

Μεθοδολογία Μακροχρόνιας Πρόβλεψης Συνολικής Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και Ισχύος

Μάιος 2019

Η 10-ετής πρόβλεψη παραγόμενης ενέργειας βασίζεται στις προβλέψεις αύξησης του Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος (ΑΕΠ) και της τιμής πώλησης του ηλεκτρισμού. Με βάση τα ιστορικά στοιχεία υπολογίζεται ο συντελεστής αύξησης της ηλεκτρικής ενέργειας ως προς την αύξηση του ΑΕΠ και της τιμής πώλησης του ηλεκτρισμού, αφού ληφθεί υπόψη επίδραση των καιρικών συνθηκών στην κατανάλωση. Η προβλεπόμενη μέγιστη παραγόμενη ισχύς υπολογίζεται ως συνάρτηση της προβλεπόμενης ενέργειας και του υπολογιζόμενου συντελεστή φορτίου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|----|
| Σύνοψη | 3 |
| A1. Ιστορικά Δεδομένα | 4 |
| A1.1. Περίοδος Ιστορικών Στοιχείων | 4 |
| A1.2. Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν | 4 |
| A1.3. Τιμή Πώλησης του Ηλεκτρισμού | 4 |
| A1.4. Θερμοκρασία | 5 |
| A1.5. Μονάδες Παραγωγής..... | 5 |
| A1.6. Μονάδες Εξαγωγής | 6 |
| A1.7. Συντελεστής Φορτίου | 9 |
| A2. Μεθοδολογία Ανάπτυξης του Υπολογιστικού Μοντέλου | 10 |
| A2.1. Στατιστικοί δείκτες..... | 11 |
| A2.2. Πρώτο Στάδιο Υπολογισμού – Κανονικοποίηση Μονάδων Παραγωγής ως προς τις Καιρικές Συνθήκες | 11 |
| A2.3. Δεύτερο Στάδιο Υπολογισμού – Συσχέτιση ΑΕΠ και Κόστους Ηλεκτρισμού με Κανονικοποιημένες Μονάδων Εξαγωγής..... | 13 |
| A3. Πρόβλεψη Μονάδων Παραγωγής..... | 14 |
| A3.1. Δεδομένα Προβλέψεων | 14 |
| A3.2. Πρόβλεψη Μονάδων Εξαγωγής και Μονάδων Παραγωγής | 15 |
| A3.3. Ακραίες και ήπιες καιρικές συνθήκες - Περιθώριο Εμπιστοσύνης Στατιστικού Λάθους | 16 |
| A4. Πρόβλεψη Μέγιστης Παραγωγής Ισχύος..... | 16 |
| A5. Διαφοροποιήσεις από Προηγούμενη Μεθοδολογία | 17 |

Σύνοψη

Η παρούσα μεθοδολογία έχει ως στόχο την μακροπρόθεσμη πρόβλεψη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ως συνάρτηση της προβλεπόμενης μεταβολής του Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος (ΑΕΠ) και της μεταβολής της τιμής πώλησης του ηλεκτρισμού στον καταναλωτή.

Ακολουθείται η μέθοδος της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (multiple linear regression), με εξαρτημένη μεταβλητή την κανονικοποιημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ως ανεξάρτητες μεταβλητές τη μεταβολή του ΑΕΠ, τη μεταβολή στην τιμή πώλησης του ηλεκτρισμού στον καταναλωτή και τις βαθμο-ημέρες (degree days) θέρμανσης και ψύξης. Οι μεταβολές των τιμών αυτών υπολογίζονται σε σχέση με την προηγούμενη αντίστοιχη περίοδο.

Ακολουθώντας με βάση τους συντελεστές που υπολογίστηκαν, προβλέπεται αρχικά η ενέργεια η οποία καταναλώνεται από τον τελικό καταναλωτή στο Σύστημα Διανομής στη Χαμηλή Τάση και ακολούθως εκτιμάται η ολική Παραγωγή του Συστήματος (Συμβατική Παραγωγή και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – ΑΠΕ), λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες του Συστήματος σε κάθε επίπεδο Τάσης και την ιδιοκατανάλωση των θερμικών σταθμών παραγωγής. Με αυτό τον τρόπο, λαμβάνεται υπόψη το μειούμενο ποσοστό συμβατικής παραγωγής στο ενεργειακό μείγμα, λόγω της αυξανόμενης διείσδυσης της παραγωγής από ΑΠΕ.

Διευκρινίζεται ότι στο κείμενο, όπου γίνεται αναφορά στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (ή/και αντίστοιχα στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας), ο όρος αφορά την ισοδύναμη συνολική παραγωγή αν θεωρήσουμε ότι όλη η ενέργεια (πέραν των απωλειών και ιδιοκατανάλωσης) καταναλώνεται στη Χαμηλή Τάση.

Η πρόβλεψη βασίζεται στην ετήσια μεταβολή της τελικής καταναλισκόμενης ενέργειας (**Μονάδες Κατανάλωσης**) χρησιμοποιώντας τους συντελεστές της γραμμικής συσχέτισης και προβλέψεις μεταβολής του ΑΕΠ και της μεταβολής της τιμής πώλησης του ηλεκτρισμού για ένα έτος με κανονικές καιρικές συνθήκες. Ως έτος αναφοράς της παρούσας πρόβλεψης λήφθηκε το έτος 2018.

Σε όλους τους υπολογισμούς η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη χρήση του λογισμικού MS Excel.

A1. Ιστορικά Δεδομένα

A1.1. Περίοδος Ιστορικών Στοιχείων

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου στο μοντέλο αφορούν την περίοδο μετά το 2005, για την οποία υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία παραγωγής στο ΣΤΗΔΕ. Σε περίπτωση που η μελέτη υλοποιείται πριν το τέλος του έτους, γίνεται εκτίμηση των τιμών που δεν έχουν καταγραφεί, βάσει της τάσης των προηγούμενων μηνών του έτους.

Για κάθε μεταβλητή χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα στην καλύτερη ανάλυση που υπήρχε διαθέσιμη:

- Μεταβολή ΑΕΠ: τριμηνιαία δεδομένα
- Μεταβολή Κόστος Ηλεκτρισμού: μηνιαία δεδομένα
- Ολική Παραγόμενη Ενέργεια: Ημερήσια Δεδομένα
- Θερμοκρασία: Ημερήσια Δεδομένα

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η περίοδος 2011-2014 η οποία αποτελεί μεγάλο μέρος των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν χαρακτηρίζεται από την οικονομική κρίση, την καταστροφή στον ΗΣ Βασιλικού και τις επιπτώσεις στη ζήτηση ηλεκτρισμού με μεγάλες διαφοροποιήσεις στην τιμή πώλησης του ηλεκτρισμού. Για αυτό, πρέπει να δοθεί σημασία στην επιλογή της περιόδου που θα χρησιμοποιηθεί στη μοντελοποίηση, ώστε να μην υπάρχει στρέβλωση των δεδομένων.

Στο τελικό μοντέλο, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ομαδοποιήθηκαν στη χειρότερη ανάλυση, δηλαδή τριμηνιαία.

A1.2. Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για το ΑΕΠ προέρχονται από τη Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου.

Οι τιμές του ΑΕΠ που δίνονται από τη Στατιστική Υπηρεσία είναι ανά τρίμηνο και περιλαμβάνουν τις απόλυτες τιμές του ΑΕΠ και το ρυθμό μεταβολής, δηλαδή τη σύγκριση του ΑΕΠ σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο αναφοράς. Επιπλέον, οι τιμές δίνονται σε πραγματικές ή σταθερές τιμές, δηλαδή κανονικοποιημένες ως προς τις εποχικές διακυμάνσεις και τις εργάσιμες μέρες. Η κανονικοποίηση των τιμών του ΑΕΠ στη Στατιστική Υπηρεσία γίνεται με αναφορά το έτος 2005 με τη μεθοδολογία της αλυσιδωτής σύνδεσης.

Ως δεδομένα στο μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν η μεταβολή της κανονικοποιημένης τιμής (διορθωμένης τιμής) του ΑΕΠ σε σύγκριση με το αντίστοιχο τρίμηνο του προηγούμενου έτους.

Σημειώνεται ότι το ΑΕΠ της Κύπρου παρουσίασε συνεχή μείωση από το 3^ο τρίμηνο του 2011 μέχρι το 1^ο τρίμηνο 2015, αποτυπώνοντας την οικονομική κρίση, ενώ από το 2^ο και 3^ο τρίμηνο του 2015 η οικονομία δείχνει σημάδια ανάκαμψης, με θετικούς ρυθμούς μεταβολής του ΑΕΠ, οι οποίοι αυξήθηκαν σημαντικά κατά το 2016 και 2017.

