στα φορτηγά, πλοία και αεροπλάνα, και χρήση βιοκαυσίμων σε ανάμιξη με πετρελαιοειδή καύσιμα (Πίνακας 4.7 πιο κάτω).

Ο Πίνακας 4.7 καταδεικνύει το σημαντικό ρόλο που η βιομάζα καλείται να διαδραματίσει στο πλαίσιο του Σεναρίου Μετριασμού. Νέες τεχνολογίες επεξεργασίας της βιομάζας και των αποβλήτων αναμένεται να φθάσουν σε εμπορική ωριμότητα προ του 2020 (π.χ. τεχνολογία Fischer-Trops) και να εφαρμοστούν σε βιομηχανική κλίμακα, ώστε να αξιοποιήσουν λιγνοκυτταρικές καλλιέργειες, οι οποίες μπορούν να αναπτυχθούν σε μεγάλη κλίμακα στην ελληνική γεωργία χωρίς παρενέργειες για την παραγωγή τροφίμων και χωρίς σημαντικές εκπομπές κατά τη διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας της βιομάζας. Η βιομάζα θα αποτελέσει ένα νέο σημαντικό τομέα δραστηριότητας, που θα βοηθήσει τη γεωργία και θα δημιουργήσει πολλές νέες θέσεις εργασίας.

Το μείγμα καυσίμων της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης διαμορφώνεται ως εξής (Πίνακας 4.8):

- Η δυναμική διεύρυνση της χρήσης του ηλεκτρισμού στα Σενάρια Μετριασμού οδηγεί μακροπρόθεσμα σε ουσιώδη μεταβολή του μείγματος της ενεργειακής κατανάλωσης.

Πίνακας 4.7

Κατανάλωση βιομάζας σε διάφορες μορφές και τομείς σε κιλάδες τόνους ισοδυνάμου πετρελαίου

	2000	Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ"			Σενάριο Αναφοράς		
		2020	2030	2050	2020	2030	2050
Καύσιμα μεταφορών	136	477	501	2664	529	590	632
Βιοβενζίνη	59	269	269	476	312	356	359
Βιοντήζελ	77	208	199	709	216	234	274
Βιοκροζίνη	0	0	9	632	0	0	0
Βιοκαύσιμα πλοίων	0	0	24	846	0	0	0
Καύσιμα για ηλεκτρισμό και ατμό	140	1001	1426	2174	962	1034	1240
Στερεή βιομάζα	75	766	994	1638	740	606	803
Απόβλητα	29	100	246	321	100	246	226
Βιοαέριο	36	135	185	215	122	181	211
Βιομάζα σε λοιπούς τομείς	848	1214	844	1203	1181	762	517
Σύνολο βιομάζας	1123	2693	2771	6040	2671	2386	2390
% βιοκαυσίμων στα υγρά καύσιμα μεταφορών		4,3	4,5	33,0	4,7	4,9	4,7

Πηγή: PRIMES.

Ο ηλεκτρισμός υποκαθιστά κυρίως το πετρέλαιο, εξαιτίας του εξηλεκτρισμού του τομέα των μεταφορών.

- Η χρήση ΑΠΕ αυξάνεται σημαντικά σε σύγκριση με το Σενάριο Αναφοράς, κυρίως στις καταναλώσεις ενέργειας στη βιομηχανία, τα νοικοκυριά και τον τριτογενή τομέα, π.χ. με τη χρήση γλιακών συστημάτων ή καύση βιομάζας για θέρμανση και άλλες χρήσεις.

Πίνακας 4.8

Τεθική κατανάλωση ενέργειας κατά είδος καυσίμου σε εκατ. τόνους ισοδυνάμου πετρελαίου

	2010	Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ"		Εκατοστιαία μεταβολή έναντι Σεναρίου Αναφοράς		Εκατοστιαία διαφορά μεριδίων έναντι Σεναρίου Αναφοράς	
		2030	2050	2030	2050	2030	2050
Στερεά καύσιμα	0,23	0,20	0,00	-6	-98	0	-1
Πετρέλαιο	13,31	11,32	4,50	-9	-66	-3	-25
Αέριο	0,86	2,66	1,69	13	-31	2	0
Ηλεκτρισμός	4,37	6,44	6,80	-1	-19	1	6
Διανομή ατμού	0,19	0,08	0,28	3	3	0	1
ΑΠΕ	1,13	1,81	4,45	2	171	0	19
Σύνολο	20,10	22,52	17,73	-4	-32		

Πηγή: PRIMES.

- Η κατανάλωση βιοκαυσίμων αυξάνεται στον τομέα των μεταφορών, τόσο στο πλαίσιο της επίτευξης των στόχων για το 2020 όσο και στη συνέχεια, και η κατανάλωση φθάνει το 33% το 2050.
- Το μερίδιο του φυσικού αερίου είναι σημαντικό στις τελικές καταναλώσεις ενέργειας, αν και η αυξητική του πορεία ανακόπτεται μακροπρόθεσμα λόγω της δυναμικής διείσδυσης του ηλεκτρισμού.

Ο ηλεκτρισμός γίνεται η κυρίαρχη μορφή ενέργειας στα Σενάρια Μετριασμού. Καθώς η διαδικασία της υποκατάστασης γίνεται παράλληλα με την εντυπωσιακή βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση τόσο ενέργειας όσο και ηλεκτρισμού, ιδίως στις καταναλώσεις ενέργειας στη βιομηχανία, τα νοικοκυριά και τον τριτογενή τομέα. Στον τομέα των μεταφορών η διείσδυση του ηλεκτρισμού είναι ραγδαία, φθάνοντας τις 5,4 TWh⁴ το 2030 και τις 17 TWh το 2050. Η διείσδυση αυτή βελτιώνει σημαντικά και την ενεργειακή απόδοση του τομέα των μεταφορών και αντισταθμίζει την εξοικονόμηση ηλεκτρισμού στους λοιπούς τομείς, όπως αναλύθηκε προηγουμένως.

Εξέλιξη της ηλεκτροπαραγωγής

Σενάριο Αναφοράς

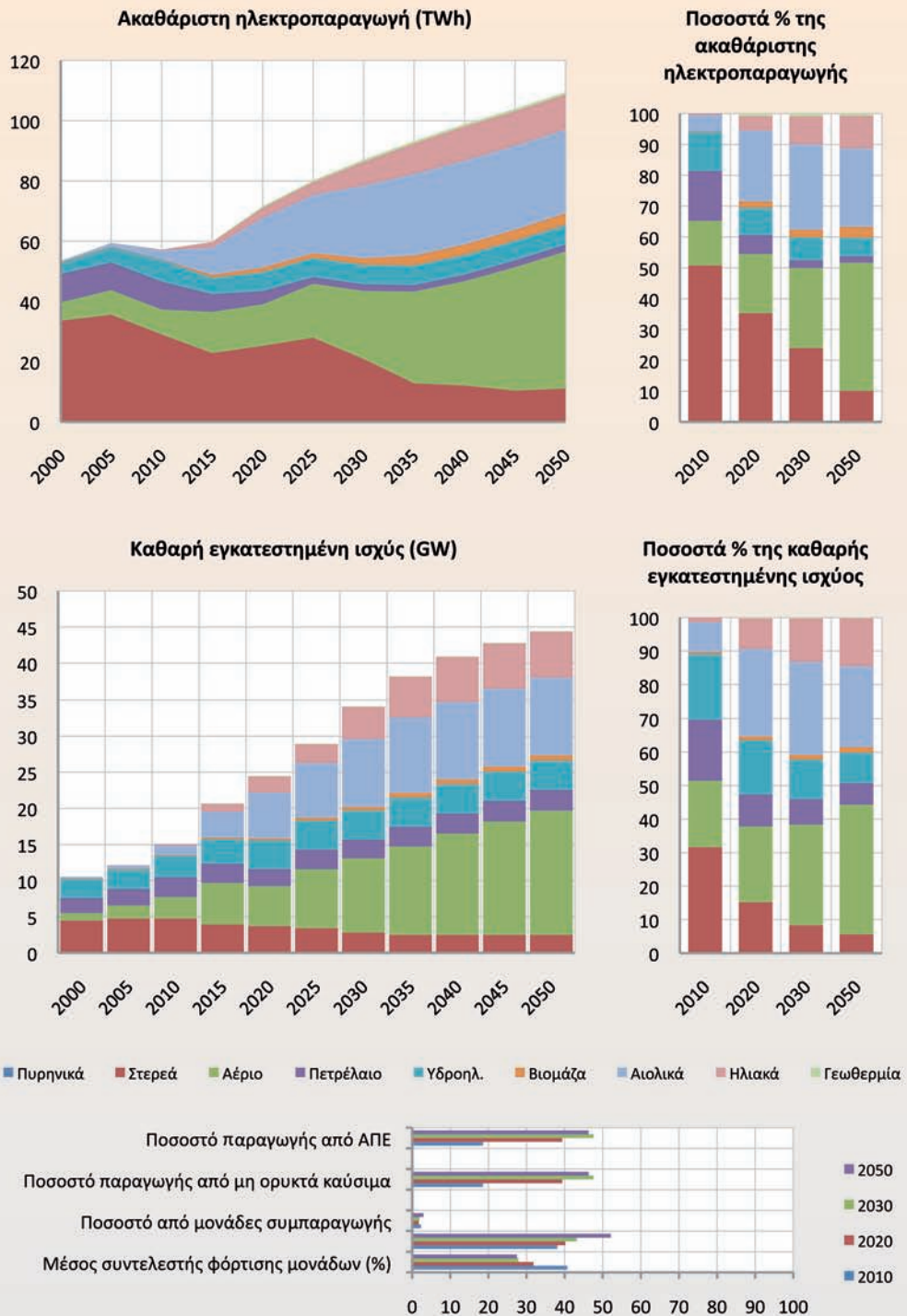
Για την επίτευξη των στόχων του 20-20-20, το Σενάριο Αναφοράς προβλέπει θεαματική ανάπτυξη των ΑΠΕ, ιδίως μέχρι το 2020, και περιορισμό του μεριδίου των μονάδων ορυκτών καυσίμων από 82% σήμερα στο 60% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής το 2020 και περαιτέρω μείωση μέχρι το 53% μακροχρόνια. Οι ΑΠΕ αποκτούν μερίδιο 39,5% της ηλεκτροπαραγωγής το 2020 και φθάνουν το 47% το 2050.

