



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Διπλωματική Εργασία

Κωνσταντίνος Λιάπης

Επιβλέπων Καθηγητής

Δημήτριος Μπαργιώτας

Βόλος 2020



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Διπλωματική Εργασία

Κωνσταντίνος Λιάπης

Επιβλέπων Καθηγητής

Δημήτριος Μπαργιώτας

Βόλος 2020



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF ENGINEERING

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER
ENGINEERING**

ELECTRIC ENERGY DEMAND MANAGEMENT

Diploma Thesis

Konstantinos Liapis

Supervisor

Dimitrios Bargiotas

Volos 2020

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής εργασίας Αναπληρωτή Καθηγητή Δημήτριο Μπαργιώτα για την πολύτιμη καθοδήγηση που μου παρείχε, την άριστη συνεργασία μας, και την βοήθεια και τις γνώσεις που μου προσέφερε κατά την διάρκεια των σπουδών μου. Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συνεχή υποστήριξη που μου προσέφερε και συνεχίζει να μου προσφέρει.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

«Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής».

Ο Αιτών



Κωνσταντίνος Λιάπης

Βόλος, 24 Ιουνίου 2020

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να παρέχει μια εμπειριστατωμένη ανάλυση στο θέμα της διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο Κεφάλαιο 1 εισάγεται η έννοια της διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας και αναφέρεται η ιστορική αναδρομή της.

Στο Κεφάλαιο 2 περιγράφονται οι τεχνικές μορφοποίησης της καμπύλης φορτίου μέσω της διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας, και αναλύονται οι δυο κύριες τεχνικές εφαρμογής της διαχείρισης της ζήτησης.

Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται κάποια από τα κύρια χαρακτηριστικά της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, όπως τα μοντέλα οργάνωσης της, οι συμμετέχοντες σε αυτή, καθώς και τα βήματα εφαρμογής της διαχείρισης ζήτησης σε αυτή.

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται λεπτομερώς τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή των προγραμμάτων διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας.

Στο Κεφάλαιο 5 αναλύονται οι κυριότερες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα προγράμματα διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο Κεφάλαιο 6 εισάγονται κάποιες νέες καινοτομίες οι οποίες θα παίξουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Καινοτομίες όπως οι εταιρίες ενεργειακών υπηρεσιών, τα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα, καθώς και η ενσωματωμένη απόκριση ζήτησης σε ένα σύστημα πολλαπλών ενεργειών.

Στο Κεφάλαιο 7 αναλύεται η διαχείριση της ζήτησης στην Ευρώπη καθώς και την Ελλάδα, και παρατίθενται παραδείγματα εφαρμογής της διαχείρισης της ζήτησης στο κόσμο.

Στο Κεφάλαιο 8 η μελέτη ολοκληρώνεται με την εξαγωγή διάφορων συμπερασμάτων για την διαχείριση της ζήτησης.

ABSTRACT

The purpose of this diploma thesis is to provide a detailed analysis on the topic of demand side management.

Chapter 1 introduces the concept of demand side management and mentions its historical background.

Chapter 2 describes the demand side management load shape objectives, and analyzes the two main techniques for applying demand side management.

Chapter 3 presents some of the key features of the electricity market, such as its organization models, its participants, and the steps to implement demand side management in it.

Chapter 4 presents in detail the benefits that occur from the implementation of demand side management programs.

Chapter 5 analyzes the main challenges that demand side management programs face.

Chapter 6 introduces some new innovations that will play an important role in the deployment of demand side management. Innovations such as energy service companies, smart power grids, and integrated demand response in multi-energy systems.

Chapter 7 analyzes demand side management in Europe and in Greece, and provides examples of successful application of demand side management in the world.

In Chapter 8 the study concludes by drawing various conclusions about demand side management.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
Εισαγωγή.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	3
Τεχνικές και προγράμματα διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας	3
2.1. Τεχνικές τροποποίησης της καμπύλης φορτίου μέσω της διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας	3
2.2. Προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας και ενεργειακής αποδοτικότητας	5
2.2.1. Ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας.....	6
2.2.2. Τα φαινόμενα ριμπάουντ.....	6
2.3. Απόκριση ζήτησης	7
2.3.1. Κατηγορίες πελατών.....	8
2.3.2. Κατηγορίες φορτίων.....	9
2.3.3. Προγράμματα απόκρισης ζήτησης.....	10
2.4. Σύνοψη	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	15
Αγορά ηλεκτρικής ενέργειας	15
3.1 Μοντέλα οργάνωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας	15
3.1.1. Ρυθμιζόμενο φυσικό μονοπώλιο.....	15
3.1.2. Μοναδικός αγοραστής.....	16
3.1.3. Ανταγωνισμός μεταξύ παραγωγών και διανομέων.....	17
3.1.4. Ανταγωνισμός στην προμήθεια.....	17
3.2. Συμμετέχοντες στην αγορά	18
3.3. Βήματα για την ενσωμάτωση της διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	21