A1.3. Τιμή Πώλησης του Ηλεκτρισμού

Η μεταβολή της τιμής πώλησης του ηλεκτρισμού σε €/kWh, υπολογίστηκε από τη μέση μηνιαία τιμή για την κάθε περίοδο.

Η μηνιαία τιμή υπολογίστηκε ως η μέση τιμή της συνολικής χρέωσης της οικιακής τιμολόγησης (Διατίμηση 01) για κατανάλωση 1000kWh, θεωρώντας ότι αυτή η τιμή

είναι αντιπροσωπευτική όλων των διατιμήσεων και επιπέδων κατανάλωσης. Στην τιμή αυτή συμπεριλαμβάνονται οι χρεώσεις στην τιμή πώλησης του ηλεκτρισμού όπως φόροι, τέλη ΑΠΕ και ΥΔΩ¹, πάγιο, ρήτρα καυσίμων, καθώς και οι αυξήσεις ή μειώσεις στη διατίμηση σύμφωνα με τις κατά καιρούς αποφάσεις της ΡΑΕΚ. Για την περίοδο 2010-2016 χρησιμοποιήθηκε η Διατίμηση 05 που ήταν η αντίστοιχη πριν την αλλαγή των Διατιμήσεων της ΑΗΚ.

Στην περίοδο 2010-2017, η τιμή του ηλεκτρισμού είχε πολύ σημαντική μεταβολή καθώς επηρεάστηκε σημαντικά από δύο παράγοντες. Ο πρώτος είναι η μεταβολή στην τιμή των καυσίμων που αγοράζει η ΑΗΚ και η οποία έχει επίδραση στην τιμή μέσω της ρήτηρας καυσίμου. Ο δεύτερος σημαντικός παράγοντας είναι η επιβολή αυξήσεων ή μειώσεων των διατιμήσεων σύμφωνα με τις αποφάσεις της ΡΑΕΚ.

Θα πρέπει να σημειωθούν τα ακόλουθα:

- Η μεταβολή των διεθνών τιμών καυσίμων επιδρά με χρονική καθυστέρηση και με εξομάλυνση στην τιμή πώλησης του ηλεκτρισμού λόγω της μεθοδολογίας που ακολουθείται για την αναπροσαρμογή του ηλεκτρισμού μέσω της ρήτηρας καυσίμου.
- Εκτιμάται ότι η επίδραση της τιμής του ηλεκτρισμού στην κατανάλωση (ελαστικότητα τιμής) έχει μια περαιτέρω καθυστέρηση. Βραχυπρόθεσμα, η πλειοψηφία των καταναλωτών προσαρμόζει την κατανάλωση τους (π.χ. με βραχυπρόθεσμα μέτρα εξοικονόμησης) αφού ανακοινωθούν οι τιμές ηλεκτρισμού ή λάβουν το τιμολόγιο τους. Μεσοπρόθεσμα, οι καταναλωτές αναμένεται να μεταβάλουν τη συμπεριφορά τους (π.χ. με επενδύσεις σε εναλλακτικές μορφές ενέργειας) επηρεαζόμενοι από τη μεσοπρόθεσμη τάση των τιμών του ηλεκτρισμού. Η επίδραση που εξετάζουμε στην παρούσα μεθοδολογία είναι μάλλον η βραχυπρόθεσμη, η οποία όπως έχει αναφερθεί έρχεται με χρονική καθυστέρηση ως προς την τιμή.

Στην ανάπτυξη του μοντέλου, οι μηνιαίες τιμές του κόστους του ηλεκτρισμού ομαδοποιήθηκαν σε τρίμηνα, υπολογίζοντας τη μέση τιμή του τριμήνου. Στη συνέχεια υπολογίστηκε η μεταβολή της τριμηνιαίας τιμής του ηλεκτρισμού σε σχέση με το αντίστοιχο τρίμηνο του προηγούμενου έτους, η οποία χρησιμοποιήθηκε στους υπολογισμούς.

A1.4. Θερμοκρασία

Στους υπολογισμούς, για να εκφραστεί η επίδραση των συνθηκών του περιβάλλοντος στη ζήτηση ηλεκτρισμού, χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας από τον μετεωρολογικό σταθμό στην Αθαλάσσα, όπως καταγράφονται στο ΣΤΗΔΕ.

A1.5. Μονάδες Παραγωγής

Οι Μονάδες Παραγωγής αφορούν όλη την ενέργεια που παράγεται από τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής και τις Μονάδες ΑΠΕ, συμπεριλαμβανομένης της ιδιοκατανάλωσης των συμβατικών σταθμών παραγωγής ή/και απωλειών εξοπλισμού ισχύος του σταθμού.

Η ιδιοκατανάλωση των θερμικών μονάδων αντιστοιχεί στην ενέργεια που καταναλώνεται εντός των σταθμών, η οποία υπολογίστηκε ως ποσοστό επί της

¹ Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και Υπηρεσίες Δημόσιας Ωφέλειας (ΥΔΩ)

ολικής παραγωγής τους. Η ιδιοκατανάλωση των Μονάδων Παραγωγής ΑΠΕ θεωρήθηκε μηδενική².

Για τον υπολογισμό των Μονάδων Παραγωγής χρησιμοποιήθηκαν ημερήσια δεδομένα της Παραγωγής στο Σύστημα Μεταφοράς, όπως καταγράφονται στο ΣΤΗΔΕ, συμπεριλαμβανομένων των ΑΠΕ που είναι συνδεδεμένα στο ΣΜ.

Καθώς η Παραγόμενη Ενέργεια στο Σύστημα Διανομής δεν καταγράφεται, έγινε εκτίμηση της ημερήσιας παραγωγής των Φωτοβολταϊκών, Αιολικών και Συστημάτων Βιομάζας που βρίσκονται εγκατεστημένα στο Σύστημα Διανομής. Συγκεκριμένα, για την εκτίμηση της Φωτοβολταϊκής Παραγωγής του ΣΔ, αντιστοιχήθηκε η παραγωγή από Φωτοβολταϊκά πάρκα που επιβλέπονται από το ΣΤΗΔΕ με την εγκατεστημένη ισχύ της κάθε επαρχίας, όπως οποία δίνεται σε καθημερινή βάση από τον ΔΣΔ, ούτως ώστε να υπολογιστεί η συνολική ημερήσια Φ/Β παραγωγή. Όσον αφορά την Αιολική Παραγωγή του ΣΔ θεωρήθηκε αντίστοιχη της ολικής Αιολικής Παραγωγής στο ΣΜ, ενώ η Παραγωγή της Βιομάζας του ΣΔ θεωρήθηκε σταθερή.

Η δεκαετής πρόβλεψη που εκπονεί ο ΔΣΜΚ αφορά τη συνολική παραγωγή ηλεκτρισμού, η οποία ισούται με τις Μονάδες Κατανάλωσης συν την ιδιοκατανάλωση των σταθμών παραγωγής και τις απώλειες του Συστήματος Μεταφοράς και Διανομής.

Όπως αναφέρθηκε και στην Εισαγωγή, όπου γίνεται αναφορά στη συνολική παραγωγή ηλεκτρισμού (ή/και στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού), ο όρος αφορά την ισοδύναμη συνολική παραγωγή αν θεωρήσουμε ότι όλη η ενέργεια καταναλώνεται στη Χαμηλή Τάση.

A1.6. Μονάδες Κατανάλωσης

Οι Μονάδες Κατανάλωσης αντιπροσωπεύουν την ενέργεια που καταλήγει στον τελικό καταναλωτή με την παραδοχή ότι όλη η κατανάλωση ενέργειας πραγματοποιείται στη Χαμηλή Τάση, η οποία υπολογίζεται αφού αφαιρεθούν από τις Μονάδες Παραγωγής η ιδιοκατανάλωση και οι απώλειες στο Σύστημα Μεταφοράς και Διανομής, ανάλογα από το σημείο σύνδεσής τους [1][8], όπως παρουσιάζονται στον Πίνακας 1. Σημειώνεται ότι η τιμή ανά τύπο απώλειας αναπροσαρμόζεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Στο κείμενο, οι όποιες αναφορές σε «ολική ζήτηση», ή «παραγωγή» γίνονται όχι με τον αυστηρό ορισμό των όρων αυτών. Η ενέργεια αυτή αντιστοιχεί στην ολική κατανάλωση, είτε αυτή καταγράφεται από μετρητές είτε καταναλώνεται πριν τον μετρητή μέσω σχεδίων αυτοπαραγωγής ή συμψηφισμού.