Η ηλεκτροπαραγωγή από λιγνιτικούς σταθμούς μειώνεται στο 35% το 2020 από 51% το 2010 και περαιτέρω μέχρι το 10% το 2050. Η προβολή στο πλαίσιο του Σεναρίου Αναφοράς καταδεικνύει ότι, με βάση τις τρέχουσες πολιτικές, η ηλεκτροπαραγωγή της Ελλάδος μετασηματίζεται ριζικά και αποδεσμεύεται από τους λιγνίτες, οι οποίοι αποτέλεσαν τη βασική στρατηγική επιλογή ανάπτυξης από τη δεκαετία του 1970 έως σήμερα.

Παράλληλα η ηλεκτροπαραγωγή αποδεσμεύεται από το πετρέλαιο, αφενός στο διασυνδεδεμένο σύστημα με την απόσυρση των παλαιών μονάδων πετρελαίου και αφετέρου με τη σταδιακή διασύνδεση των νησιών.

Το μόνο ορυκτό καύσιμο που θα διανύει ανοδική πορεία στο πλαίσιο του Σεναρίου Αναφοράς είναι το φυσικό αέριο: το 2020 θα έχει ποσοστό 19,2% στη συνολική ηλεκτροπαραγωγή, από 14,5% το 2010, ποσοστό που θα ανέλθει στο 41,5% το 2050. Η κατανάλωση φυσικού αερίου για ηλεκτροπαραγωγή θα αυξηθεί κατά 2,2 φορές το 2030 από τα σημερινά επίπεδα, με περαιτέρω άνοδο κατά 1,8 φορές το 2050.

⁴ Τρισεκατ. βατώρες.



Πηγή: PRIMES.

Μακροχρόνια το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής στο Σενάριο Αναφοράς θα διαρθρώνεται σχεδόν αποκλειστικά από ΑΠΕ και φυσικό αέριο. Η αναδιάρθρωση αυτή είναι αποτέλεσμα αποκλειστικά των δεσμεύσεων της χώρας στο πλαίσιο της πολιτικής του 20-20-20, που αφενός περιλαμβάνει στόχο για τις ΑΠΕ και αφετέρου επιβάλλει στην ηλεκτροπαραγωγή την αγορά, μέσω δημοπρασίας, όλων των δικαιωμάτων εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα.

Μεταξύ των ΑΠΕ κυριαρχεί η αιολική ενέργεια, που φθάνει τα 6,5 GW⁵ το 2020 και τα 10 GW από το 2030 και μετά, καθώς και τα ηλιακά, κυρίως φωτοβολταϊκά, συστήματα, που φθάνουν τα 2,2 GW το 2020 και ξεπερνούν τα 6 GW μετά το 2030. Σε μικρότερη κλίμακα αξιοποιούνται και άλλες μορφές ΑΠΕ, ενώ γίνεται εκτεταμένη χρήση βιομάζας σε μονάδες συμπαραγωγής, για την παραγωγή ηλεκτρισμού και ατμού.

Ο βαθμός διείσδυσης των ΑΠΕ που περιλαμβάνεται στο Σενάριο Αναφοράς είναι τεχνικά εφικτός όσον αφορά στην αξιόπιστη λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος. Θα απαιτηθεί βέβαια σημαντική διαφοροποίηση των πρακτικών που ακολουθούνται σήμερα ώστε, από το 2015 και μετά, ιδίως το 2020, η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας να μπορεί να λειτουργήσει αξιόπιστα όταν στο σύστημα περίπου το 1/3 θα προέρχεται από στοχαστικές ΑΠΕ. Θα απαιτηθεί επίσης επέκταση των υδροηλεκτρικών συστημάτων με άντληση μέχρι τα 1.000 MW μέχρι το 2020. Οι επενδύσεις σε δίκτυα είναι επίσης φιλόδοξες μέχρι το 2020.

Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ”

Στα σενάρια μετριασμού η ηλεκτροπαραγωγή σχεδόν μηδενίζει τις εκπομπές της μακροχρόνια. Καθώς στο Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ” δεν υπάρχει δυνατότητα αξιοποίησης τεχνολογιών δέσμευσης άνθρακα ούτε πυρηνικών, η απεξάρτηση της παραγωγής ηλεκτρισμού από τον άνθρακα επιβάλλει να συρρικνωθεί δραστικά η συμμετοχή των σταθμών ορυκτών καυσίμων.

Οι ΑΠΕ γίνονται η βασική συνιστώσα παραγωγής ήδη από το 2020, φθάνοντας το 2050 τις 85,6TWh (83% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής). Μεγαλύτερο μερίδιο της παραγωγής από ΑΠΕ έχουν οι αιολικοί σταθμοί, που παράγουν το 44,9% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής το 2050 από εγκατεστημένη ισχύ 17,5 GW (εκ των οποίων 4,6 GW θαλάσσια αιολικά), ενώ σημαντικό μερίδιο θα έχουν επίσης τα φωτοβολταϊκά συστήματα (18,4% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής και ισχύς 11 GW το 2050). Τα θερμικά ηλιακά συστήματα φθάνουν τα 628 MW το 2050. Η βιομάζα και τα απόβλητα φθάνουν το 9,7%, με ισχύ 2,4 GW το 2050. Επίσης, ο ρόλος της βιομάζας είναι σημαντικός στην παραγωγή ατμού από λέβητες της βιομηχανίας, μαζί με το φυσικό αέριο. Τέλος, το γεωθερμικό δυναμικό της χώρας αξιοποιείται σε μεγάλο βαθμό ήδη από το 2015, συμμετέχοντας στην παραγωγή ηλεκτρισμού σε ποσοστό 3,3% το 2050, με εγκατεστημένη ισχύ 442MWe.⁶

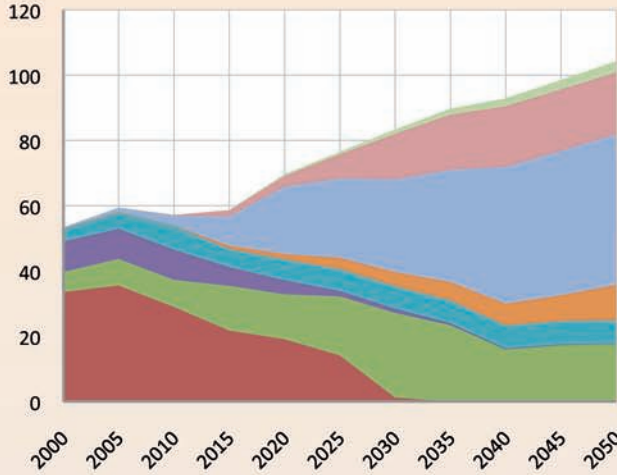
⁵ Δισεκ. βατ.

⁶ Εκατ. βατ ηλεκτρικά.

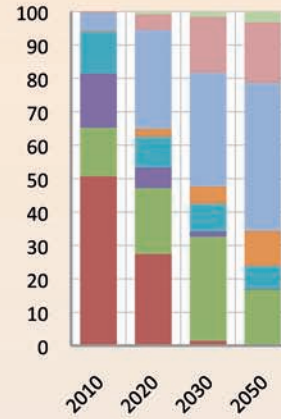
Διάγραμμα 4.14

Διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής στο Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ"

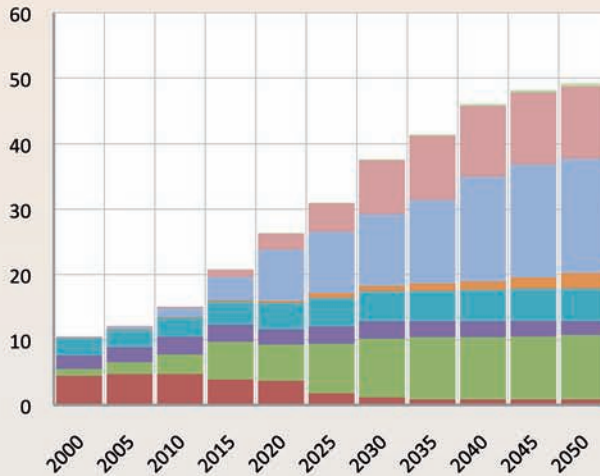
Ακαθάριστη ηλεκτροπαραγωγή (TWh)



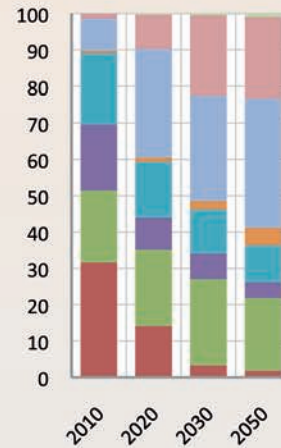
Ποσοστά % της ακαθάριστης ηλεκτροπαραγωγής



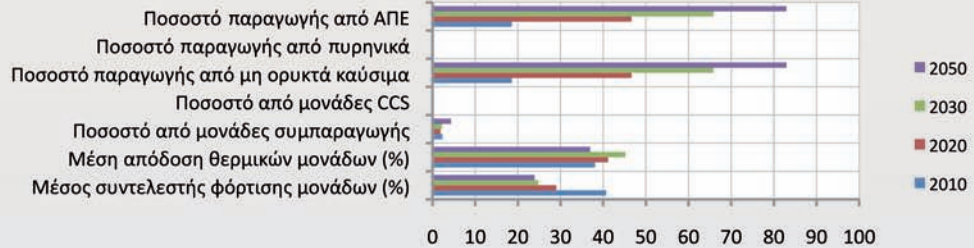
Καθαρή εγκατεστημένη ισχύς (GW)



Ποσοστά % της καθαρής εγκατεστημένης ισχύος



■ Πυρηνικά ■ Στερεά ■ Αέριο ■ Πετρέλαιο ■ Υδροηλ. ■ Βιομάζα ■ Αιολικά ■ Ηλιακά ■ Γεωθερμία



Πηγή: PRIMES.