Πλεονεκτήματα της Διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	26
Προκλήσεις στην εφαρμογή της διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	29
Διαχείριση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας – Μελλοντική κατεύθυνση.....	29
6.1. Εταιρίες ενεργειακών υπηρεσιών.....	29
6.1.1 Εμπόδια στην ανάπτυξη μιας βιομηχανίας εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών.....	30
6.1.2 Μελλοντικές προοπτικές για την διεθνή βιομηχανία εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών.....	31
6.2. Έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα.....	33
6.2.1. Χαρακτηριστικά των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων.....	34
6.2.2. Προκλήσεις των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων.....	36
6.3. Ενσωματωμένη απόκριση ζήτησης σε συστήματα πολλαπλών ενεργειών.....	38
6.3.1. Πλεονεκτήματα της ενσωματωμένης απόκρισης ζήτησης.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	41
Διαχείριση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο.....	41
7.1 Απόκριση ζήτησης στην Ευρώπη.....	41
7.1.1. Το υφιστάμενο κανονιστικό πλαίσιο για την διαχείριση ζήτησης της ενέργειας στην Ευρώπη.....	42
7.2. Η περίπτωση της Ελλάδας.....	44
7.3. Παραδείγματα εφαρμογής της διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας.....	45
7.3.1. Ευρώπη.....	46
7.3.2. Ηνωμένες πολιτείες της Αμερικής.....	48
7.3.3. Διάφορες χώρες.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....	55
Συμπεράσματα.....	55
Βιβλιογραφία.....	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

Η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια αυξάνεται μέρα με την μέρα εξαιτίας της τεράστιας κατανάλωσης σε σπίτια, γραφεία, νοσοκομεία, εμπορικές πλατείες, βιομηχανίες, κ.λπ. Προκειμένου να διανεμηθεί η ενέργεια που ζητείται η οποία διαφέρει καθημερινά και εποχιακά, και επειδή η ζήτηση είναι σε μεγάλο βαθμό κυμαινόμενη, η εγκατεστημένη παραγωγική ικανότητα θα πρέπει να έχει την δυνατότητα να ικανοποιεί την ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας ακόμα και όταν βρίσκεται στην αιχμή της [1]. Οποιαδήποτε διακοπή λόγω αδυναμίας εξυπηρέτησης της δημιουργεί προβλήματα στον πάροχο και τον καταναλωτή. Η κύρια μέθοδος εξασφάλισης μιας σταθερής και αξιόπιστης αγοράς (ελαχιστοποίηση των διακοπών λόγω αδυναμίας κάλυψης της ζήτησης) είναι με την ισορροπία μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με δυο τρόπους είτε με διαχείριση της προσφοράς της ενέργειας, το οποίο περιλαμβάνει την προσθήκη νέας προμήθειας όταν η ζήτηση είναι υψηλή ή με την διαχείριση της ζήτησης της ενέργειας, περιορίζοντας την ζήτηση του συστήματος όταν η διαθεσιμότητα της προμήθειας είναι μικρότερη. Για τα βραχυπρόθεσμα μέτρα εξισορρόπησης του φορτίου η διαχείριση από την πλευρά της προσφοράς δεν είναι αποτελεσματική διότι απαιτεί πολύ χρόνο για να ξεκινήσουν οι μονάδες παραγωγής και να ανταποκριθούν άμεσα στην αυξανόμενη ζήτηση, η διαχείριση της ζήτησης όμως μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα και με πιο οικονομικούς τρόπους για να διατηρηθεί η ισορροπία, για το λόγο αυτό θα επικεντρωθούμε στην πλευρά της διαχείρισης της ζήτησης [2].

Η διαχείριση ζήτησης της ενέργειας αναφέρεται στον σχεδιασμό, την υλοποίηση, και τον έλεγχο των δραστηριοτήτων των εταιριών παροχής ηλεκτρικής ενέργειας που έχουν σχεδιαστεί προκειμένου να επηρεάσουν την ηλεκτρική κατανάλωση των πελατών με τρόπους που θα παράγουν επιθυμητές αλλαγές στην καμπύλη φορτίου της εταιρίας. Ενώ ο στόχος οποιασδήποτε δραστηριότητας διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας είναι να παράγει μια αλλαγή στην μορφή του φορτίου, η τέχνη της επιτυχημένης εφαρμογής και της απολυτής επιτυχίας του προγράμματος βρίσκεται εντός της εξισορρόπησης των αναγκών της εταιρίας και του καταναλωτή [3].

Παραδοσιακά κατά τον σχεδιασμό του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, έμφαση δινόταν στην οικοδόμηση μιας ισχυρής υποδομής παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας, ενώ μικρή

προσοχή δινόταν στην πλευρά της ζήτησης. Το πρόβλημα εξισορρόπησης του φορτίου είχε αναγνωριστεί από τις πρώτες μέρες του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, και διάφορα μέτρα είχαν επινοηθεί με στόχο την ενθάρρυνση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας σε περιόδους εκτός της αιχμής. Ωστόσο, η πλευρά της ζήτησης συνέχιζε να είναι σε μεγάλο βαθμό αποσυνδεδεμένη από την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Ήταν μόνο από την δεκαετία του 1970 και μετά όταν οι κριτικοί ισχυρίστηκαν ότι θα ήταν πιο οικονομικά αποδοτικό να μειωθεί η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας παρά να αυξηθεί η προσφορά με την επέκταση της παραγωγικής ικανότητας. Μετά το εμπάργκο πετρελαίου το 1973 και την επακόλουθη αύξηση του κόστους στην υπηρεσία παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας, προγράμματα διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας άρχισαν να εμφανίζονται σιγά σιγά στα στρατηγικά σχέδια των ηλεκτρικών επιχειρήσεων [4]. Από τότε, οι κυβερνήσεις πολλών χωρών ανέθεσαν την εκτέλεση διάφορων προγραμμάτων για την διαχείριση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα αρχικό παράδειγμα είναι ο εθνικός νόμος για την εξοικονόμηση ενέργειας του 1978 στις ΗΠΑ, που προηγείται παρόμοιων δράσεων στην Καλιφόρνια και το Μίσιγκαν. Η διαχείριση ζήτησης της ενέργειας παρουσιάστηκε δημόσια από το ινστιτούτο έρευνας ηλεκτρικής ενέργειας την δεκαετία του 1980. Σήμερα, οι τεχνολογίες διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας καθίστανται όλο και πιο εφικτές λόγω της ενσωμάτωσης τεχνολογιών πληροφόρησης και επικοινωνίας στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.