Οι ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας λαμβάνονται υπόψη ως προς ένα Σημείο Μέτρησης³, ούτως ώστε, η ποσότητα ενέργειας σε κάθε Σημείο Μέτρησης Μονάδων Παραγωγής να τυχάνει της ανάλογης αντιστάθμισης για τυχόν ιδιοκατανάλωση σταθμού παραγωγής ή/και απωλειών εξοπλισμού ισχύος του σταθμού, ή/και απωλειών στο Σύστημα Μεταφοράς και Διανομής [9].

Η αναγωγή της Εξαχθείσας Ποσότητας Ενέργειας από την Παραγωγή στο σημείο αναφοράς ακολουθεί τις πρόνοιες των Κανόνων Αγοράς Ηλεκτρισμού (ΚΑΗ) [2],

² Η ιδιοκατανάλωση των σταθμών ΑΠΕ αφορά μόνο φωτισμό, σύστημα επιτήρησης - παρακολούθησης ή ενέργεια που χρησιμοποιείται στις κτηριακές εγκαταστάσεις, αλλά είναι ανεξάρτητη από την πρωτογενή παραγωγή ηλεκτρισμού από τους σταθμούς αυτούς.

³ Σημείο Μέτρησης όπως καθορίζεται στους ΚΜΔ αναφέρεται στο Πραγματικό ή Καθορισμένο (βάσει των όρων σύνδεσης) Σημείο Μέτρησης όπου μετράται η Εξαχθείσα Ποσότητα Ενέργειας. Για όλες τις υφιστάμενες Μονάδες αφορά το πραγματικό σημείο Μέτρησης, ενώ για τις μελλοντικές Μονάδες Παραγωγής από ΑΠΕ, το σημείο σύνδεσης με το δίκτυο, δηλαδή, το σημείο μέτρησης αφού αφαιρεθούν οι απώλειες εξοπλισμού ισχύος του σταθμού Παραγωγής.

λαμβάνοντας υπόψη την Παραγωγή ως να είναι συνδεδεμένη στο ίδιο σημείο με τους Καταναλωτές του εκάστοτε επιπέδου τάσης του επιλεγμένου Σημείου Αναφοράς.

Πίνακας 1. Ποσοστά απωλειών και ιδιοκατανάλωση.

| Τύπος Απώλειας | Τύπος Μονάδας Παραγωγής |
|---|---|
| Απώλειες Συστήματος Μεταφοράς (ΥΤ) ⁴ | <ul style="list-style-type: none"> • Συμβατικοί Σταθμοί Παραγωγής • Αιολικά στο ΣΜ |
| Απώλειες Συστήματος Διανομής (ΜΤ) ³ | <ul style="list-style-type: none"> • Φωτοβολταϊκά με Εγγυημένη τιμή |
| Απώλειες Συστήματος Διανομής (ΜΤ+ΧΤ) ³ | <ul style="list-style-type: none"> • Φωτοβολταϊκά - Αυτοπαραγωγή • Φωτοβολταϊκά - Συμψηφισμός |
| Ιδιοκατανάλωση Θερμικών Σταθμών ^{5,6} | |

Καθώς η αναγωγή της εκάστοτε Παραγωγής από το ένα σημείο στο άλλο είναι θέμα κατάλληλης χρήσης του Συντελεστή Απωλειών Μεταφοράς, στην παρούσα μελέτη, για σκοπούς πρακτικής εφαρμογής επιλέχθηκαν ως Σημείο Αναφοράς οι Μονάδες Κατανάλωσης όπως καθορίζονται στην Παράγραφο Α1.6, ούτως ώστε να μπορεί να εφαρμοσθεί η μεθοδολογία της πρόβλεψης στην τελική χρήση του ηλεκτρισμού, χωρίς να περιλαμβάνει τις απώλειες, οι οποίες υπολογίζονται σε δεύτερο στάδιο. Με αυτό τον τρόπο, ενώ οι προβλέψεις αφορούν σε πρώτη φάση τη μεταβολή της Ζήτησης στον τελικό καταναλωτή (Μονάδες Κατανάλωσης στη Χαμηλή Τάση), στη συνέχεια γίνεται εκτίμηση για την απαιτούμενη Παραγωγή ενέργειας (Μονάδες Παραγωγής) ούτως ώστε να μπορεί να ικανοποιηθεί η προβλεπόμενη Ζήτηση, λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες (Ισχύος, Ιδιοκατανάλωση, κτλ) σε κάθε σημείο του Ηλεκτρικού Συστήματος. Συνεπώς, η ποσότητα ενέργειας σε κάθε Καθορισμένο Σημείο Μέτρησης Μονάδων Παραγωγής τυγχάνει της ανάλογης αντιστάθμισης για τυχόν ιδιοκατανάλωση σταθμού παραγωγής ή/και απωλειών εξοπλισμού ισχύος του σταθμού ή και απωλειών στο Σύστημα Μεταφοράς και Διανομής.

Στους υπολογισμούς θεωρήθηκε πως οι μονάδες ΑΠΕ στη Χαμηλή Τάση, υπό το καθεστώς συμψηφισμού και αυτοπαραγωγής, δεν προκαλούν απώλειες, καθώς το σημείο παραγωγής τους ταυτίζεται θεωρητικά με το σημείο κατανάλωσης [1][8].

Κατ' επέκταση, εφόσον προνοείται η ολοένα και αυξανόμενη διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα, η αντίστοιχη μείωση της συμβατικής παραγωγής θα είναι μεγαλύτερη εφόσον θα είναι αναλογικά μειωμένες και οι απώλειες ιδιοκατανάλωσης και Συστήματος Μεταφοράς.

Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι η ποσοτικοποίηση των Απωλειών σε ένα Ηλεκτρικό Σύστημα είναι μια σύνθετη διαδικασία η οποία πρέπει να πραγματοποιείται με βάση τις παραμέτρους του συγκεκριμένου Συστήματος, να αναθεωρείται σε τακτά χρονικά διαστήματα και η οποία δύναται να μεταβληθεί σε περιπτώσεις σημαντικής μεταβολής μιας εκ των σημαντικών παραμέτρων του Ηλεκτρικού Συστήματος, ενώ ακόμη και στο ενοποιημένο ευρωπαϊκό δίκτυο χρησιμοποιούνται διαφορετικές μέθοδοι υπολογισμού και διαφορετικοί ορισμοί [1]. Στην παρούσα μελέτη ο τρόπος υπολογισμού βασίστηκε στον τρόπο που υπολογίζονται οι απώλειες στους ΚΑΗ, ο

⁴ Όπως υπολογίστηκαν και εγκρίθηκαν στα πλαίσια της Μεταβατικής Αγοράς Ηλεκτρισμού και είναι δημοσιευμένες στην ιστοσελίδα του ΔΣΜΚ.

⁵ Συμπεριλαμβάνονται και τυχόν απώλειες ισχύος εξοπλισμού του σταθμού, π.χ. απώλειες μετασχηματιστών κτλ.

⁶ Η ιδιοκατανάλωση των Μονάδων Παραγωγής ΑΠΕ (για σκοπούς λειτουργίας) θεωρήθηκε μηδενική

οποίος επί του παρόντος είναι η μέθοδος που ακολουθείται και από άλλες χώρες και είναι αποδεκτή μέθοδος από την επιστημονική κοινότητα [3][4][5][6][7].