Ο ρόλος του φυσικού αερίου είναι πολύ σημαντικός στο Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ”, επειδή αφενός είναι καύσιμο χαμηλής έντασης εκπομπών σε σχέση με τα υπόλοιπα ορυκτά καύσιμα και αφετέρου μπορεί να στηρίζει τη διεύδυση των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή λόγω της ευελιξίας ανόδου ισχύος αλλά και λόγω της χαμηλής έντασης κεφαλαίου, οπότε προσφέρεται για επενδύσεις σε σταθμούς εφεδρείας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φυσικό αέριο στο Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ” μειώνεται μετά το 2030 περισσότερο από 50% συγκριτικά με το Σενάριο Αναφοράς, όμως το μέγεθος της εγκατεστημένης ισχύος μονάδων φυσικού αερίου μειώνεται λιγότερο λόγω του ρόλου των μονάδων αυτών για την εφεδρεία του συστήματος. Το 2050, το φυσικό αέριο συμμετέχει στην ηλεκτροπαραγωγή σε ποσοστό 17%, ενώ το 2030 το ποσοστό αυτό είναι 31%.

Η παραγωγή ηλεκτρισμού από σταθμούς πετρελαίου μειώνεται στις 100 GW το 2050 (1260 GWh το 2030), δεδομένου ότι προβλέπεται η πλήρης διασύνδεση των νησιών. Η παραγωγή από λιγνίτη μηδενίζεται μετά το 2030.

Στο Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ” μεγάλης σημασίας είναι τα συστήματα αποθήκευσης, όπου για μεν τα υδροηλεκτρικά με άντληση η ισχύς τους φθάνει τα 1.900 MW, τα δε συστήματα υδρογόνου αναπτύσσονται μετά το 2035 και απορροφούν, το 2050, περίπου 16 GWh ηλεκτρικής ενέργειας το χρόνο για παραγωγή υδρογόνου. Τα υδροηλεκτρικά, οι θερμικές μονάδες και τα συστήματα αποθήκευσης επαρκούν το 2050 για να καλύψουν τη μέγιστη αιχμή φορτίου των περίπου 21 GW. Για την αξιόπιστη κάλυψη των διακυμάνσεων φορτίου γίνεται η υπόθεση ότι οι εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας προσφέρουν σημαντική ευελιξία λόγω συντονισμένης εξισορρόπησης φορτίου στην περιφερειακή αγορά.

Στο Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ” περιλαμβάνεται η ανάπτυξη ηλεκτροπαραγωγικών ΑΠΕ σε πολύ μικρή κλίμακα (μικρά αιολικά, 400 MW το 2050, και φωτοβολταϊκά συστήματα στις οικίες και τα κτήρια, 3.400 MW το 2050), οι οποίες συνδέονται στη χαμηλή τάση. Ο ρόλος των “έξυπνων” δικτύων και άλλων ενισχύσεων και επενδύσεων στο σύστημα διανομής είναι προϋπόθεση για την ανάπτυξη αυτής της ΑΠΕ. Το σενάριο βασίζεται στην υπόθεση ότι θα υπάρξει εμπορική και τεχνολογική ωρίμανση των συστημάτων αυτών σε χρονικό ορίζοντα προ του 2030.

Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ και CCS”

Το σενάριο αυτό βασίζεται στην υπόθεση ότι υπάρχει διαθεσιμότητα αποθήκευσης CO₂ σε γεωλογικούς σχηματισμούς (στη Βόρεια Ελλάδα, στη Δυτική Μακεδονία και στην περιοχή της Καβάλας) και εμπορική ωρίμανση των τεχνολογιών δέσμευσης CO₂ από μεγάλους σταθμούς καύσης ορυκτών καυσίμων. Δεδομένης της υπόθεσης αυτής, η οικονομική βελτιστοποίηση της μελλοντικής εξέλιξης της ηλεκτροπαραγωγής, με προοπτική βεβαίως το σχεδόν μηδενισμό των εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα, δίδει διαφορετικά αποτελέσματα από αυτά για το Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ”. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με δέσμευση CO₂ αναπτύσσεται στο

Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ και CCS” και αντίστοιχα μειώνεται η ανάπτυξη των ΑΠΕ συγκριτικά με το Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ”.

Χάρη στην τεχνολογία CCS εντάσσονται το 2025 στο σύστημα 2.500 MW (αποδιδόμενη ισχύς) λιγνιτικών μονάδων με CCS, οι οποίες αντικαθιστούν παλαιές μονάδες. Με τον τρόπο αυτό η συνολική ισχύς των λιγνιτικών μονάδων επανέρχεται το 2025 περίπου στα επίπεδα του 2000. Στη συνέχεια η συνολική ισχύς μειώνεται στα 3.500 MW (αποδιδόμενη ισχύς), λόγω παύσης λειτουργίας παλαιών μονάδων. Κατά τη δεκαετία 2040-2050 το σενάριο προβλέπει ένταξη νέας λιγνιτικής ισχύος με CCS της τάξεως των 2.100 MW. Το 2050, το σενάριο προβλέπει λειτουργία λιγνιτικής ισχύος 5.450 MW (αποδιδόμενη ισχύς), εκ των οποίων 4.600 MW με CCS. Η ηλεκτροπαραγωγή από λιγνίτη διατηρεί μερίδιο περίπου μεταξύ 22% και 25% στο διάστημα 2025-2045, έναντι 51% σήμερα, και φθάνει το 32,6% το 2050. Από την ανάλυση προκύπτει ότι, στο πλαίσιο σεναρίων μετριασμού, η στρατηγική παραγωγής από λιγνίτη είναι διατηρήσιμη μόνο με την τεχνολογία CCS. Βεβαίως θα απαιτηθεί η απόσυρση όλων των υφιστάμενων σήμερα μονάδων και η κατασκευή στο μέλλον μονάδων αποκλειστικά με τη τεχνολογία CCS.

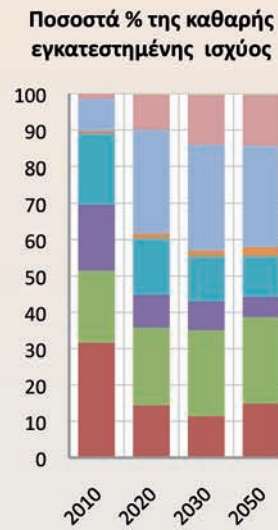
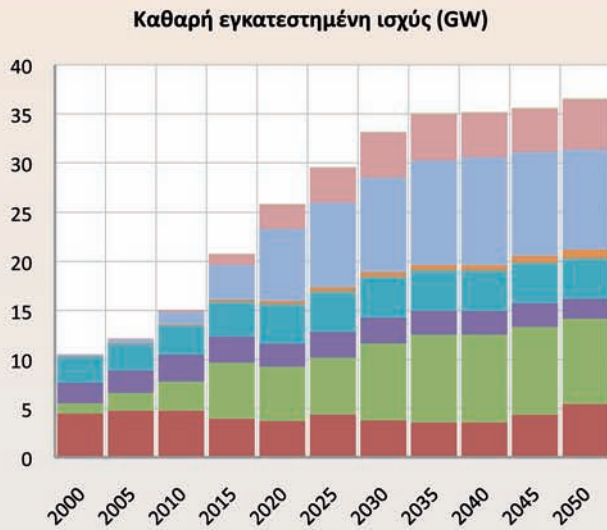
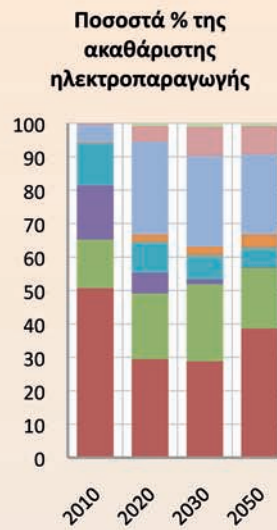
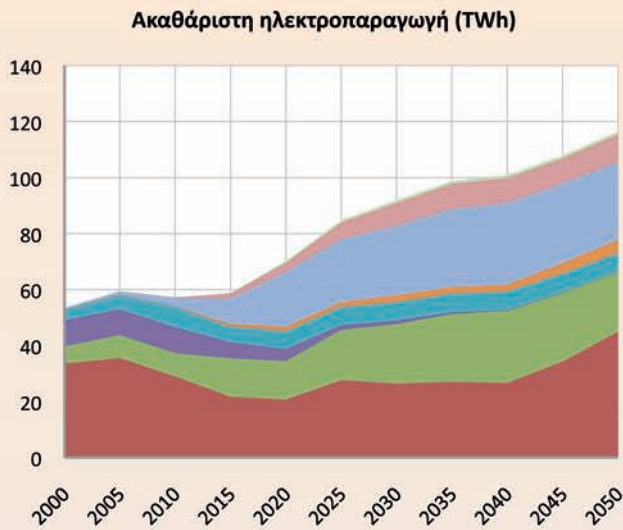
Το σενάριο προβλέπει λειτουργία 2.500 MW (αποδιδόμενη ισχύς) μονάδων λιγνίτη με CCS το 2025 και 4.500 MW το 2050. Το μερίδιο των μονάδων CCS στη συνολική καθαρή ηλεκτροπαραγωγή προβλέπεται ότι θα κυμανθεί από 28% έως 38% κατά το χρονικό διάστημα 2025-2050. Στο Σενάριο “ΑΠΕ και CCS”, περίπου 23 εκατ. τόνοι CO₂ θα αποθηκεύονται το χρόνο από το 2025 και μετά, με μικρή άνοδο μακροχρόνια μέχρι τους 36 εκατ. τόνους το 2050. Κατά την περίοδο 2025-2050 εκτιμάται ότι θα αποθηκευθούν συνολικά περίπου 770 εκατ. τόνοι CO₂.