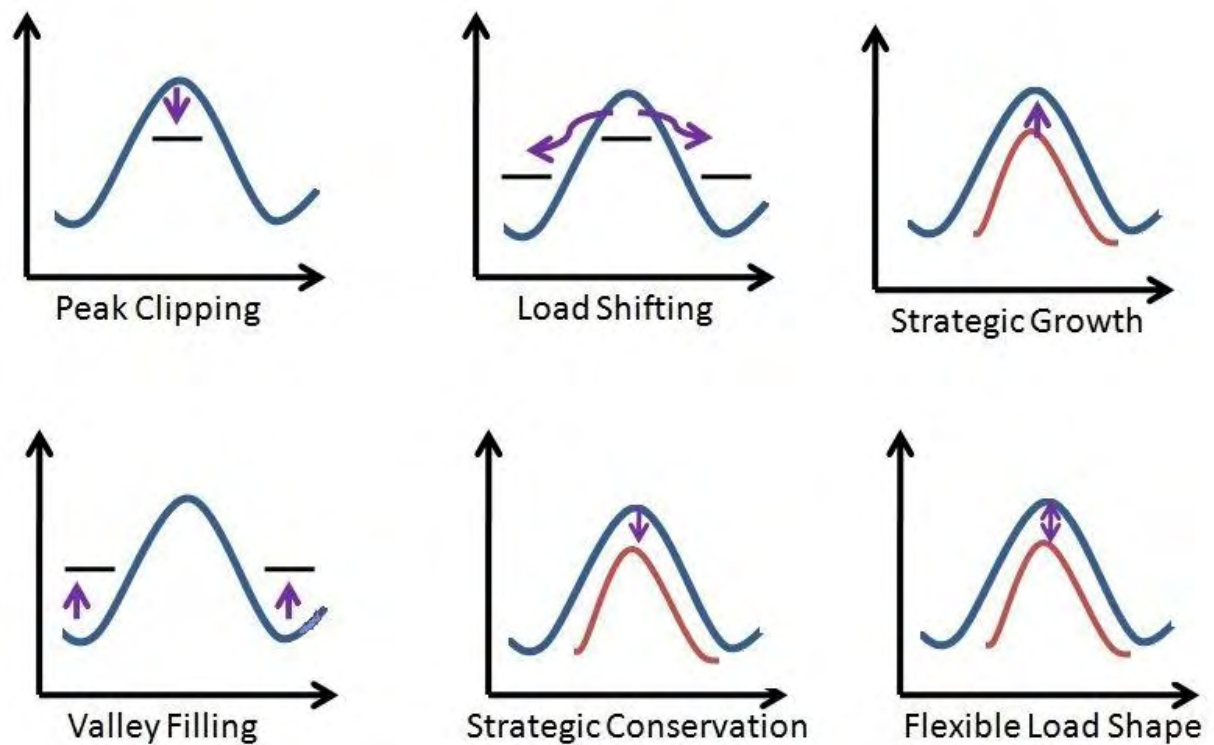
Η διαχείριση ζήτησης της ενέργειας χρησιμοποιεί μια μεγάλη ποικιλία προγραμμάτων, τεχνικών, και στρατηγικών προκειμένου να πετύχει τον επιδιωκόμενο σκοπό της, τα περισσότερα από τα οποία θα παρουσιαστούν στην επόμενη ενότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Τεχνικές και προγράμματα διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας

2.1. Τεχνικές τροποποίησης της καμπύλης φορτίου μέσω της διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας

Είναι γενικά πολύ βολικό για τις επιχειρήσεις να βλέπουν την διαχείριση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας με βάση την επίτευξη στόχων μορφοποίησης του φορτίου. Η μορφή του φορτίου είναι η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας με βάση την ώρα της ημέρας, την ημέρα της εβδομάδας, και την εποχή. Σε αυτό το πλαίσιο διακρίνονται έξι κατηγορίες τεχνικών μορφοποίησης φορτίου: μείωση του φορτίου αιχμής, μετατόπιση φορτίου, στρατηγική αύξηση του φορτίου, γέμισμα κοιλάδας, στρατηγική εξοικονόμηση, και ευέλικτο σχήμα [5]. Αυτές απεικονίζονται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Τεχνικές μορφοποίησης του φορτίου μέσω της διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Πηγή: [6].

α. Μείωση του φορτίου αιχμής (Peak clipping)

Η μείωση του φορτίου αιχμής στοχεύει στην μείωση των φορτίων κατά την διάρκεια περιόδων μέγιστης ζήτησης. Ως αποτέλεσμα εφαρμογής αυτής της τεχνικής παρατηρείται μείωση στην μέγιστη ζήτηση καθώς και στην συνολική κατανάλωση της ενέργειας. Η κύρια μέθοδος που χρησιμοποιείται συνήθως για την μείωση του φορτίου αιχμής είναι μέσω του απευθείας ελέγχου των συσκευών των καταναλωτών από τους πάροχους ηλεκτρικής ενέργειας [7].

β. Μετατόπιση φορτίου (Load shifting)

Με αυτή την τεχνική μορφοποίησης του φορτίου μέσω της διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας μέρος της ζήτησης μετατοπίζεται από ώρες αιχμής σε ώρες εκτός αιχμής. Το αποτέλεσμα εφαρμογής αυτής της τεχνικής είναι η μείωση της μέγιστης ζήτησης χωρίς να υπάρχει αλλαγή όμως στην συνολική κατανάλωση της ενέργειας. Κάποιες από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την μετατόπιση του φορτίου είναι τα τιμολόγια με βάση το χρόνο χρήσης καθώς και η χρήση συσκευών αποθήκευσης ενέργειας [8].