Οι Εξισώσεις υπολογισμού Μονάδων Παραγωγής βάσει των Μονάδων Κατανάλωσης, λαμβάνοντας υπόψη τη συνεισφορά των ΑΠΕ, τις απώλειες και την ιδιοκατανάλωση των θερμικών σταθμών ακολουθούν.

$$E_{\Pi\alpha\rho} = \Theta_{\Pi\alpha\rho}^{YT} + AΠE_{\Pi\alpha\rho} \quad (\text{Εξ. 1})$$

$$E_{\Pi\alpha\rho} = E_{Κατανα} + E_{Απώλ} + \Theta_{Ιδιοκ} \quad (\text{Εξ. 2})$$

$$E_{Κατανα} = E_{\Pi\alpha\rho} - E_{Απώλ} - \Theta_{Ιδιοκ} = \Theta_{Κατ}^{YT} + AΠE_{Κατ} \quad (\text{Εξ. 3})$$

$$E_{Ιδιοκ} = \Theta_{Ιδιοκ} \quad (\text{Εξ. 4})$$

$$E_{Απώλ} = \Theta_{Ιδιοκ}^{YT} + \Theta_{Απώλ}^{YT} + AΠE_{Απώλ} \quad (\text{Εξ. 5})$$

$$AΠE_{Κατ} = AΠE_{Κατ}^{YT} + AΠE_{Κατ}^{MT} + AΠE_{Κατ}^{XT} \quad (\text{Εξ. 6})$$

$$AΠE_{\Pi\alpha\rho} = AΠE_{\Pi\alpha\rho}^{YT} + AΠE_{\Pi\alpha\rho}^{MT} + AΠE_{\Pi\alpha\rho}^{XT} \quad (\text{Εξ. 7})$$

$$AΠE_{Κατ}^{YT} = \frac{AΠE_{\Pi\alpha\rho}^{YT}}{(1 + \alpha^{YT}) \times (1 + \alpha^{XT})} \quad (\text{Εξ. 8})$$

$$AΠE_{Κατ}^{MT} = \frac{AΠE_{\Pi\alpha\rho}^{MT} \times (1 + \alpha^{MT})}{(1 + \alpha^{XT})} \quad (\text{Εξ. 9})$$

$$AΠE_{\Pi\alpha\rho}^{YT} = AΠE_{Κατ}^{YT} + AΠE_{Απώλ}^{YT} \quad (\text{Εξ. 10})$$

$$AΠE_{\Pi\alpha\rho}^{MT} = AΠE_{Κατ}^{MT} + AΠE_{Απώλ}^{MT} \quad (\text{Εξ. 11})$$

$$AΠE_{\Pi\alpha\rho}^{XT} = AΠE_{Κατ}^{XT} \quad (\text{Εξ. 12})$$

$$\Theta_{Κατ}^{YT} = \frac{\Theta_{\Pi\alpha\rho}^{YT}}{(1 + \alpha^{YT}) \times (1 + \alpha^{XT})} - \Theta_{\Pi\alpha\rho}^{YT} \times \alpha^{Ιδιοκ} \quad (\text{Εξ. 13})$$

$$\Theta_{Απώλ}^{YT} = \Theta_{\Pi\alpha\rho}^{YT} - \Theta_{Κατ}^{YT} - \Theta_{Ιδιοκ}^{YT} \quad (\text{Εξ. 14})$$

Όπου:

$E_{\Pi\alpha\rho}$: Μονάδες Παραγωγής, Ολικές (MWh)

$E_{Κατανα}$: Μονάδες Κατανάλωσης, Ολικές (MWh)

$E_{Απώλ}$: Απώλειες στο Σύστημα Μεταφοράς και Διανομής, Ολικές (MWh)

$E_{Ιδιοκ}$: Ιδιοκατανάλωση, Ολική (MWh)

$\Theta_{\Pi\alpha\rho}^{YT}$: Μονάδες Συμβατικής Παραγωγής στην YT (MWh)

| | |
|-------------------------|--|
| $\theta_{Απώλ}^{YT}$: | Απώλειες Συμβατικής Παραγωγής στο ΣΜ και ΣΔ (MWh) |
| $\theta_{Κατ}^{YT}$: | Μονάδες Κατανάλωσης από ΑΠΕ που παράχθηκαν στην ΥΤ (MWh) |
| $\theta_{Ιδιοκ}^{YT}$: | Μονάδες Κατανάλωσης από ΑΠΕ που παράχθηκαν στην ΥΤ (MWh) |
| $ΑΠΕ_{Παρ}$: | Μονάδες Παραγωγής από ΑΠΕ, Ολικές (MWh) |
| $ΑΠΕ_{Κατ}$: | Μονάδες Κατανάλωσης από ΑΠΕ, Ολικές (MWh) |
| $ΑΠΕ_{Απώλ}$: | Απώλειες από ΑΠΕ, Ολικές (MWh) |
| $ΑΠΕ_{Παρ}^{YT}$: | Μονάδες Παραγωγής από ΑΠΕ στην ΥΤ (MWh) |
| $ΑΠΕ_{Απώλ}^{YT}$: | Μονάδες Παραγωγής από ΑΠΕ που παράχθηκαν στην ΥΤ (MWh) |
| $ΑΠΕ_{Κατ}^{YT}$: | Μονάδες Κατανάλωσης από ΑΠΕ που παράχθηκαν στην ΥΤ (MWh) |
| $ΑΠΕ_{Παρ}^{MT}$: | Μονάδες Παραγωγής από ΑΠΕ στην ΜΤ (MWh) |
| $ΑΠΕ_{Απώλ}^{MT}$: | Μονάδες Παραγωγής από ΑΠΕ στην ΜΤ (MWh) |
| $ΑΠΕ_{Κατ}^{MT}$: | Μονάδες Κατανάλωσης από ΑΠΕ που παράχθηκαν στην ΜΤ (MWh) |
| $ΑΠΕ_{Παρ}^{XT}$: | Μονάδες Παραγωγής από ΑΠΕ στην ΧΤ (MWh) |
| $ΑΠΕ_{Απώλ}^{XT}$: | Μονάδες Παραγωγής από ΑΠΕ στην ΧΤ (MWh) |
| $ΑΠΕ_{Κατ}^{XT}$: | Μονάδες Παραγωγής από ΑΠΕ στην ΧΤ (MWh) |
| α^{YT} : | Συντελεστής Απωλειών ΣΜ (%) |
| α^{MT} : | Συντελεστής Απωλειών Συστήματος Μέσης Τάσης (%) |
| α^{XT} : | Συντελεστής Απωλειών ΣΔ (Μέση + Χαμηλή Τάση) (%) |
| $\alpha^{Ιδιοκ}$: | Συντελεστής Ιδιοκατανάλωσης θερμικών σταθμών (%) |

A1.7. Συντελεστής Φορτίου

Ο Συντελεστής Φορτίου είναι μία ένδειξη του ποσοστού που χρησιμοποιείται η διαθέσιμη ικανότητα παραγωγής του συστήματος. Ο Συντελεστής Φορτίου μπορεί να υπολογιστεί ως ο λόγος του μέσου στιγμιαίου φορτίου προς την στιγμιαία αιχμή του φορτίου:

$$\Sigma\Phi = \frac{\overline{U}_G}{P_{max}} \quad (\text{Εξ. 15})$$

Όπου,

| | |
|--------------------|----------------------------|
| $\Sigma\Phi$: | ο Συντελεστής Φορτίου |
| \overline{U}_G : | μέσο στιγμιαίο φορτίο (MW) |

P_{max} : στιγμιαία αιχμή φορτίου (MW)

Εναλλακτικά μπορεί να υπολογιστεί ως ο λόγος της ολικής παραγόμενης ενέργειας του Συστήματος προς την αιχμή του φορτίου σε μια προκαθορισμένη χρονική διάρκεια (π.χ. 8760 ώρες):

$$\Sigma\Phi = \frac{U_G}{P_{max} \times hours} \quad (\text{Εξ. 16})$$

Όπου,

$\Sigma\Phi$: ο Συντελεστής Φορτίου

U_G : ολική παραγωγή ενέργειας, προκαθορισμένη χρονική διάρκεια (MWh)

P_{max} : η μέγιστη ισχύς στη προκαθορισμένη χρονική διάρκεια (MW)

hours: προκαθορισμένη χρονική διάρκεια

Για κάθε έτος της περιόδου των ιστορικών δεδομένων υπολογίζεται ο Συντελεστής Φορτίου, ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί στην πρόβλεψη της Μέγιστης Ισχύος.

A2. Μεθοδολογία Ανάπτυξης του Υπολογιστικού Μοντέλου

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (multiple linear regression) σε δύο στάδια. Ο όρος γραμμική παλινδρόμηση αφορά τη μοντελοποίηση της σχέσης μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής και μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Η τελική συνάρτηση υπολογισμού είναι:

$$Y = a_i X_i + c \quad (\text{Εξ. 17})$$

Όπου,

Y : η εξαρτημένη μεταβλητή

X_i : οι ανεξάρτητες μεταβλητές

a_i : οι γραμμικοί συντελεστές για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή

c : η σταθερά της συνάρτησης

Στο πρώτο στάδιο καθορίστηκε η επίδραση της μεταβολής της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (ανεξάρτητη μεταβλητή) στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, (εξαρτημένη μεταβλητή). Σε αυτό τον τρόπο κανονικοποιήθηκαν δηλαδή οι Μονάδες Παραγωγής ως προς το κανονικό θερμοκρασιακά έτος.