Οι ΑΠΕ εξακολουθούν να έχουν πολύ σημαντικό ρόλο στο σενάριο αυτό, αλλά η συμμετοχή τους στην ηλεκτροπαραγωγή μόλις ξεπερνά το 51% (το 2035), ενώ το 2050 μειώνεται ελαφρά στο 47,5% λόγω της επέκτασης των μονάδων με CCS. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στο Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ και CCS” είναι παρόμοια σε μέγεθος και δομή με το Σενάριο Αναφοράς. Τα αιολικά συστήματα προβλέπεται να φθάσουν τα 7,4 GW το 2020 και να υπερβούν τα 10 GW μακροχρόνια. Τα ηλιακά συστήματα προβλέπεται να υπερβούν τα 5 GW μακροχρόνια από 2,5 GW το 2020. Και στο σενάριο αυτό προβλέπεται η σημαντική ανάπτυξη μονάδων βιομάζας και αποβλήτων, καθώς και γεωθερμίας.

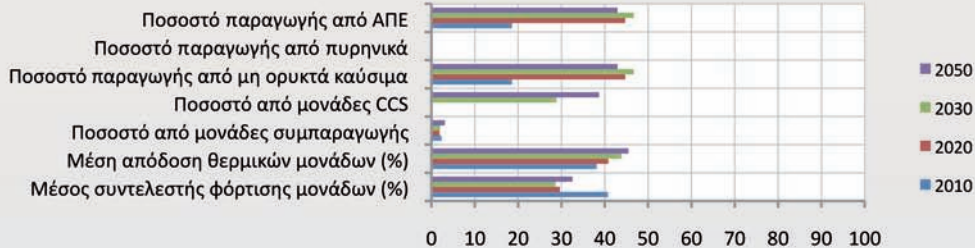
Όπως και στα προηγούμενα σενάρια, οι μονάδες φυσικού αερίου επιτελούν σημαντικό ρόλο για την ευστάθεια του συστήματος και την κάλυψη των διακυμάνσεων φορτίου. Οι απαιτήσεις για μονάδες φυσικού αερίου περιορίζονται σε σύγκριση με το Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ”, καθώς πλέον μπορούν και σταθμοί στερεών καυσίμων να στηρίξουν την ευστάθεια του συστήματος, χωρίς αυτό να επιβαρύνεται από τις υψηλού επιπέδου εκπομπές τους. Η ηλεκτροπαραγωγή από φυσικό αέριο διατηρεί μερίδιο γύρω στο 20% σε ολόκληρη τη χρονική περίοδο της προβολής.

Διάγραμμα 4.15

Διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής στο Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ και CCS"



■ Πυρηνικά ■ Στερεά ■ Αέριο ■ Πετρέλαιο ■ Υδροηλ. ■ Βιομάζα ■ Αιολικά ■ Ηλιακά ■ Γεωθερμία



Πηγή: PRIMES.

Οι σωρευτικές εκπομπές CO₂ από την ηλεκτροπαραγωγή στο Σενάριο Μετριασμού “CCS και ΑΠΕ” είναι μειωμένες κατά 14% την περίοδο 2010-2030 αλλά αυξημένες κατά 20% την περίοδο 2010-2050 σε σύγκριση με το Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ” (συνολικά για την περίοδο 2010-2050 οι εκπομπές είναι μικρότερες κατά 6%).

Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ και πυρηνικά”

Η αξιοποίηση της πυρηνικής τεχνολογίας στην Ελλάδα δεν προβλέπεται ούτε σε μεσοπρόθεσμη ούτε σε μακροπρόθεσμη προοπτική. Ωστόσο, για λόγους πληρότητας της ανάλυσης του οδικού χάρτη προς το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, αναπτύχθηκε ένα σενάριο με βάση το πρότυπο PRIMES, στο οποίο γίνεται η παραδοχή ότι σταθμοί πυρηνικής ενέργειας μπορούν να συμμετέχουν στην ηλεκτροπαραγωγή μετά το 2030 (ως μονάδες υποψήφιας για νέες επενδύσεις). Στο σενάριο αυτό γίνεται η υπόθεση ότι η αποθήκευση CO₂ σε γεωλογικούς σχηματισμούς δεν θα είναι διαθέσιμη στην Ελλάδα.

Γίνεται η υπόθεση ότι, λόγω της έλλειψης τεχνογνωσίας και της απουσίας οικονομικών κλίμακας, το κόστος επένδυσης σε πυρηνικούς σταθμούς στην Ελλάδα θα είναι υψηλότερο από ότι σε άλλες χώρες, που έχουν αναπτύξει στο παρελθόν συναφή τεχνολογία. Επιπλέον θα είναι περιορισμένες οι πιθανές θέσεις για τους σταθμούς αυτούς. Το κόστος και η δυσκολία ανάπτυξης νέων θέσεων για πυρηνικούς σταθμούς προσομοιώνεται στο υπόδειγμα μέσω μιας μη γραμμικής καμπύλης κόστους. Λαμβάνεται επίσης υπόψη το αυξημένο κόστος για την Ελλάδα αναφορικά με το πυρηνικό καύσιμο και τα πυρηνικά απόβλητα, για τα οποία γίνεται υπόθεση μεταφοράς τους σε άλλες χώρες που διαθέτουν υποδομή επεξεργασίας αποβλήτων. Το εν λόγω κόστος περιορίζει και αυτό οικονομικά τις δυνατότητες ανάπτυξης πυρηνικής ενέργειας.

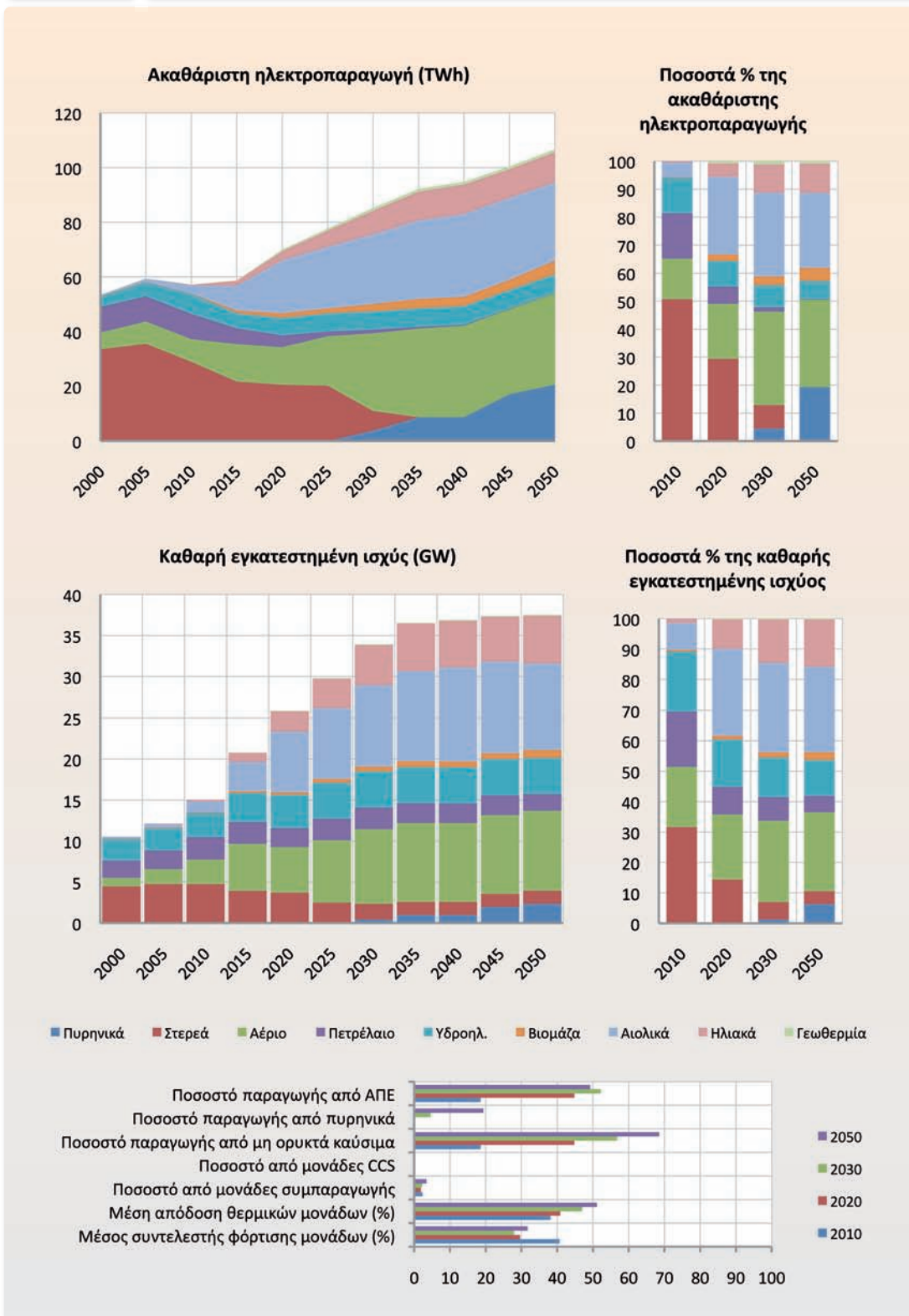
Με βάση τις υποθέσεις αυτές, από τη βελτιστοποίηση της ανάπτυξης της ηλεκτροπαραγωγής με σκοπό το σχεδόν μηδενισμό των εκπομπών προκύπτει ως οικονομικά σκόπιμο ένα σχετικά περιορισμένο πρόγραμμα ανάπτυξης πυρηνικών σταθμών: 450 MW το 2030, επιπλέον 500 MW το 2035 και επιπλέον 1.000 έως 1.500 MW το 2040, έτσι ώστε η συνολική ισχύς να φθάσει περίπου τα 2.500 MW το 2050. Δηλαδή μόνο τμήμα του φορτίου βάσης μετά το 2030 θα καλύπτεται από πυρηνική ενέργεια, η οποία θα καλύπτει το 2050 το 19% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής (4,6% το 2030).