γ. Στρατηγική αύξηση του φορτίου (Strategic growth)

Η στρατηγική αύξηση του φορτίου χαρακτηρίζεται από μια αύξηση στις συνολικές πωλήσεις της ηλεκτρικής ενέργειας. Ως αποτέλεσμα εφαρμογής αυτής της τεχνικής παρατηρείται μια αύξηση στην συνολική κατανάλωση ενέργειας καθώς και στην μέγιστη ζήτηση της ενέργειας. Η συγκεκριμένη τεχνική είναι χρήσιμη εάν κάποιος φορέας έχει πλεονάζουσα χωρητικότητα ηλεκτρικής ενέργειας ή διαθέσιμη ενέργεια για πώληση με χαμηλότερα κόστη ανά kwh [7].

δ. Γέμισμα κοιλάδας (Valley filling):

Το γέμισμα κοιλάδας είναι μια τεχνική μορφοποίησης του φορτίου που συμπεριλαμβάνει την αύξηση της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας κατά την διάρκεια περιόδων εκτός της αιχμής. Το αποτέλεσμα αυτής της τεχνικής είναι μια αύξηση στην συνολική κατανάλωση ενέργειας, χωρίς να αυξάνεται όμως η μέγιστη ζήτηση. Ένα τυπικό παράδειγμα που δικαιολογεί την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνικής είναι η αποθήκευση θερμικής ενέργειας [7].

ε. Στρατηγική εξοικονόμηση (Strategic conservation)

Η στρατηγική εξοικονόμηση ενέργειας αναφέρεται στην μείωση της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Μειώσεις στην μέγιστη ζήτηση και στην συνολική κατανάλωση παρατηρούνται από την εφαρμογή αυτής της τεχνικής. Συνηθισμένα παραδείγματα

προσπαθειών στρατηγικής εξοικονόμησης συμπεριλαμβάνουν: βελτιώσεις στην αποδοτικότητα συσκευών, εξοικονόμηση ενέργειας σε κτήρια, κ.α. [7].

στ. Ευέλικτο σχήμα φορτίου (Flexible load shape)

Το ευέλικτο σχήμα φορτίου αναφέρεται σε διαφορές στην αξιοπιστία ή την ποιότητα της υπηρεσίας παροχής ενέργειας. Αντί να επηρεάζει την μορφή του φορτίου σε μόνιμη βάση, ο πάροχος έχει την επιλογή να διακόψει συγκεκριμένα φορτία όταν χρειάζεται. Με αυτή την τεχνική μπορεί να υπάρξει μείωση στην μέγιστη ζήτηση, καθώς και ελάχιστη αλλαγή στην συνολική κατανάλωση [7].

Οι πιο συνηθισμένες τεχνικές διαχείρισης της ζήτησης μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- Προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας και ενεργειακής αποδοτικότητας.
- Προγράμματα απόκρισης ζήτησης για την μετατόπιση και την αναδιάταξη της διαδικασίας κατανάλωσης ενέργειας.

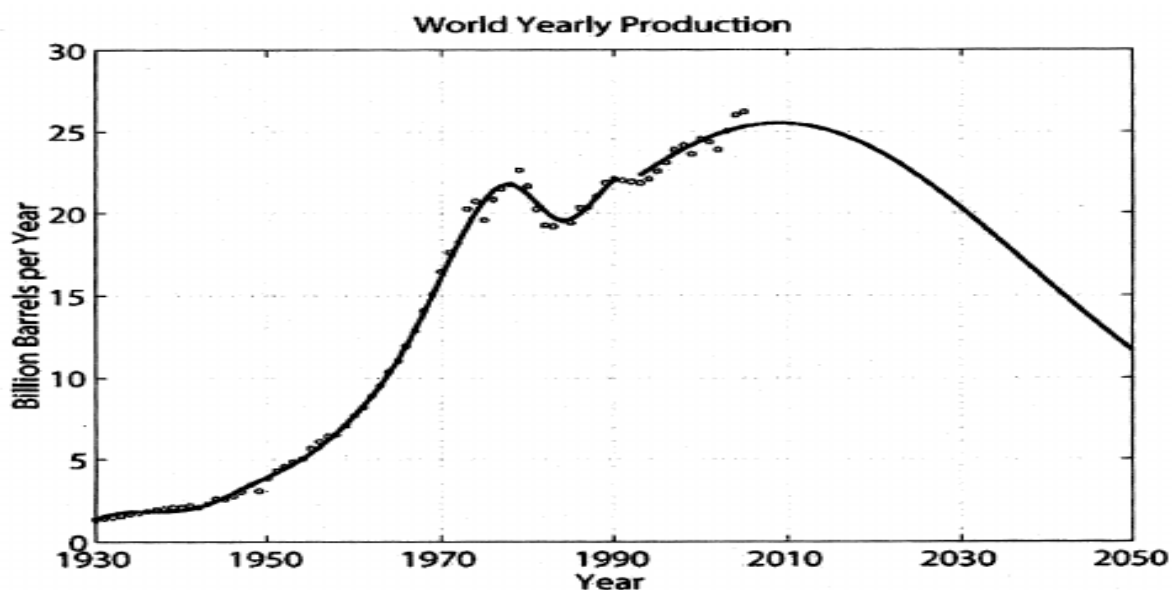
2.2. Προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας και ενεργειακής αποδοτικότητας

Η εξοικονόμηση ενέργειας περιλαμβάνει την χρήση λιγότερων πόρων, συνήθως κάνοντας μια συνειδητή αλλαγή στην συμπεριφορά μας, η αλλαγή αυτή μπορεί να διαρκέσει ένα μικρό χρονικό διάστημα ή μπορεί να γίνει συνήθεια και να ενσωματωθεί στον τρόπο ζωής μας. Κάποια παραδείγματα εξοικονόμησης ενέργειας και ενεργειακής καταναλωτικής συμπεριφοράς είναι, χαμηλώνοντας την θερμοκρασία του θερμοστάτη από 18 °C σε 15 °C σε συστήματα θέρμανσης, περιμένοντας μέχρι το πλυντήριο να είναι γεμάτο για να τρέξει, η αποσύνδεση οικιακών συσκευών όταν δεν χρησιμοποιούνται, κ.λπ.