Στο δεύτερο στάδιο καθορίστηκε η επίδραση της μεταβολής του ΑΕΠ και της μεταβολής της τιμής πώλησης του ηλεκτρισμού στον καταναλωτή (ανεξάρτητες μεταβλητές) στην κανονικοποιημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (εξαρτημένη μεταβλητή).

Από τη μοντελοποίηση εξήχθησαν οι γραμμικοί συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών, η σταθερά της συνάρτησης και το στατιστικό λάθος του υπολογισμού για τον κάθε συντελεστή.

Για τις τιμές των συντελεστών που υπολογίστηκαν για κάθε δοκιμή προσδιορίστηκαν οι στατιστικοί δείκτες και επιλέχθηκε η βέλτιστη λύση.

Τέλος, κατά την ανάλυση δόθηκε σημασία και στη φυσική ερμηνεία των συντελεστών της γραμμικής συνάρτησης, οι οποίοι θα έπρεπε να έχουν λογικές τιμές. Ενδεικτικά, αναμενόταν ότι:

- Ο γραμμικός συντελεστής της μεταβολής του ΑΕΠ θα έπρεπε να είναι θετικός, δηλαδή αύξηση στο ΑΕΠ πρέπει να έχει επακόλουθη αύξηση στη ζήτηση.
- Ο γραμμικός συντελεστής της μεταβολής της τιμής πώλησης του ηλεκτρισμού θα έπρεπε να είναι αρνητικός, δηλαδή αύξηση στην τιμή πώλησης του ηλεκτρισμού πρέπει να έχει επακόλουθη μείωση στη ζήτηση.
- Ηπιότερες καιρικές συνθήκες έπρεπε να οδηγούν σε αυξημένη κανονικοποιημένη ολική παραγωγή ενέργειας, ενώ ακραίες καιρικές συνθήκες έπρεπε να οδηγούν σε μειωμένη κανονικοποιημένη ολική παραγωγή ενέργειας.

Στην ανάπτυξη του υπολογιστικού μοντέλου συσχετίζονται οι κανονικοποιημένες Μονάδες Παραγωγής με το ΑΕΠ και την τιμή του ηλεκτρισμού, δηλαδή η ολική παραγόμενη ενέργεια που περιλαμβάνει και τις απώ

Ενώ είναι ορθότερο να συσχετίζονται οι κανονικοποιημένες Μονάδες Κατανάλωσης με το ΑΕΠ και την τιμή του ηλεκτρισμού, ούτως ώστε να εξάγονται οι γραμμικοί συντελεστές χωρίς να υπολογίζονται οι απώλειες και ιδιοκατανάλωση, κατά την ανάπτυξη του μοντέλου γίνεται συσχέτιση των κανονικοποιημένων Μονάδων Παραγωγής με το ΑΕΠ και την τιμή του ηλεκτρισμού, καθώς δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα της ημερήσιας τελικής κατανάλωσης στο Σύστημα Διανομής. Κατά την εφαρμογή όμως του μοντέλου για την πρόβλεψη συσχετίζονται η μεταβολή των μελλοντικών Μονάδων Κατανάλωσης με τη μεταβολή των μελλοντικών τιμών του ΑΕΠ και της τιμής του ηλεκτρισμού, χρησιμοποιώντας τους ίδιους συντελεστές, θεωρώντας ότι καθώς οι απώλειες και ιδιοκατανάλωση αποτελούν ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας, η μεταβολή των Μονάδων Κατανάλωσης είναι σχεδόν ανάλογη των Μονάδων Παραγωγής στον κάθε χρόνο. Σε αντίθετη περίπτωση που θα προβλέπονταν οι μελλοντικές Μονάδες Παραγωγής, δεν θα λαμβανόταν υπόψη η μείωση των απωλειών και ιδιοκατανάλωσης λόγω της αυξανόμενης διείσδυσης των ΑΠΕ και άρα αντίστοιχης μείωσης της θερμικής παραγωγής. Έτσι, γίνεται αρχικά πρόβλεψη των μελλοντικών Μονάδων Κατανάλωσης και στη συνέχεια υπολογίζονται οι μελλοντικές Μονάδες Παραγωγής.

A2.1. Στατιστικοί δείκτες

Στην ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης, ο βαθμός γραμμικότητας της εξαρτημένης από τις ανεξάρτητες μεταβλητές εκφράζεται μέσω του συντελεστή δειγματικής συσχέτισης (r) των μεταβλητών.

Το r στο τετράγωνο (r^2) αποτελεί το *συντελεστή προσδιορισμού* που είναι το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο μέτρο για να μετρηθεί η γραμμική σχέση μεταξύ εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών.

Επιπλέον, δόθηκε σημασία στο σφάλμα των συντελεστών του υπολογισμού να είναι ανάλογο της τιμής του συντελεστή, ώστε να μην υπεισέρχεται μεγάλη αβεβαιότητα στο μοντέλο. Το σφάλμα χρησιμοποιείται στον υπολογισμό του άνω και κάτω ορίου της πρόβλεψης.

A2.2. Πρώτο Στάδιο Υπολογισμού – Κανονικοποίηση Μονάδων Παραγωγής ως προς τις Καιρικές Συνθήκες

Λόγω της επίδρασης των καιρικών συνθηκών στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, οι μονάδες παραγωγής κανονικοποιήθηκαν ως προς τις καιρικές συνθήκες. Η

κανονικοποιημένη τιμή αντιπροσωπεύει τις μονάδες παραγωγής που θα καταγράφονταν, αν οι καιρικές συνθήκες κατά το έτος ήταν οι μέσες που επικράτησαν κατά την περίοδο των ιστορικών στοιχείων.

Τα δεδομένα του υπολογισμού ήταν οι ημερήσιες Μονάδες Παραγωγής και η Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία, όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο Α1.

Στους υπολογισμούς, για να εκφραστεί η επίδραση των συνθηκών του περιβάλλοντος στη ζήτηση ηλεκτρισμού υπολογίστηκαν μέσω της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας οι ημερήσιες βαθμοήμερες θέρμανσης και ψύξης.

Οι βαθμοήμερες θέρμανσης είναι ένας δείκτης που παρουσιάζει πόσους βαθμούς και για πόσες μέρες η θερμοκρασία του περιβάλλοντος σε μια χρονική περίοδο είναι χαμηλότερη από μια θερμοκρασία αναφοράς (όριο θερμοκρασίας θέρμανσης). Αντίστοιχα, οι βαθμοήμερες ψύξης είναι ένας δείκτης που παρουσιάζει πόσους βαθμούς και για πόσες μέρες η θερμοκρασία του περιβάλλοντος σε μια χρονική περίοδο είναι ψηλότερη από μια θερμοκρασία αναφοράς (όριο θερμοκρασίας ψύξης). Οι θερμοκρασίες αναφοράς για θέρμανση και ψύξη που χρησιμοποιήθηκαν θεωρήθηκαν αντιπροσωπευτικές των κλιματολογικών συνθηκών της Κύπρου. Ως όριο της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας θέρμανσης καθορίστηκαν οι 16°C, ενώ ως όριο της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ψύξης καθορίστηκαν οι 21°C. Στην ανάλυση, υπολογίστηκαν οι ημερήσιες βαθμοήμερες θέρμανσης και ψύξης.