Στο σενάριο αυτό διατηρείται η μεγάλη ανάπτυξη των ΑΠΕ, οι οποίες, σύμφωνα με τα αποτελέσματα, θα καλύπτουν μεταξύ 50% και 53% της ηλεκτροπαραγωγής σε όλο το χρονικό διάστημα μετά το 2020. Η ανάπτυξη των αιολικών συστημάτων θα ξεπεράσει τα 10 GW, ενώ των ηλιακών θα πλησιάσει τα 6 GW.

Το φυσικό αέριο διατηρεί το στρατηγικής σημασίας ρόλο του στην ηλεκτροπαραγωγή λόγω της ευελιξίας των μονάδων και της οικονομικής ευχέρειας συγκρότησης εφεδρειών με μονάδες φυσικού αερίου. Στο Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ και πυρηνικά”, η ηλεκτροπαραγωγή από

Διάγραμμα 4.16

Διάρθρωση ηλεκτροπαραγωγής στο Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ και πυρηνικά"



Πηγή: PRIMES.

φυσικό αέριο θα είναι σαφώς μεγαλύτερη από το Σενάρια Μετριασμού “ΑΠΕ” αλλά και από το Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ και CCS”, επειδή οι πυρηνικοί σταθμοί δεν διαθέτουν ευελιξία έναντι διακυμάνσεων φορτίου και οι μονάδες φυσικού αερίου συμπληρώνουν την παραγωγή των πυρηνικών στις περιπτώσεις διακύμανσης φορτίου. Στο Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ και πυρηνικά”, τα φυσικό αέριο θα παράγει το 1/3 της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής από το 2025 και μετά, έναντι 20% το 2020. Στο σενάριο αυτό σταματά η ηλεκτροπαραγωγή από λιγνίτες μετά το 2030, ενώ η ηλεκτροπαραγωγή από πετρέλαιο φθάνει σε πολύ χαμηλά επίπεδα στο ίδιο χρονικό διάστημα.

Η καθυστέρηση ανάπτυξης της πυρηνικής ενέργειας, για οικονομικούς και τεχνικούς λόγους, έχει αρνητικές συνέπειες για τη δυνατότητα μείωσης των εκπομπών σε μέσο χρονικό ορίζοντα. Οι σωρευτικές εκπομπές της ηλεκτροπαραγωγής κατά το διάστημα 2010-2050 υπολογίστηκαν για το Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ και πυρηνικά” 25% πιο αυξημένες από το Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ”.

Πίνακας 4.9

Διαμόρφωση της προσφοράς και ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας σε εκατ. τόνους ισοδυνάμου πετρελαίου

(Mtoe)	2010	Σενάριο Αναφοράς			Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ"		Σενάριο Μετριασμού "CCS και ΑΠΕ"		Σενάριο Μετριασμού "CCS και πυρηνικά"	
		2020	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Εγχώρια παραγωγή										
Πετρέλαιο & αέριο	0,10	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Στερεά	6,84	5,82	4,61	2,34	0,27	0,00	5,40	8,75	1,51	0,00
ΑΠΕ	2,01	4,96	6,01	6,97	7,67	13,65	6,24	8,36	6,39	8,61
Εισαγωγές - Εξαγωγές										
Στερεά	0,19	0,21	0,20	0,23	0,20	0,00	0,20	0,00	0,20	0,00
Πετρέλαιο	19,37	17,21	16,84	17,54	15,12	6,59	15,12	6,73	15,12	6,73
Φυσ. αέριο	2,61	4,07	6,64	9,93	7,44	4,95	6,72	5,45	7,69	7,14
Ηλεκτρισμός	0,42	0,41	0,31	0,38	0,36	0,57	0,36	0,57	0,36	0,57
Βιομάζα	0,10	0,40	0,27	0,18	0,41	1,60	0,34	1,35	0,35	1,36
Εγχώρια κατανάλωση	29,14	30,40	31,80	34,00	28,66	24,81	31,58	28,64	29,70	26,46
Στερεά	7,02	6,03	4,81	2,57	0,47	0,00	5,60	8,75	1,71	0,00
Πετρέλαιο	16,96	14,54	13,76	13,98	12,33	4,87	12,34	5,01	12,34	5,01
Φυσ. αέριο	2,63	4,07	6,64	9,93	7,44	4,95	6,72	5,45	7,69	7,14
Πυρηνική ενέργεια	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	4,62
Ηλεκτρισμός	0,42	0,41	0,31	0,38	0,36	0,57	0,36	0,57	0,36	0,57
ΑΠΕ	2,11	5,35	6,28	7,14	8,05	14,41	6,56	8,86	6,71	9,12
% ενεργειακής εξάρτησης	72	67	70	75	75	50	66	45	73	54

Πηγή: PRIMES.

Πρωτογενής ενέργεια, εισαγωγές

Στα Σενάρια Μετριασμού, η ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας εμφανίζεται σημαντικά μειωμένη σε σχέση με το Σενάριο Αναφοράς λόγω της εκτεταμένης προόδου ως προς την αποδοτικότητα της κατανάλωσης ενέργειας. Επίσης, στα Σενάρια Μετριασμού λαμβάνει χώρα εκτεταμένη υποκατάσταση ορυκτών καυσίμων και επομένως μειώνεται σημαντικά η εξάρτηση του ελληνικού ενεργειακού συστήματος από εισαγωγές ενέργειας.

Ο Πίνακας 4.9 καταδεικνύει τα σημαντικά οφέλη που αποφέρουν τα σενάρια μετριασμού σχετικά με την ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδος, η οποία φθάνει περίπου το 50% το 2050 έναντι 72% σήμερα και 75% το 2050 στο πλαίσιο του Σεναρίου Αναφοράς.

Οι εισαγωγές φυσικού αερίου μειώνονται στα σενάρια μετριασμού συγκριτικά με το σενάριο αναφοράς, εξέλιξη που παρέχει ευχέρεια ασφάλειας ως προς τον εφοδιασμό με φυσικό αέριο, το οποίο έχει στρατηγική σημασία σε όλα τα σενάρια, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

Οι εισαγωγές πετρελαίου υποδιπλασιάζονται στα σενάρια μετριασμού συγκριτικά με το Σενάριο Αναφοράς χάρη στον εξηλεκτρισμό των μεταφορών, τη χρήση βιοκαυσίμων και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Το Σενάριο Μετριασμού προδιαγράφει μια πορεία απεξάρτησης της Ελλάδος από εισαγωγές ενέργειας και ιδίως απεξάρτησης από το πετρέλαιο.

4.4 Το κόστος του Σεναρίου Μετριασμού

Τα σενάρια μετριασμού τα οποία αναπτύχθηκαν ως προσομοίωση της πορείας προς οικονομία χαμηλών εκπομπών περιλαμβάνουν ριζική αναδιάρθρωση του ενεργειακού συστήματος, η οποία συνεπάγεται σημαντικό πρόσθετο κόστος και επιφέρει αναδιαμόρφωση της κατανομής αυτού τόσο μεταξύ των τομέων της ενέργειας όσο και σχετικά με τη διάρθρωση σε κεφαλαιακές και λειτουργικές δαπάνες.

Το επιπλέον κόστος προκύπτει γιατί όλες οι αποδοτικές τεχνολογίες, καθώς και οι τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής χωρίς εκπομπές, είναι μεγάλης έντασης κεφαλαίου. Παρά το γεγονός ότι η κατανάλωση και η παραγωγή ενέργειας πραγματοποιούνται στο Σενάριο Μετριασμού με σαφώς μικρότερες λειτουργικές δαπάνες, λόγω εξοικονόμησης ενέργειας και μείωσης της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων, η δαπάνη για την ετήσια αποπληρωμή του επιπλέον κόστους κεφαλαίου με βάση αγοραία επιτόκια αναγωγής υπερβαίνει τη μείωση των λειτουργικών δαπανών.