Η ενεργειακή αποδοτικότητα είναι μια έννοια που αναφέρεται στην εγκατάσταση ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών ή στην εξάλειψη των ενεργειακών απωλειών στα υπάρχοντα συστήματα. Ο στόχος της ενεργειακής αποδοτικότητας είναι να διατηρηθεί ένα συγκρίσιμο επίπεδο εξυπηρέτησης αλλά με μειωμένη ενεργειακή χρήση. Παραδείγματα ενεργειακής αποδοτικότητας είναι, η αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού, η χρήση αυτόματων θερμοστατών, η εγκατάσταση νέων ψυκτών μεταβλητής ταχύτητας που παρέχουν ψύξη σε κτήρια χρησιμοποιώντας λιγότερη ενέργεια από τους τυπικούς ψύκτες, αναγνωρίζοντας και επισκευάζοντας διαρροές σε δίκτυα πεπιεσμένου αέρα, κ.λπ. [9].

2.2.1. Ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας

Η εξοικονόμηση ενέργειας σημαίνει γενικά την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας χρησιμοποιώντας λιγότερες ενεργειακές ανάσεις. Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη οικολογική παρουσία, εθνική ασφάλεια, και ατομική οικονομική ασφάλεια. Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ένα σημαντικό μέρος της ενεργειακής στρατηγικής, συχνά είναι η πιο οικονομικά αποδοτική απάντηση στις ενεργειακές ελλείψεις. Όπως βλέπουμε στις προβλέψεις της παγκόσμιας ετήσιας παραγωγής πετρελαίου που φαίνονται στο Σχήμα 2 οι ειδικοί αναγνωρίζουν ότι μπορεί να φτάσουμε στο τέλος του πετρελαίου σε λίγα χρόνια. Καθώς ο τεχνητός πλούτος συνεχίζει να χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θα γίνει πιο σπάνιος και η τιμή της ενέργειας θα αυξηθεί. Δεν έχουμε μόνο έλλειψη κάποιου πολύτιμου μη τεχνητού ορυκτού πλούτου, αλλά μολύνουμε και την ατμόσφαιρα κατά την διαδικασία αξιοποίησης αυτών των πόρων. Ο ενστερνισμός της εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να παρουσιάσει σημαντικές αλλαγές στην συνολική κατανάλωση ενέργειας [10].



Σχήμα 2. Παγκόσμια ετήσια παραγωγή πετρελαίου και προβλέψεις μέχρι το 2050. Πηγή: [11].

2.2.2. Τα φαινόμενα ριμπάουντ

Οι καινοτομίες εξοικονόμησης ενέργειας μειώνουν το κόστος ενεργειακών υπηρεσιών όπως η θέρμανση, ο φωτισμός, η βιομηχανική ενέργεια κ.λπ. Αυτή η μείωση του κόστους ενθαρρύνει τους καταναλωτές και τις εταιρίες να χρησιμοποιούν περισσότερο από την εν'

λόγω υπηρεσία. Ως αποτέλεσμα, η κατανάλωση ενέργειας συνήθως δεν μειώνεται όσο υποδηλώνει η αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Αυτή η διαφορά μεταξύ της βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας και την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας είναι γνωστή ως φαινόμενο ριμπάουντ. Τα φαινόμενα ριμπάουντ μπορούν να οριστούν για καινοτομίες εξοικονόμησης ενέργειας στην κατανάλωση και την παραγωγή. Και στις δυο περιπτώσεις, η αύξηση της χρήσης ενέργειας λόγω της αυξημένης χρήσης της ενεργειακής υπηρεσίας όπου έχει σημειωθεί βελτίωση της απόδοσης ονομάζεται άμεσο φαινόμενο ριμπάουντ. Για την χρήση ενέργειας από τους καταναλωτές, οι εκτιμήσεις των άμεσων φαινομένων ριμπάουντ σε αναπτυγμένες χώρες είναι συνήθως μικρές στο εύρος του 10-30% αλλά είναι πιθανό να είναι μεγαλύτερες στις αναπτυσσόμενες χώρες. Στην περίπτωση βελτιώσεων της ενεργειακής απόδοσης στην βιομηχανία, τα άμεσα φαινόμενα ριμπάουντ είναι πιθανόν να είναι μεγαλύτερα για βιομηχανίες εξαγωγής που έχουν περισσότερες ευκαιρίες να επεκτείνουν την παραγωγή τους σε σχέση με βιομηχανίες που εξυπηρετούν την εγχώρια αγορά.