Ακολουθως, έγινε συσχέτιση της ημερήσιας μεταβολής της ολικής παραγόμενης ενέργειας με τη μεταβολή των βαθμοημερών θέρμανσης και ψύξης ως εξής:

Για την κανονικοποίηση των μονάδων παραγωγής ως προς τις καιρικές συνθήκες για κάθε έτος, αρχικά υπολογίζεται η συσχέτιση της μεταβολής των μονάδων παραγωγής και της θερμοκρασίας ως εξής:

1. Για όσες μέρες η θερμοκρασία ήταν μεγαλύτερη/μικρότερη από το καθορισμένο όριο, υπολογίστηκε η ημερήσια τιμή βαθμοημερών θέρμανσης ή ψύξης.
2. Θεωρώντας ότι η μεταβολή των ημερήσιων μονάδων παραγωγής σε διαδοχικές εβδομάδες οφείλεται μόνο στις καιρικές συνθήκες, κάθε μέρα της περιόδου των ιστορικών στοιχείων συγκρίθηκε με την αντίστοιχη μέρα της προηγούμενης εβδομάδας:
 - 2.1. Υπολογίστηκε η ποσοστιαία μεταβολή των μονάδων παραγωγής.
 - 2.2. Υπολογίστηκε η μεταβολή των βαθμοημερών.
3. Έγινε ομαδοποίηση των ημερών σε μέρες ψύξης και μέρες θέρμανσης. Από την ομαδοποίηση αφαιρέθηκαν:
 - 3.1. Όλες οι μέρες που θεωρήθηκαν ως «ειδικές μέρες» δηλαδή αργίες και επόμενη μέρα αργίας
 - 3.2. Η περίοδος μετά την έκρηξη στο Μαρί που είχε διαφοροποιηθεί σημαντικά η ζήτηση.
 - 3.3. Όσες περιπτώσεις η απόλυτη μεταβολή των βαθμοημερών ήταν μικρότερη από 1°C⁷.
4. Βάσει της ομαδοποίησης για κάθε έτος, θεωρώντας ως εξαρτημένη μεταβλητή τη μεταβολή των μονάδων παραγωγής και ως ανεξάρτητη μεταβλητή τη μεταβολή των βαθμοημερών, υπολογίστηκαν οι συντελεστές της γραμμικής παρεμβολής για κάθε έτος, ανεξάρτητα για τη θέρμανση και την ψύξη.

⁷ Τα δεδομένα που είχαν μικρότερη μεταβολή της θερμοκρασίας θα αύξαναν σημαντικά τον όγκο των δεδομένων, ιδίως στην περιοχή κοντά στο μηδέν, με αποτέλεσμα να μειώνεται η επίδραση των σημαντικών μεταβολών της θερμοκρασίας στο μοντέλο.

Η συνάρτηση υπολογισμού⁸ είναι:

$$\Delta E_{\text{Παρ}} = a_{\text{norm}} \Delta T \quad (\text{Εξ. 18})$$

Όπου,

- $\Delta E_{\text{Παρ}}$: η ποσοστιαία μεταβολή των μονάδων παραγωγής
 ΔT : η μεταβολή των βαθμοημερών (θέρμανσης ή ψύξης)
 a_{norm} οι γραμμικοί συντελεστές για τη θέρμανση και τη ψύξη

Αφού υπολογίστηκαν οι συντελεστές γραμμικής παρεμβολής του κάθε έτους, οι μονάδες παραγωγής κανονικοποιήθηκαν ως εξής:

1. Για κάθε μέρα του έτους, υπολογίζεται η μέση θερμοκρασία της περιόδου των ιστορικών στοιχείων. Παράλληλα, υπολογίζεται και ο κινητός μέσος όρος 13 ημερών (έξι μέρες πριν και έξι μέρες μετά).
2. Υπολογίζεται η διαφορά της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας με τον κινητό μέσο όρο της περιόδου.
3. Υπολογίζεται η διαφορά της ημερήσιας βαθμομέρας θέρμανσης και ψύξης από τον κινητό μέσο όρο της βαθμομέρας της περιόδου για τις περιπτώσεις που:
 - 3.1. Η θερμοκρασία είναι μικρότερη του ορίου θέρμανσης (16°C)
 - 3.2. Η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη του ορίου ψύξης (21°C)
4. Βάσει του συντελεστή γραμμικής παρεμβολής θέρμανσης/ψύξης για το κάθε έτος, της διαφοράς της ημερήσιας θερμοκρασίας από τη μέση θερμοκρασία της περιόδου (κινητός μέσος όρος 13 ημερών) και από τη μέση βαθμομέρα της περιόδου (κινητός μέσος όρος 13 ημερών), υπολογίζεται το ποσοστό μεταβολής που οφείλεται στη θερμοκρασία λόγω θέρμανσης/ψύξης και οι κανονικοποιημένες μονάδες παραγωγής της μέρας.
5. Υπολογίζεται το άθροισμα των κανονικοποιημένων μονάδων παραγωγής του κάθε τριμήνου και ολόκληρου του έτους.

Στην συνέχεια υπολογίστηκε ο λόγος των πραγματικών ως προς τις κανονικοποιημένες μονάδες παραγωγής για κάθε έτος.

Τέλος, υπολογίστηκε η τριμηνιαία και ετήσια τιμή των κανονικοποιημένων Μονάδων Κατανάλωσης, όπως αναλύθηκε στην Παράγραφο Α1.6.

Α2.3. Δεύτερο Στάδιο Υπολογισμού – Συσχέτιση ΑΕΠ και Κόστους Ηλεκτρισμού με κανονικοποιημένες Μονάδες Κατανάλωσης

Το δεύτερο στάδιο της μοντελοποίησης αφορούσε τη συσχέτιση της μεταβολής του ΑΕΠ και της μεταβολής της τιμής πώλησης του ηλεκτρισμού στον καταναλωτή (ανεξάρτητες μεταβλητές) στις κανονικοποιημένες Μονάδες Κατανάλωσης. Για τον υπολογισμό χρησιμοποιήθηκαν τριμηνιαία δεδομένα, λόγω της χρονικής ανάλυσης του ΑΕΠ. Στους υπολογισμούς, δεν χρησιμοποιείται η πραγματική τιμή των μεταβλητών αλλά η μεταβολή τους σε σχέση με το αντίστοιχο τρίμηνο του προηγούμενου έτους.

⁸ Η συνάρτηση δεν περιλαμβάνει σταθερό όρο καθώς δεν υπάρχει φυσική έννοια που να το δικαιολογεί

Η πρώτη ανεξάρτητη μεταβλητή που χρησιμοποιήθηκε στους υπολογισμούς είναι η μεταβολή του ΑΕΠ, όπως αναλύθηκε στην Παράγραφο Α1.2.

Η πρώτη ανεξάρτητη μεταβλητή που χρησιμοποιήθηκε στους υπολογισμούς είναι η μεταβολή της τιμής του ηλεκτρισμού, όπως αναλύθηκε στην Παράγραφο Α1.3.

Ως εξαρτημένη μεταβλητή στο μοντέλο ορίστηκε η μεταβολή των κανονικοποιημένων Μονάδων Κατανάλωσης, όπως αναλύθηκε στην Παράγραφο Α1.6 και Α2.2.

Σημειώνεται ότι κάποιες τιμές των ιστορικών δεδομένων διορθώθηκαν λόγω της στρέβλωσης που παρουσίαζαν ως επακόλουθο της έκρηξης στο Μαρί.

Η συνάρτηση υπολογισμού είναι:

$$\Delta E_{\text{κατ}} = \alpha_{\text{ΑΕΠ}} \Delta(\text{ΑΕΠ}) + \alpha_{\text{κόστος}} \Delta(\text{κόστος}) \quad (\text{Εξ. 19})$$

Όπου,

| | |
|---------------------------|---|
| $\Delta E_{\text{κατ}}$: | η ποσοστιαία μεταβολή των Μονάδων Κατανάλωσης |
| $\Delta(\text{ΑΕΠ})$: | η μεταβολή του ΑΕΠ |
| $\Delta(\text{κόστος})$: | η μεταβολή του κόστους του ηλεκτρισμού |
| $\alpha_{\text{ΑΕΠ}}$ | ο γραμμικός συντελεστής για το ΑΕΠ |
| $\alpha_{\text{κόστος}}$ | ο γραμμικός συντελεστής για το κόστος |

A3. Πρόβλεψη Μονάδων Παραγωγής

Αφού δημιουργήθηκε το μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης που συσχετίζει τη μεταβολή των Μονάδων Κατανάλωσης με τη μεταβολή του ΑΕΠ και τη μεταβολή του κόστους του ηλεκτρισμού, μπορεί να εφαρμοσθεί για να προβλεφθούν οι Μονάδες Κατανάλωσης και κατ' επέκταση οι Μονάδες Παραγωγής (η ολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας) στα επόμενα χρόνια, βάσει της παραδοχής που αναλύθηκε στο Κεφάλαιο Α2.