Επομένως, το συνολικό ετήσιο κόστος για την παροχή των ενεργειακών υπηρεσιών (δηλαδή της ωφέλιμης ενέργειας, όπως θέρμανση, ψύξη, ηλεκτρικές χρήσεις, μετακίνηση, κ.λπ.) υπολογίζεται ότι θα είναι μεγαλύτερο στα Σενάρια Μετριασμού συγκριτικά με το Σενάριο Αναφοράς, το οποίο επίσης παρουσιάζει υψηλότερο κόστος συγκριτικά με το Σενάριο “καμίας πολιτικής”.

Ο Πίνακας 4.10 παρουσιάζει τα αποτελέσματα των υπολογισμών του μαθηματικού προτύπου σχετικά με το συνολικό κόστος των ενεργειακών υπηρεσιών το οποίο επωμίζονται οι τελικοί καταναλωτές ενέργειας. Το κόστος αυτό εμφανίζεται στο άνω τμήμα του πίνακα και περιλαμβάνει τις πληρωμές για αγορά δικαιωμάτων εκπομπής στο μηχανισμό ETS. Η υλοποίηση των τρεχουσών πολιτικών που αποτυπώνονται στο Σενάριο Αναφοράς οδηγεί σε επιπλέον σωρευτικό κόστος της τάξεως των €288 δισεκ. (τιμές 2008) για την περίοδο 2010-2050 συγκριτικά με το Σενάριο “καμίας δράσης”. Το επιπλέον αυτό κόστος αντιπροσωπεύει περίπου το 2% του σωρευτικού ΑΕΠ σε σταθερές τιμές κατά την περίοδο των 40 ετών. Υπενθυμίζεται ότι το Σενάριο Αναφοράς αντιστοιχεί σε υφιστάμενες δεσμεύσεις στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης και, παρά το αυξημένο του κόστος, δεν επαρκεί για να οδηγήσει τις εκπομπές στα επίπεδα που απαιτούνται για το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Τα Σενάρια Μετριασμού οδηγούν σε επιπλέον κόστος (πέραν του κόστους του σεναρίου αναφοράς) των ενεργειακών υπηρεσιών για τους καταναλωτές, το οποίο εκτιμάται μεταξύ €120 δισεκ. και €145 δισεκ. (τιμές 2008) για την περίοδο 2010-2050.

Από την οπτική της εθνικής οικονομίας οι πληρωμές (άμεσα ή έμμεσα από τους καταναλωτές ενέργειας) για αγορά δικαιωμάτων εκπομπής είναι μεταβιβαστικές πληρωμές, γιατί θα αποτελούν έσοδα του κράτους. Επομένως, για τον υπολογισμό του κόστους των σεναρίων από την οπτική της εθνικής οικονομίας αφαιρούνται οι πληρωμές για τα δικαιώματα εκπομπής. Το Σενάριο Αναφοράς περιλαμβάνει πολύ χαμηλότερη τιμή για δικαιώματα εκπομπής, αλλά προβλέπει εκπομπή πολύ μεγαλύτερων ποσοτήτων CO₂ στους τομείς που είναι υπόχρεοι στο ETS, συγκριτικά με τα σενάρια μετριασμού. Επομένως οι συνολικές πληρωμές για τα δικαιώματα οι οποίες προβλέπονται στο Σενάριο Αναφοράς και στα σενάρια μετριασμού είναι συγκρίσιμες μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι σωρευτικές πληρωμές για δικαιώματα στην περίοδο 2010-2050 είναι περίπου 18% χαμηλότερες στα Σενάρια Μετριασμού “ΑΠΕ” και “ΑΠΕ και CCS” συγκριτικά με τις πληρωμές στο Σενάριο Αναφοράς, ενώ στο Σενάριο “ΑΠΕ και πυρηνικά” οι σωρευτικές πληρωμές είναι ελαφρά υψηλότερες από εκείνες του Σεναρίου Αναφοράς.

Εάν αφαιρεθούν οι πληρωμές δικαιωμάτων, τα σενάρια μετριασμού οδηγούν σε επιπλέον κόστος μεταξύ €117 δισεκ. και €155 δισεκ. (τιμές 2008) σωρευτικά για την περίοδο 2010-2050, το οποίο αντιπροσωπεύει περίπου το 1% του σωρευτικού ΑΕΠ κατά τα επόμενα 40 έτη. Το πρόσθετο κόστος των σεναρίων μετριασμού, συγκριτικά με το Σενάριο Αναφοράς, καταγράφεται κυρίως μετά το 2030 και επιβαρύνει σαφώς περισσότερο τους τομείς των οικιών, κτηρίων και μεταφορών παρά τους βιομηχανικούς κλάδους.

Μεταξύ των τριών παραλλαγών του Σεναρίου Μετριασμού, το Σενάριο “ΑΠΕ” έχει ελαφρά υψηλότερο κόστος (περίπου 1,2% υψηλότερο σωρευτικό κόστος συγκριτικά με τις δύο άλλες παραλλαγές, το οποίο αντιστοιχεί σε επιπλέον κόστος €27 δισεκ., τιμές 2008, για την περίοδο 2010-2050), ενώ το Σενάριο “ΑΠΕ και πυρηνικά” έχει το μικρότερο κόστος. Βεβαίως το Σενά-

Πίνακας 4.10

**Διαμόρφωση του συνολικού κόστους του ενεργειακού συστήματος
(Δισεκ. ευρώ, τιμές 2008)**

Συνολικό κόστος ενεργειακών υπηρεσιών, περιλαμβανομένων πληρωμών για αγορά δικαιωμάτων CO ₂						
	Ετήσιο κόστος σε δισεκ. € 2008				Σωρευτικό κόστος (δισεκ. € 2008)	Διαφορά από καμία πολιτική (δισεκ. € 2008)
	2010	2020	2030	2050	2010-2050	
Σενάριο "καμίας πολιτικής"		39,0	47,1	54,0	1.779	
Σενάριο Αναφοράς		43,6	55,1	65,1	2.067	288
Εκατοστιαία μεταβολή έναντι "καμίας πολιτικής"		12	17	21	16	
Σενάριο "ΑΠΕ"	27,2	44,9	55,5	77,9	2.212	433
Εκατοστιαία μεταβολή έναντι "καμίας πολιτικής"		15	18	44	24	
Σενάριο "ΑΠΕ και CCS"		44,8	54,7	77,0	2.186	407
Σενάριο "ΑΠΕ και πυρηνικά"		44,8	54,8	77,0	2.187	408
Πληρωμές για δικαιώματα εκπομπής CO ₂ (δισεκ. € 2008)						
		2020	2030	2050	Σωρευτικά 2010-2050	Εκατοστιαίες μεταβολές έναντι Σεναρίου Αναφοράς
Σενάριο Αναφοράς		0,66	1,48	2,10	52,05	
Σενάριο "ΑΠΕ"		0,85	1,39	1,76	42,61	-18,1
Σενάριο "ΑΠΕ και CCS"		0,89	1,23	2,01	43,05	-17,3
Σενάριο "ΑΠΕ και πυρηνικά"		0,88	1,73	2,72	54,23	4,2
Επιπλέον κόστος ενεργειακών υπηρεσιών ως ποσοστό του ΑΕΠ, χωρίς πληρωμές για αγορά δικαιωμάτων CO ₂						
Εκατοστιαία μεταβολή μεταξύ σεναρίων						Διαφορά 2010-2050 (δισεκ. € 2008)
		2020	2030	2050	Σωρευτικά 2010-2050	
Σενάριο Αναφοράς ως προς Σενάριο "καμίας πολιτικής"		1,5	2,0	1,9	1,9	236
Σενάριο "ΑΠΕ" ως προς Σενάριο Αναφοράς		0,4	0,2	2,7	1,2	155
Σενάριο "ΑΠΕ και CCS" ως προς Σενάριο Αναφοράς		0,4	0,0	2,5	1,0	128
Σενάριο "ΑΠΕ και πυρηνικά" ως προς Σενάριο Αναφοράς		0,4	-0,2	2,3	0,9	117
Συνολικό κόστος ενεργειακών υπηρεσιών κατά τομέα τελικής κατανάλωσης (δισεκ. € 2008)						
	2010	2020	2030	2050	Σωρευτικά 2010-2050	
Σενάριο αναφοράς	27,2	43,6	55,1	65,1		
Βιομηχανία	2,8	3,0	3,2	3,6	127	
Οικίες και κτήρια	14,6	22,6	27,7	31,3	1035	
Μεταφορές	9,8	18,0	24,2	30,2	905	
Σενάριο "ΑΠΕ" - εκατοστιαίες μεταβολές έναντι Σεναρίου Αναφοράς		3,0	0,7	19,6	7,0	
Βιομηχανία		1,5	-1,2	22,3	1,2	
Οικίες και κτήρια		3,4	3,7	23,7	6,7	
Μεταφορές		2,7	-2,6	13,3	7,6	

Πηγή: PRIMES.

ριο “ΑΠΕ” έχει σαφώς μικρότερη αβεβαιότητα πραγματοποίησης από ό,τι τα άλλα δύο σενάρια μετριασμού, ιδίως αυτό με την πυρηνική ενέργεια.

Το συνολικό μέσο κόστος μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στα Σενάρια Μετριασμού υπολογίζεται μεταξύ €190 και €240/τόνο CO₂ (τιμές 2008), σωρευτικά κατά την περίοδο 2010-2050.