Επιπλέον, ως αποτέλεσμα της μείωσης του κόστους της ενεργειακής υπηρεσίας που παρατηρήθηκε βελτίωση στην ενεργειακή αποδοτικότητα, οι καταναλωτές θα απαιτούν λιγότερα υποκατάστατα και περισσότερα συμπληρωματικά αγαθά, αυτά περιλαμβάνουν άλλες ενεργειακές υπηρεσίες. Οι εταιρίες θα κάνουν παρόμοιες αλλαγές στις απαιτήσεις τους για εισροές. Θα υπάρξουν επίσης πρόσθετες επιπτώσεις σε όλη την οικονομία, τα αγαθά των οποίων η ζήτηση έχει αυξηθεί απαιτούν ενέργεια στην παραγωγή τους, η πτώση της ζήτησης ενέργειας μπορεί να μειώσει την τιμή της ενέργειας αυξάνοντας και πάλι την χρήση ενέργειας, και η αρχική βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας συνεισφέρει στην αύξηση της συνολικής παραγωγικότητας σε όλους τους παράγοντες η οποία τείνει να αυξάνει την συσσώρευση κεφαλαίου και την οικονομική ανάπτυξη που οδηγεί και πάλι σε μεγαλύτερη χρήση ενέργειας. Όλα αυτά τα πρόσθετα φαινόμενα ονομάζονται έμμεσα φαινόμενα ριμπάουντ. Τα άμεσα και έμμεσα φαινόμενα ριμπάουντ μαζί συνοψίζονται στα φαινόμενα ριμπάουντ ολόκληρης της οικονομίας [12].

2.3. Απόκριση ζήτησης

Η απόκριση ζήτησης σχετίζεται με την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Εδώ ένας πελάτης μειώνει ή περιορίζει το φορτίο σε απάντηση σε ένα σήμα που στέλνεται από τον πάροχο υπηρεσιών ή τον διαχειριστή του δικτύου. Είναι διαφορετικό από την εξοικονόμηση ενέργειας, δεδομένου ότι η ηλεκτρική ενέργεια δεν μειώνεται αναγκαστικά, αλλά

μετατοπίζεται σε άλλη χρονική περίοδο. Τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες, οι οποίες είναι: α) προγράμματα απόκρισης ζήτησης με βάση τα κίνητρα και β) προγράμματα απόκρισης ζήτησης με βάση την τιμή [9].

2.3.1. Κατηγορίες πελατών

Η απόκριση ζήτησης επικεντρώνεται κυρίως στην πλευρά των καταναλωτών. Αυτό που θα μπορούσε να διευκολύνει στην κατανόηση και τον σχεδιασμό της απόκρισης ζήτησης είναι μια λεπτομερής περιγραφή των καταναλωτών. Γενικά οι καταναλωτές μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1. Οικιακός τομέας.
2. Βιομηχανικός τομέας.
3. Εμπορικός τομέας.

α. Οικιακός Τομέας

Τα μοτίβα χρήσης στον οικιακό τομέα είναι αρκετά πιο πολύπλοκα σε σχέση με τους άλλους τομείς. Αρχικά η διανομή των πελατών είναι ευρεία και διάσπαρτη και ο αριθμός των πελατών είναι πολύ μεγαλύτερος. Δεύτερον, οι τύποι συσκευών που χρησιμοποιούν οι πελάτες ποικίλουν. Ακόμα και για τον ίδιο τύπο συσκευών η κατανάλωση ενέργειας από διαφορετικές μάρκες μπορεί να διαφέρει. Τρίτον, κάθε πελάτης έχει την προσωπική του προτίμηση χρήσης. Αυτό σημαίνει ότι κάθε πελάτης πρέπει να αντιμετωπίζεται ειδικά και όχι με τον ίδιο τρόπο [13]. Τα τελευταία χρόνια η απόκριση ζήτησης στον οικιακό τομέα γίνεται όλο και πιο δημοφιλής στις προσπάθειες μείωσης της μέγιστης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας, και ενσωμάτωσης περισσότερων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο.

β. Βιομηχανικός τομέας

Αυτός ο τομέας έχει μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, ειδικά στα υψηλά επίπεδα τάσης. Η εφαρμογή της απόκρισης ζήτησης σε αυτό τον τομέα είναι δύσκολη. Αρχικά, πληροφορίες στο μοτίβο χρήσης και την λειτουργία των συσκευών σε αυτόν τον τομέα είναι εμπιστευτική. Σε κάποιο βαθμό, αυτό μπορεί να αντικατοπτρίζει την διαδικασία παραγωγής, η οποία είναι απόρρητη σε αρκετές βιομηχανίες. Συνεπώς η πρόσβαση σε αυτή την πληροφορία είναι περιορισμένη. Δεύτερον, ακόμα και να υπήρχε επαρκής πληροφορία, η τροποποίηση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας θα ήταν δύσκολη καθώς πολλές διαδικασίες

είναι ευαίσθητες όσον αφορά τον χρόνο. Απαιτούν μια συγκεκριμένη σειρά και διάρκεια, που σημαίνει ότι είναι λιγότερο δυνατόν να μετατοπιστούν. Σε αυτή την κατάσταση, μια σωστή επιλογή για τις βιομηχανίες είναι να επικεντρωθούν στην βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας τους [13].

γ. Εμπορικός τομέας

Το μοτίβο χρήσης στον εμπορικό τομέα είναι αρκετά τυπικό και πανομοιότυπο. Τα συνηθισμένα και κύρια φορτία για εμπορικούς καταναλωτές προέρχονται από την χρήση συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού, φωτισμού και κλιματισμού. Η τροποποίηση αυτών των συστημάτων είναι σχετικά εύκολη. Αρχικά, γενικά αυτά τα συστήματα ελέγχονται αυτόνομα με βάση προκαθορισμένες απαιτήσεις. Αυτό δίνει την δυνατότητα στα συστήματα να ανταποκρίνονται γρήγορα στα αιτήματα απόκρισης ζήτησης. Δεύτερον, οι επιρροές εξωτερικών παραγόντων (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία, κ.λπ.) σε αυτά τα συστήματα είναι προβλέψιμες. Για παράδειγμα ένα σύστημα φωτισμού καταναλώνει περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια τον χειμώνα σε σχέση με το καλοκαίρι [13].