A3.1. Δεδομένα Προβλέψεων

Τα κύρια δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην πρόβλεψη είναι:

- **Κανονικοποιημένες Μονάδες Κατανάλωσης του έτους αναφοράς:** Η πρόβλεψη αφορά τη μεταβολή των Μονάδων Κατανάλωσης σε σχέση με τον προηγούμενο χρόνο. Ως έτος αναφοράς χρησιμοποιείται το τελευταίο έτος πριν την περίοδο της πρόβλεψης.
- **Μεταβολή ΑΕΠ:** Οι προβλέψεις της μεταβολής του ΑΕΠ μπορούν να προέρχονται από τις επίσημες προβλέψεις του Υπουργείου Οικονομικών ή από εναλλακτικές αξιόπιστες πηγές. Σημειώνεται όμως ότι σε βάθος χρόνου, η ζήτηση ηλεκτρισμού αναμένεται να παρουσιάζει μειωμένη εξάρτηση από το ΑΕΠ ως αποτέλεσμα του κορεσμού στην αύξηση των (ενεργοβόρων κυρίως) ηλεκτρικών συσκευών στον οικιακό τομέα.
- **Μεταβολή κόστους ηλεκτρισμού:** Όπως αναφέρθηκε και στην Παράγραφο Α1.3, το κόστος του ηλεκτρισμού εξαρτάται άμεσα από το κόστος των καυσίμων (πετρελαίου). Για τον καθορισμό της τιμής του κόστους του ηλεκτρισμού στα επόμενα χρόνια⁹ χρησιμοποιήθηκαν οι προβλέψεις του

⁹ Η παράμετρος αυτή δεν υπήρχε στην προηγούμενη Μεθοδολογία. Χρησιμοποιήθηκε κατόπιν οδηγιών του ΥΕΕΒ.

ΥΕΕΒ για το κόστος του πετρελαίου Brent για την ίδια περίοδο. Για απλοποίηση των υπολογισμών, θεωρήθηκε ότι η μεταβολή της τιμής του πετρελαίου θα επηρεάσει ανάλογα την πραγματική τιμή των καυσίμων και κατ' επέκταση την αναπροσαρμογή καυσίμων και την τελική τιμή του κόστους της kWh. Στον υπολογισμό θεωρήθηκε σταθερός συντελεστής ρήτρας, ίσος με την τιμή του Δεκεμβρίου 2018.

- **Συντελεστές Γραμμικής Παλινδρόμησης:** Χρησιμοποιούνται στο μοντέλο για την πρόβλεψη.
- **Σφάλμα συντελεστών γραμμικής παλινδρόμησης:** Χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν την αβεβαιότητα (απόκλιση) της πρόβλεψης.
- **Ποσοστό ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας¹⁰:** Μειώνει την απαίτηση σε Μονάδες Κατανάλωσης, όπως εκτιμάται ότι θα επέλθει βάσει των μέτρων που αναμένεται να υιοθετηθούν από το ΥΕΕΒ τα επόμενα χρόνια.

Δευτερεύοντα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην πρόβλεψη είναι:

- **Διείσδυση ΑΠΕ:** Η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ επηρεάζει την πρόβλεψη των Μονάδων Παραγωγής καθώς μειώνει την ιδιοκατανάλωση των συμβατικών μονάδων παραγωγής και τις ολικές απώλειες Μεταφοράς και Διανομής (για ΑΠΕ στη Μέση ή Χαμηλή Τάση), άρα μειώνει την διαφορά των Μονάδων Παραγωγής από τις Μονάδες Κατανάλωσης. Οι προβλέψεις της διείσδυσης των ΑΠΕ στο σύστημα της Κύπρου μπορούν να προέρχονται από το Εθνικό Σχέδιο Δράσης της Κύπρου ή και επίσημες/αποδεκτές μελέτες για το σύστημα της Κύπρου. Στην παρούσα Μελέτη χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της Μελέτης του ΔΣΜΚ για την Ασφαλή Διείσδυση των ΑΠΕ στο Ηλεκτρικό Σύστημα της Κύπρου για την περίοδο 2021-2030 [11]. Οι τιμές της Μελέτης αφορούν εγκατεστημένη ισχύ ανά τεχνολογία ΑΠΕ, βάσει της οποίας υπολογίστηκαν οι ετήσιες Μονάδες Παραγωγής ανά τεχνολογία.
- **Άνω και Κάτω όριο πραγματικής προς κανονικοποιημένης ετήσιας ολικής παραγωγής ενέργειας:** Οι τιμές αυτές χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της αβεβαιότητας της πρόβλεψης και προστίθενται στην αβεβαιότητα (σφάλμα) των συντελεστών της γραμμικής παλινδρόμησης.

A3.2. Πρόβλεψη Μονάδων Κατανάλωσης και Μονάδων Παραγωγής

Για κάθε έτος της περιόδου της πρόβλεψης υπολογίζονται οι Μονάδες Κατανάλωσης βάσει της εκτιμωμένης μεταβολής του ΑΕΠ, της μεταβολής του κόστους του ηλεκτρισμού και των αντίστοιχων συντελεστών της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Ως τιμή αναφοράς της μεθοδολογίας χρησιμοποιήθηκε η κανονικοποιημένη ζήτηση (Μονάδες Κατανάλωσης) του τελευταίου έτους πριν την περίοδο της πρόβλεψης

Σημειώνεται ότι οι προβλεπόμενες Μονάδες Κατανάλωσης αφορούν έτη με κανονικές καιρικές συνθήκες (κανονικοποιημένες τιμές).

Η συνολική παραγωγή είναι το άθροισμα των Μονάδων Κατανάλωσης, των απωλειών στο Σύστημα Μεταφοράς και Διανομής και της ιδιοκατανάλωσης των θερμικών σταθμών παραγωγής, βάσει των εξισώσεων της Παραγράφου Α1.6.

¹⁰ Η παράμετρος αυτή δεν υπήρχε στην προηγούμενη Μεθοδολογία. Χρησιμοποιήθηκε κατόπιν οδηγιών του ΥΕΕΒ.

A3.3. Ακραίες και ήπιες καιρικές συνθήκες - Περιθώριο Εμπιστοσύνης Στατιστικού Λάθους

Η ακρίβεια των προβλέψεων της παραγωγής εξαρτάται από τα λάθη στην πρόβλεψη της μελλοντικής τιμής των ανεξάρτητων μεταβλητών καθώς και από το στατιστικό περιθώριο εμπιστοσύνης των υπολογισμών της γραμμικής παλινδρόμησης. Ως εκ τούτου, πέραν της πρόβλεψης της αναμενόμενης ετήσιας ενέργειας, γίνεται εκτίμηση του περιθωρίου εμπιστοσύνης της πρόβλεψης, ως κάτω όριο και άνω όριο των προβλέψεων. Το άνω και κάτω όριο της πρόβλεψης υπολογίστηκε ως το άθροισμα δύο όρων.

Ο πρώτος όρος υπολογίζεται από το σφάλμα των συντελεστών της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, που αντιπροσωπεύει το στατιστικό λάθος που εμπεριέχει η προσέγγιση που ακολουθήθηκε για συσχέτιση του ΑΕΠ και κόστους ηλεκτρισμού με τις μονάδες παραγωγής.

Ο δεύτερος όρος υπολογίζεται από την μέγιστη και ελάχιστη απόκλιση των κανονικοποιημένων μονάδων παραγωγής από τις καταγραμμένες μονάδες παραγωγής για την περίοδο των ιστορικών στοιχείων. Η απόκλιση αυτή αντιπροσωπεύει ένα μέτρο της απόκλισης της πρόβλεψης που μπορεί να προκύψει λόγω καιρικών συνθηκών. Ως ακραίες συνθήκες (πολύ θερμό καλοκαίρι και πολύ ψυχρός χειμώνας) χρησιμοποιήθηκαν οι μέγιστες τιμές ενώ ως ήπιες συνθήκες (ήπιο καλοκαίρι και χειμώνας) χρησιμοποιήθηκαν οι ελάχιστες τιμές.

Σημειώνεται εδώ ότι το σφάλμα της πρόβλεψης του κόστους του ηλεκτρισμού και του ΑΕΠ δεν υπεισέρχεται στη μεθοδολογία.

A4. Πρόβλεψη Μέγιστης Παραγωγής Ισχύος

Η προβλεπόμενη μέγιστη παραγωγή υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τις προβλέψεις για την παραγόμενη ενέργεια και εκτιμώμενο συντελεστή φορτίου (Load Factor).

Από τα ιστορικά δεδομένα του Συντελεστή Φορτίου που υπολογίστηκε όπως περιγράφεται στην Παράγραφο A1.7, καθορίζεται μια περίοδος αναφοράς, η οποία θεωρείται αντιπροσωπευτική της παρούσας κατάστασης του Συστήματος και θεωρείται ότι θα είναι αντιπροσωπευτική της επόμενης δεκαετίας.