Η αναδιάρθρωση του τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προϋποθέτει εκτεταμένες επενδύσεις σε μονάδες ΑΠΕ, μονάδες εφεδρείας, μονάδες CCS (στην περίπτωση του Σεναρίου Μετριασμού “CCS και ΑΠΕ”) κ.ά., οι οποίες είναι επενδύσεις υψηλής έντασης κεφαλαίου. Επίσης, προϋποθέτει σημαντικές επενδύσεις στις υποδομές του δικτύου μεταφοράς και διανομής, οι οποίες αυξάνονται με τη μεγέθυνση της συνεισφοράς των ΑΠΕ. Ωστόσο, καθώς η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απαγκιστρώνεται από τα ορυκτά καύσιμα, το λειτουργικό κόστος των μονάδων μειώνεται.

Παρά ταύτα (Πίνακας 4.11), το συνολικό κόστος του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται τόσο στο Σενάριο Αναφοράς συγκριτικά με το Σενάριο “καμίας πολιτικής” (περίπου 20%) όσο και στα σενάρια μετριασμού συγκριτικά με το Σενάριο Αναφοράς (μεταξύ 5% και 10% στην περίπτωση του Σεναρίου “ΑΠΕ” επιπλέον του Σεναρίου Αναφοράς). Σημαντική συνιστώσα του επιπλέον κόστους είναι οι πληρωμές για δικαιώματα εκπομπής, που εμφανίζονται και στο Σενάριο Αναφοράς, όχι όμως στο Σενάριο “καμίας πολιτικής”.

Λόγω του υψηλότερου κόστους προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας, οι τιμές καταναλωτή αυξάνονται σε όλα τα σενάρια συγκριτικά με το Σενάριο “καμίας πολιτικής”. Η αύξηση αυτή (της τάξεως του 20%) είναι ήδη μεγάλη για το Σενάριο Αναφοράς.

Οι αυξήσεις των τιμών στα Σενάρια Μετριασμού, συγκριτικά με το Σενάριο Αναφοράς, είναι σχετικά περιορισμένες μέχρι το 2030 αλλά μεγαλύτερες μετά.

Οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως υπολογίζονται από το μαθηματικό πρότυπο, περιλαμβάνουν την πλήρη ανάκτηση κάθε είδους κόστους στην παραγωγή και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και ανάκτηση όλων των μορφών επιδότησης για τις ΑΠΕ, το κόστος αυξημένης εφεδρείας, ανάλογο με το ποσοστό των στοχαστικών ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, κ.λπ. Οι παράγοντες αυτοί εξηγούν τις αυξημένες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας στο Σενάριο “ΑΠΕ” (κατά περίπου 5% το 2030 και κατά 10% το 2050) συγκριτικά με τις άλλες δύο παραλλαγές του Σεναρίου Μετριασμού. Ο ραγδαίος εξηλεκτρισμός των μεταφορών στα σενάρια μετριασμού εξελίσσεται παράλληλα με την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλες χρήσεις, με συνέπεια τη σημαντική εξομάλυνση της καμπύλης ηλεκτρικού φορτίου, καθώς μειώνεται η διαφορά μεταξύ φορτίου βάσης και φορτίου αιχμής. Αυτή η εξομάλυνση είναι ευεργετική για το μέσο κόστος της ηλεκτροπαραγωγής, ιδίως όταν αυτή αναπτύσσεται με μονάδες έντασης κεφαλαίου, όπως στην περίπτωση των Σεναρίων “ΑΠΕ και CCS” και “ΑΠΕ και πυρηνικά”.

Οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ελαφρά υψηλότερες στο Σενάριο “ΑΠΕ και CCS” συγκριτικά με το Σενάριο “ΑΠΕ και πυρηνικά”, κυρίως λόγω του κόστους μεταφοράς και απο-

Πίνακας 4.11

Διαμόρφωση του κόστους ηλεκτροπαραγωγής και του κόστους προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας σε €/MWh (Τιμές 2008)

	2005	2010	2020	2030	2050	Εκατοστιαίες μεταβολές έναντι Σεναρίου "καμίας πολιτικής"		
						2020	2030	2050
Σενάριο Αναφοράς								
Μέσο κόστος παραγωγής	68,6	80,6	99,7	107,2	90,1		16	24
Σταθερό κόστος	27,5	35,9	56,5	63,6	48,0		31	35
Μεταβλητό κόστος	39,7	41,7	35,3	31,0	29,8		-17	-21
Φόροι και ETS	1,4	3,0	7,9	12,7	12,2		2721	5835
Κόστος δικτύων	12,6	24,1	34,4	36,3	33,6		19	19
Κόστος προμήθειας	81,2	104,7	134,1	143,5	123,7		17	22
	2005	2010	2020	2030	2050	Εκατοστιαίες μεταβολές έναντι Σεναρίου Αναφοράς		
						2020	2030	2050
Σενάριο "ΑΠΕ"								
Μέσο κόστος παραγωγής	68,6	80,6	105,0	110,9	96,8	5	3	7
Σταθερό κόστος	27,5	35,9	63,4	77,0	67,0	12	21	39
Μεταβλητό κόστος	39,7	41,7	31,9	25,5	18,6	-10	-17	-38
Φόροι και ETS	1,4	3,0	9,7	8,4	11,3	23	-34	-8
Κόστος δικτύων	12,5	24,3	36,7	41,6	40,7	7	15	21
Κόστος προμήθειας	81,2	104,9	141,8	152,6	137,4	6	6	11
Σενάριο "ΑΠΕ και CCS"								
Μέσο κόστος παραγωγής	68,6	80,6	104,4	107,0	92,8	5	0	3
Σταθερό κόστος	27,5	35,9	61,2	67,0	46,5	8	5	-3
Μεταβλητό κόστος	39,7	41,7	32,9	33,7	33,0	-7	9	11
Φόροι και ETS	1,4	3,0	10,3	6,3	13,3	30	-50	9
Κόστος δικτύων	12,5	24,2	36,4	37,9	33,9	6	4	1
Κόστος προμήθειας	81,2	104,8	140,8	144,9	126,8	5	1	3
Σενάριο "ΑΠΕ και πυρηνικά"								
Μέσο κόστος παραγωγής	68,6	80,6	104,4	106,2	93,0	5	-1	3
Σταθερό κόστος	27,5	35,9	61,3	66,1	49,4	9	4	3
Μεταβλητό κόστος	39,7	41,7	32,9	27,6	23,5	-7	-11	-21
Φόροι και ETS	1,4	3,0	10,3	12,4	20,0	30	-2	64
Κόστος δικτύων	12,5	24,3	36,3	38,2	34,4	6	5	2
Κόστος προμήθειας	81,2	104,9	140,8	144,4	127,4	5	1	3

Πηγή: PRIMES.

θήκευσης διοξειδίου του άνθρακα. Όπως προαναφέρθηκε, υφίσταται μεγάλη αβεβαιότητα σχετικά με το κόστος της ανάπτυξης και λειτουργίας πυρηνικών σταθμών στην Ελλάδα. Κατά

Πίνακας 4.12

Διαμόρφωση των τιμών καταναλωτή για την ηλεκτρική ενέργεια σε €/MWh (Τιμές 2008)

	2005	2010	2020	2030	2050	Εκατοστιαίες μεταβολές έναντι Σεναρίου "καμίας πολιτικής"		
						2020	2030	2050
Σενάριο Αναφοράς								
Μέση τιμή	88,3	114,9	147,1	157,3	135,4	17	23	24
Βιομηχανία	55,9	76,3	97,2	103,0	93,0	10	17	21
Νοικοκυριά	93,7	129,5	169,3	179,3	151,9	21	25	26
Υπηρεσίες	111,6	129,8	151,0	157,9	133,7	18	23	25
	2005	2010	2020	2030	2050	Εκατοστιαίες μεταβολές έναντι Σεναρίου Αναφοράς		
						2020	2030	2050
Σενάριο "ΑΠΕ"								
Μέση τιμή	88,3	115,1	155,8	168,0	169,4	6	7	25
Βιομηχανία	55,9	75,7	100,2	103,4	92,7	3	0	0
Νοικοκυριά	93,7	130,2	180,3	193,0	192,1	6	8	27
Υπηρεσίες	111,6	130,0	159,8	167,4	161,5	6	6	21
Σενάριο "ΑΠΕ και CCS"								
Μέση τιμή	88,3	115,0	154,7	159,4	155,5	5	1	15
Βιομηχανία	55,9	75,9	100,1	101,7	90,2	3	-1	-3
Νοικοκυριά	93,7	130,0	178,6	181,2	174,9	6	1	15
Υπηρεσίες	111,6	129,8	158,5	159,1	148,8	5	1	11
Σενάριο "ΑΠΕ και πυρηνικά"								
Μέση τιμή	88,3	115,1	154,7	158,8	155,2	5	1	15
Βιομηχανία	55,9	75,0	100,3	102,0	92,4	3	-1	-1
Νοικοκυριά	93,7	130,5	178,6	180,5	174,5	5	1	15
Υπηρεσίες	111,6	130,2	158,5	158,3	147,7	5	0	10

Πηγή: PRIMES.

συνέπεια οι εκτιμήσεις σχετικά με το κόστος του Σεναρίου "ΑΠΕ και πυρηνικά" πρέπει να γίνουν δεκτές με μεγάλη επιφυλακτικότητα, αντίθετα με τις εκτιμήσεις για το κόστος των άλλων δύο παραλλαγών του Σεναρίου Μετριασμού.