2.3.2. Κατηγορίες φορτίων

Με βάση τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των συσκευών, τα φορτία μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με δυο πρότυπα:

- Εάν η διάρκεια χρήσης των συσκευών μπορεί να τροποποιηθεί ή όχι.
- Εάν η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος των συσκευών μπορεί να τροποποιηθεί ή όχι.

Για το πρώτο πρότυπο, τα φορτία μπορούν να χωριστούν σε φορτία που μπορούν να αναβληθούν και σε φορτία που δεν μπορούν να αναβληθούν. Για το δεύτερο πρότυπο τα φορτία μπορούν να διαιρεθούν σε ρυθμιζόμενα και μη ρυθμιζόμενα φορτία.

α. Αναβαλλόμενα και μη αναβαλλόμενα φορτία

Τα αναβαλλόμενα φορτία μπορούν να διακοπούν, να απενεργοποιηθούν, ή να μετατοπιστούν σε άλλες χρονικές θυρίδες (π.χ. πλυντήρια ρούχων και ηλεκτρονικά οχήματα). Αυτά τα φορτία μπορούν να προγραμματιστούν από ένα πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης. Με βάση την τιμή της ηλεκτρονικής ενέργειας ή με κάποιο άλλο χρηματικό κίνητρο, μπορούν να μετατοπιστούν από την ώρα αιχμής σε ώρες εκτός αιχμής, μειώνοντας έτσι την ζήτηση αιχμής. Η τροποποίηση αυτών των φορτίων πρέπει να συμμορφώνεται με

τις προκαθορισμένες απαιτήσεις (π.χ. προθεσμίες και χρόνοι λειτουργίας). Σε αντίθεση τα μη αναβαλλόμενα φορτία πρέπει να ολοκληρώσουν το πρόγραμμα σε προκαθορισμένο χρόνο (π.χ. συστήματα φωτισμού και συστήματα κουζίνας). Αυτά τα φορτία δεν επιτρέπουν μια χρονική μετατόπιση και διακοπή. Έτσι, αυτά τα φορτία δεν είναι κατάλληλα για προγράμματα απόκρισης ζήτησης [13].

β. Ρυθμιζόμενα και μη ρυθμιζόμενα φορτία

Για τα ρυθμιζόμενα φορτία, η συνολική κατανάλωση μπορεί να μειωθεί (π.χ. το χειμώνα οι θερμαντήρες μπορούν να ρυθμιστούν σε 23 °C αντί σε 25 °C). Η συνολική κατανάλωση μπορεί να ελαττωθεί στην βάση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας ή κάποιου άλλου οικονομικού κινήτρου. Αυτά τα φορτία μπορούν να συμπεριληφθούν σε προγράμματα απόκρισης ζήτησης. Σε αντίθεση, για τα μη ρυθμιζόμενα φορτία, η συνολική κατανάλωση είναι σταθερή (π.χ. τηλεοράσεις και υπολογιστές). Το ίδιο με τα μη αναβαλλόμενα φορτία, τα μη ρυθμιζόμενα φορτία δεν μπορούν να προγραμματιστούν από ένα πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης.

2.3.3. Προγράμματα απόκρισης ζήτησης

Τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης όπως μπορούμε να δούμε και στο Σχήμα 3 χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες, οι οποίες είναι: α) προγράμματα απόκρισης ζήτησης με βάση τα κίνητρα και β) προγράμματα απόκρισης ζήτησης με βάση την τιμή.

α. Προγράμματα απόκρισης ζήτησης με βάση τα κίνητρα

Σε αυτά τα προγράμματα οι καταναλωτές λαμβάνουν κίνητρα για να αλλάξουν τη κατανάλωση τους σύμφωνα με την επιθυμία της πλευράς της προσφοράς [14]. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης με βάση τα κίνητρα και εισάγονται και περιγράφονται παρακάτω:

- Προγράμματα άμεσου ελέγχου φορτίου

Σε αυτά τα προγράμματα μερικοί καταναλωτές ή συσκευές είναι εγγεγραμμένοι και δίνουν το δικαίωμα στους προμηθευτές να αλλάξουν τον κύκλο παροχής της ενέργειας τους ή να σταματήσουν τελείως την παροχή (συνήθως κατά την διάρκεια αιχμής ζήτησης ή απροόπτων γεγονότων). Οι καταναλωτές που συμμετέχουν λαμβάνουν συγκεκριμένα προνόμια [15]. Υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί για αυτούς τους τύπους προγραμμάτων. Πρώτον, είναι μόνο για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, διαφορετικά αρκετές από τις λειτουργικές ευελιξίες συσκευών θα αξιοποιούταν διαρκώς και πλήρως από τα

προγράμματα άμεσου ελέγχου φορτίου προκειμένου να βοηθήσουν στην εξισορρόπηση της ζήτησης και της προσφοράς. Δεύτερον, όταν η βάση των πελατών είναι μεγάλη, ο σχεδιασμός του συστήματος κεντρικού ελέγχου που χρησιμοποιείται στα τωρινά προγράμματα άμεσου ελέγχου φορτίου είναι πολύπλοκος όσον αφορά τις υπολογιστικές και επικοινωνιακές απαιτήσεις. Τέλος, ένα άλλο μειονέκτημα των υφιστάμενων προγραμμάτων άμεσου ελέγχου φορτίου έγκειται στις ανησυχίες των πελατών καθώς το προφίλ χρήσης της ισχύος τους εκτίθεται κάθε φορά που μια συσκευή ελέγχεται εξ' αποστάσεως από ένα κεντρικό διαχειριστή [16].