Από αυτή την περίοδο, υπολογίζεται ο Μέσος, ο Ελάχιστος και ο Μέγιστος Συντελεστής Φορτίου. Ο Μέσος Συντελεστής Φορτίου θα αντιπροσωπεύει την αναμενόμενη Μέγιστη Ισχύ του Συστήματος για κανονικές καιρικές συνθήκες.

Για τον υπολογισμό της αβεβαιότητας¹¹ της πρόβλεψης χρησιμοποιείται η μέγιστη τιμή της περιόδου, η οποία αντιπροσωπεύει ήπιες καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της περιόδου μέγιστης ζήτησης (Ιούλιος-Αύγουστος). Αντίστοιχα, η ελάχιστη τιμή αντιπροσωπεύει ακραίες καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της περιόδου μέγιστης ζήτησης (Ιούλιος-Αύγουστος).

Βάσει των συντελεστών αυτών και της αναμενόμενης συνολικής παραγωγής υπολογίζεται το αναμενόμενο μέγιστο φορτίο και το εύρος της διακύμανσής του.

¹¹ Η διακύμανση του μεγίστου φορτίου θα μπορούσε να υπολογιστεί ως το αθροιστικό σφάλμα της μεθοδολογίας για την πρόβλεψη της ενέργειας και του εύρους διακύμανσης του συντελεστή φορτίου, ωστόσο αυτό θα δημιουργούσε μεγάλο εύρος αβεβαιότητας στην πρόβλεψη της μέγιστης παραγωγής ισχύος.

A5. Διαφοροποιήσεις από Προηγούμενη Μεθοδολογία

Το οικονομετρικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μεθοδολογία αποτελεί βελτίωση του μοντέλου της πρόβλεψη που χρησιμοποιήθηκε για την περίοδο 2018-2027.

Οι αλλαγές στο οικονομετρικό μοντέλο και οι λόγοι αναθεώρησης που είχαν περιγραφεί στις προηγούμενες Παραγράφους, συνοψίζονται παρακάτω:

A5.1. Διείσδυση ΑΠΕ

Στην προηγούμενη Μεθοδολογία χρησιμοποιήθηκαν τιμές Μονάδων Παραγωγής ΑΠΕ από το Εθνικό Σχέδιο Δράσης και τη μελέτη του IRENA [10], ενώ στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τιμές εγκατεστημένης ισχύος, από την οποία μέσω του συντελεστή χρησιμοποίησης υπολογίστηκαν οι Μονάδες Παραγωγής. Για τα έτη 2019 και 2020 χρησιμοποιήθηκαν όπως και την προηγούμενη φορά οι Προβλέψεις του αναθεωρημένου Εθνικού Σχεδίου Δράσης για τις ΑΠΕ 2015-2020.

Ο λόγος της αναθεώρησης οφείλεται αφενός στις αναθεωρημένες τιμές που υπολογίστηκαν από τη Μελέτη [11] και αφετέρου στις παρωχημένες τιμές της Μελέτης [10]. Οι νέες τιμές πιστεύεται ότι ανταποκρίνονται πιο ορθά στο Ηλεκτρικό Σύστημα της Κύπρου της παρούσα στιγμή.

A5.2. Κόστος Ηλεκτρισμού στο μέλλον

Στην προηγούμενη Μεθοδολογία η μεταβολή του κόστους ηλεκτρισμού στο μέλλον θεωρήθηκε μηδενική ενώ στην παρούσα Μελέτη υπολογίστηκαν τιμές, οι οποίες συσχετίστηκαν με την προβλεπόμενη μεταβολή του κόστους του πετρελαίου Brent.

Ο λόγος της αναθεώρησης οφείλεται στο ότι κατά την εκπόνηση της προηγούμενης μελέτης δεν υπήρχαν επίσημες προβλέψεις για την τιμή του πετρελαίου στο μέλλον, ενώ στην παρούσα Μελέτη χρησιμοποιούνται οι επίσημες προβλέψεις του ΥΕΕΒ, όπως δίνονται στο [12].

A5.3. Αναγωγή της Εξαχθείσας Ποσότητας Ενέργειας από την Παραγωγή στο Σημείο αναφοράς

Στην προηγούμενη Μεθοδολογία για την Αναγωγή της Εξαχθείσας Ποσότητας Ενέργειας από την Παραγωγή στο Σημείο Αναφοράς λήφθηκαν υπόψη μόνο οι απώλειες ιδιοκατανάλωσης των Θερμικών Σταθμών Παραγωγής ενώ στην παρούσα Μελέτη λήφθηκαν υπόψη και οι απώλειες στο Σύστημα Μεταφοράς και Διανομής. Οι απώλειες υπολογίστηκαν ξεχωριστά για κάθε επίπεδο Τάσης, βάσει των εγκεκριμένων συντελεστών, ενώ τυγχάνουν ανάλογης αντιστάθμισης και τυχόν απωλειών εξοπλισμού ισχύος των Σταθμών Παραγωγής.

Ο λόγος της αναθεώρησης οφείλεται στο ότι η Μεθοδολογία αυτή είναι η Μεθοδολογία που ορίζεται στους ΚΑΗ 2.0.1, άρα, θεωρήθηκε σκόπιμο να ταυτίζονται οι δύο μέθοδοι Αναγωγής. Επιπλέον, η μεθοδολογία της Παρούσας Μελέτης συνάδει με τη Μεθοδολογία Υπολογισμού στο [9], η οποία αφού εγκριθεί θα είναι η Μεθοδολογία Αναγωγής που θα χρησιμοποιείται για κάθε Αναγωγή των Μονάδων Παραγωγής σε οποιοδήποτε Σημείο Αναφοράς.

Σημειώνεται ότι τα δύο Σημείο Αναφοράς στην παρούσα Μελέτη είναι το ίδιο με την περυσινή: οι Μονάδες Παραγωγής που αφορούν την ολική Παραγόμενη Ενέργεια και οι Μονάδες Κατανάλωσης που αφορούν την ενέργεια που καταναλώνεται από τον τελικό καταναλωτή, θεωρώντας πως όλη διοχετεύεται στη Χαμηλή Τάση. Στην περυσινή Μεθοδολογία, η ονομασία ήταν Μονάδες Εξαγωγής, αλλά στην παρούσα μετονομάζεται σε Μονάδες Κατανάλωσης για να είναι ξεκάθαρος ο ορισμός.

A6. Βιβλιογραφία

- [1]. CEER Report on Power Losses, Ref: C17-EQS-80-03, 18/10/2017.
- [2]. Κανόνες Αγοράς Ηλεκτρισμού, έκδοση 2.0.1.
- [3]. University of Cyprus, Evaluation and Derivation of Distribution (MV and LV) Loss Factors for the Emerging Electricity Market Rules in Cyprus. May 2017.
- [4]. Energex, Distribution Loss Factor Methodology. March 2017
- [5]. Essential Services Commission, Guidance Paper: Calculation methodology for Distribution Loss Factors (DLFs) for the Victorian Jurisdiction. 14/2/2017.
- [6]. A. Nikolaidis, Ch. Charalambous, Hidden cross-subsidies of net energy metering practice: energy distribution losses reallocation due to prosumers' and storsumers' integration. IET Gener. Transm. Distrib., 2017, Vol. 11 Iss. 9, pp. 2204-2211.
- [7]. CIRED, Reduction of Technical and Non-Technical Losses in Distribution Networks, CIRED overview, Final report. 20/11/2017.
- [8]. DG Energy - European Commission. Identifying energy efficiency improvements and saving potential in energy networks, including analysis of the value of demand response. In support of the implementation of article 15 of the energy efficiency directive (2012/27/EU). Final report. 18/12/2015.
- [9]. ΔΣΜΚ, Μεθοδολογία Υπολογισμού της Προβλεπόμενης Ετήσιας Εξαχθείσας Ηλεκτρικής Ενέργειας στο Σύστημα Μεταφοράς και Προβλεπόμενης Ετήσιας Παραγωγής Ενέργειας από ΑΠΕ. Αρ. Αναφ. ΔΣ2/120.3 & 310.2/190923. 18/4/2019.
- [10]. International Renewable Energy Agency, 2015. Renewable Energy Roadmap for the Republic of Cyprus
- [11]. ΔΣΜΚ, Μελέτη για την Ασφαλή Διείσδυση των ΑΠΕ στο Ηλεκτρικό Σύστημα της Κύπρου για την περίοδο 2021-2030. 1/22019.
- [12]. Υπουργείο Ενέργειας, Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού. Cyprus' Draft Integrated National Energy and Climate Plan for the period 2021-2030, v1.1. Ιανουάριος 2019.