Το μαθηματικό πρότυπο περιλαμβάνει αναλυτικές εκτιμήσεις των επενδύσεων κατά τομέα δραστηριότητας.

Ο Πίνακας 4.13 παρουσιάζει τις επενδύσεις για ενεργειακούς σκοπούς (αγορά εξοπλισμών, συσκευών, οχημάτων, δαπάνες για εξοικονόμηση ενέργειας, επενδύσεις στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας). Δεδομένου ότι το Σενάριο Αναφοράς περιλαμβάνει σημαντικές μορφές δράσης τόσο στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας όσο και για τις ΑΠΕ, οι επενδύσεις είναι

Πίνακας 4.13

Επενδύσεις στον τομέα της ενέργειας
(Δισεκ. ευρώ, τιμές 2008)

	2010-2020	2020-2030	2030-2050	2010-2050
Σενάριο Αναφοράς				
Βιομηχανία	2,9	2,9	5,8	11,6
Κτήρια	12,8	6,9	15,2	34,9
Μεταφορές (*)	174,3	190,3	415,0	779,6
Δίκτυα	9,8	10,8	20,7	41,3
Ηλεκτροπαραγωγή	16,2	13,0	22,4	51,7
Σύνολο ηλεκτρικού τομέα	26,0	23,9	43,1	93,0
Σενάριο Μετριασμού "ΑΠΕ": επιπλέον επενδύσεις σε σύγκριση με το Σενάριο Αναφοράς				
Βιομηχανία	0,1	0,0	1,6	1,7
Κτήρια	4,2	5,6	48,5	58,3
Μεταφορές (*)	5,1	7,7	99,6	112,4
Σύνολο τομέων ζήτησης	9,4	13,3	149,7	172,4
Δίκτυα	1,1	3,4	4,1	8,6
Ηλεκτροπαραγωγή	2,7	5,2	13,2	21,1
Σύνολο ηλεκτρικού τομέα	3,8	8,6	17,3	29,7

(*) Περιλαμβάνεται το σύνολο των δαπανών για αγορά μεταφορικών μέσων και όχι μόνο οι επενδύσεις για ενεργειακούς σκοπούς.

σαφώς μεγαλύτερες από το Σενάριο “καμίας πολιτικής”, κατά περίπου €20 δισεκ. (τιμές 2008) στους τομείς της ζήτησης ενέργειας (εξαιρουμένων των μεταφορών) και κατά περίπου €15 δισεκ. (τιμές 2008) για τον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας για τη χρονική περίοδο 2010-2050.

Το Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ” περιλαμβάνει ακόμα μεγαλύτερο ύψος επενδύσεων, συνολικά €172 δισεκ. (τιμές 2008) στους τομείς της ζήτησης και €30 δισεκ. (τιμές 2008) στον τομέα του ηλεκτρισμού επιπλέον των επενδύσεων του Σεναρίου Αναφοράς για τη χρονική περίοδο 2010-2050. Οι αυξημένες επενδύσεις στον τομέα των μεταφορών οφείλονται στον εξηλεκτρισμό των οδικών μεταφορών και περιλαμβάνουν το επιπλέον κόστος αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων, το σύστημα επαναφόρτισης συσσωρευτών και άλλες επενδύσεις προώθησης των δημόσιων συγκοινωνιών. Το μεγαλύτερο τμήμα των επιπλέον επενδύσεων στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας λαμβάνει χώρα μετά το 2020. Οι επενδύσεις για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια και το επιπλέον κόστος αγοράς περισσότερων αποδοτικών συσκευών εκτιμώνται στα €58 δισεκ. (τιμές 2008) για την περίοδο 2010-2050. Οι άλλες δύο παραλλαγές του Σεναρίου Μετριασμού περιλαμβάνουν παρόμοιο συνολικό ύψος επενδύσεων με το Σενάριο “ΑΠΕ”, αλλά μικρότερες συνολικές επενδύσεις στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι επιπλέον επενδύσεις στο Σενάριο Μετριασμού “ΑΠΕ” (συγκριτικά με το Σενάριο Αναφοράς) αντιπροσωπεύουν 0,7% του ΑΕΠ σωρευτικά για την περίοδο 2010-2050 χωρίς τις μεταφορές και 1,6% μαζί με τις μεταφορές.

Σε κάθε περίπτωση, η κατασκευή και λειτουργία των νέων επενδύσεων θα ωφελήσει την οικονομική δραστηριότητα και την απασχόληση, ενώ η αναδιάρθρωση του ενεργειακού συστήματος επιφέρει περιβαλλοντικά οφέλη αλλά και μεγαλύτερη ασφάλεια για την παροχή ενέργειας, καθώς και μείωση της εξάρτησης της χώρας από τις εισαγωγές ενέργειας.

Η ελληνική οικονομία με χαμηλές εκπομπές άνθρακα θα έχει πολύ μεγαλύτερη ανάγκη για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενεργειακά αποδοτικά δομικά υλικά, υβριδικά και ηλεκτρικά αυτοκίνητα, εξοπλισμούς “έξυπνου δικτύου” και γενικά παραγωγή ενέργειας χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Για να γίνει η μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα και να υπάρξει ωφέλεια, όπως για παράδειγμα λόγω των χαμηλότερων δαπανών για εισαγωγή πετρελαίου, η χώρα θα πρέπει να δαπανήσει €150 δισεκ. ή 1% του ΑΕΠ σε ετήσια βάση, κατά μέσο όρο, κατά τη διάρκεια των επόμενων τεσσάρων δεκαετιών, επιπλέον των δαπανών που προβλέπονται σύμφωνα με τις τρέχουσες πολιτικές, οι οποίες επιτυγχάνουν μεν τους στόχους του “20-20-20”, αλλά δεν επαρκούν για το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.

Οι επιπλέον επενδύσεις επαναφέρουν τη χώρα σε επίπεδα επενδύσεων πριν από την οικονομική κρίση και θα προωθήσουν την ανάπτυξη σε ένα ευρύ φάσμα τομέων παραγωγής και παροχής υπηρεσιών. Το μεγαλύτερο τμήμα πληρωμών για εισαγωγή καυσίμων θα υποκατασταθεί από δαπάνες για, κατά ένα σημαντικό τμήμα, εγχωρίως παραγόμενα αγαθά και υπηρεσίες. Με την εντατικοποίηση της δράσης για το κλίμα θα μπορούσαν να δημιουργηθούν πολλές νέες θέσεις εργασίας.

Η μετάβαση προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου αποφέρει επίσης σημαντικά οφέλη για το τοπικό περιβάλλον: σχεδόν μηδενίζονται οι εκπομπές ρύπων όξινης βροχής, καθώς και οι εκπομπές μικροσωματιδίων, ενώ η ποιότητα του αέρα στις αστικές περιοχές βελτιώνεται θεαματικά με τη γενίκευση της ηλεκτροκίνησης. Η αποδέσμευση από τις εκπομπές άνθρακα μέσω της δραστηρικής μείωσης της χρήσης ορυκτών καυσίμων μειώνει επίσης θεαματικά την εξάρτηση της χώρας από εισαγόμενη ενέργεια και έτσι βελτιώνει την ασφάλεια του εφοδιασμού.

Βιβλιογραφικές αναφορές για το μαθηματικό πρότυπο PRIMES

Capros, P. et al. (2011), “The PRIMES energy system model – Manual”, E3MLab, http://www.e3mlab.ntua.gr/e3mlab/index.php?option=com_content&view=article&id=58%3Amanual-for-primess-model&catid=35%3Aprimes&Itemid=80&lang=en and http://www.e3mlab.ntua.gr/e3mlab/index.php?option=com_content&view=article&id=221%3Aselected-applications-&catid=35%3Aprimes&Itemid=80&lang=en.

Capros, P. and Y. Antoniou (1999), “Decision Support System for the PRIMES Energy Model of the European Commission”, Vol. 12, Nos 1-6, special issue of International Journal of Global Energy Issues, Inderscience Enterprises, Geneva.

Capros, P., Guest Editor (2000), “Technology Evolution and Energy Modeling”, special issue of the International Journal of Global Energy Issues (IJGEI), Vol. 14-, Nos. 1-4, 2000, Inderscience Enterprises, Geneva.

Capros, P., L. Mantzos, V. Papandreou, N. Tasios and G. Klaassen (2009) “Model-based evaluation of European carbon capture and storage – policy options”, *European Review of Energy Markets*, Volume 3: Issue 2, ISSN 1782-1029, June.

Capros, P., L. Mantzos, N. Tasios et al. (2009), “European Energy and Transport Trends to 2030 – Update 2009”, European Commission, Directorate-General for Energy and Transport, http://ec.europa.eu/energy/observatory/trends_2030/index_en.htm.

Capros, P., L. Mantzos, L. Parousos, N. Tasios, G. Klaassen and T. Van Ierland (2011), “Analysis of the EU policy package on climate change and renewables”, *Energy Policy*, Volume 39, Issue 3, 1476-85, March.

Capros, P. et al. (2010), “Power Choices”, EURELECTRIC, <http://www.eurelectric.org/download/download.aspx?DocumentFileID=63875>.

European Commission, DG CLIMA (2011), “SEC (2011) 288: Impact Assessment for Roadmap 2050 (using model PRIMES)”, http://ec.europa.eu/clima/policies/roadmap/index_en.htm.

European Commission, DG MOVE (2011), “Impact Assessment for Transport White Paper (using model PRIMES)”, http://ec.europa.eu/transport/strategies/2011_white_paper_en.htm.