Σχήμα 3. Κατηγορίες προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης. Πηγή: [17].

- Προγράμματα απόκρισης ζήτησης έκτακτης ανάγκης

Το πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης έκτακτης ανάγκης είναι το πιο συνηθισμένο πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης όταν συμβαίνει ένα συμβάν. Παρέχει κίνητρα στους πελάτες να μειώσουν τα φορτία τους κατά την διάρκεια συμβάντων κινδύνου της αξιοπιστίας του συστήματος. Η περικοπή του φορτίου όμως είναι εθελοντική, δεν δίνεται ποινή εάν οι πελάτες δεν περιορίσουν το φορτίο τους. Πρόκειται για ένα συμβόλαιο περικοπής φορτίου για συγκεκριμένες μέρες όταν υπάρχει έλλειμμα στα αξιόπιστα αποθέματα. Οι πελάτες μπορούν να επιτρέψουν στον ανεξάρτητο διαχειριστή

του συστήματος να διακόψει την υπηρεσία τους, για την οποία πληρώνονται μια τιμή που καθορίζεται μέσω μιας διαδικασίας υποβολής προσφορών [18].

- Προγράμματα περικοπής φορτίου

Οι πελάτες σε τιμολόγια υπηρεσιών περικοπής φορτίου λαμβάνουν μια έκπτωση ή πίστωση λογαριασμού σε αντάλλαγμα με την συμφωνία να μειώσουν το φορτίο τους κατά την διάρκεια των απρόβλεπτων καταστάσεων του συστήματος. Αν οι καταναλωτές δεν περιορίσουν την κατανάλωση τους μπορούν να τιμωρηθούν. Τα τυπικά ελάχιστα μεγέθη φορτίων των πελατών που δικαιούνται τιμολόγια περικοπής φορτίου κυμαίνονται από 200 KW για το βασικό πρόγραμμα περικοπής φορτίου έως 3 MW, τα οποία μπορεί να διαφέρουν όμως σε διαφορετικές καταστάσεις και αγορές. Οι πελάτες σε αυτά τα τιμολόγια συμφωνούν είτε να περιορίσουν ένα συγκεκριμένο μπλοκ ηλεκτρικού φορτίου, είτε να περιορίσουν την κατανάλωση τους σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο. Οι πελάτες σε αυτά τα τιμολόγια συνήθως πρέπει να περικόψουν το φορτίο τους εντός 30-60 λεπτών όταν ενημερώνονται από τον φορέα. Στο σύστημα ο αριθμός των ωρών που ένας φορέας μπορεί να ζητήσει διακοπή είναι περιορισμένος (όχι περισσότερο από 200 ώρες το χρόνο). Τα προγράμματα περικοπής φορτίου δεν είναι επίσης για όλους τους πελάτες, συγκεκριμένα οι πελάτες με συνεχείς διαδικασίες (π.χ. παραγωγή τσιπ από πυρίτιο) δεν είναι καλοί υποψήφιοι [19].

- Προγράμματα αγοράς χωρητικότητας

Στα προγράμματα της αγοράς χωρητικότητας, οι πελάτες δεσμεύονται να παρέχουν προκαθορισμένες μειώσεις φορτίου όταν προκύπτουν απρόοπτες καταστάσεις στο σύστημα, και υπόκεινται σε κυρώσεις εάν δεν μειώσουν το φορτίο τους όταν τους ζητείται. Τα προγράμματα της αγοράς χωρητικότητας μπορούν να θεωρηθούν ως μορφή ασφάλισης. Σε αντάλλαγμα για την υποχρέωση περικοπής φορτίου όταν τους ζητείται, οι συμμετέχοντες λαμβάνουν εγγυημένες πληρωμές. Όπως με την ασφάλιση, σε μερικά χρόνια οι περικοπές φορτίου δεν θα ζητούνται, παρόλο που οι συμμετέχοντες πληρώνονται για να είναι διαθέσιμοι για περικοπή. Αυτά τα προγράμματα συνήθως προσφέρονται από προμηθευτές χονδρικής αγοράς και είναι το ανάλογο για την οργανωμένη αγορά των προγραμμάτων περικοπής φορτίου [19].

- Προγράμματα υποβολής προσφορών ζήτησης

Τα προγράμματα υποβολής προσφορών ζήτησης επιτρέπουν στο καταναλωτή να πληρώνεται προκειμένου να αποσύρει φορτίο, όταν αυτό απαιτείται από τον διαχειριστή της αγοράς, με τρόπο παρόμοιο με αυτόν που οι γεννήτριες πληρώνονται για την προμήθεια. Οι καταναλωτές θα υποβάλουν προσφορά για μια συγκεκριμένη μείωση,

διάρκεια, και διαθεσιμότητα η οποία θα κατατάσσεται και επιλέγεται ανάλογα με την απαίτηση της αγοράς. Όλοι οι πλειοδότες πληρώνονται συνήθως την υψηλότερη αποδεκτή προσφορά ή, στην περίπτωση ορισμένων αναπτυσσόμενων αγορών υποβολής προσφορών ζήτησης μια τιμή με ελάχιστο ανώτατο όριο [20].

- Βοηθητικές υπηρεσίες

Οι βοηθητικές υπηρεσίες είναι υπηρεσίες υποστήριξης στο σύστημα ισχύος και είναι απαραίτητες για την διατήρηση της ποιότητας της ισχύος, της αξιοπιστίας, και της ασφάλειας. Οι βοηθητικές υπηρεσίες διατηρούν την σωστή ροή και κατεύθυνση της ηλεκτρικής ενέργειας, αντιμετωπίζουν ανισοροπίες μεταξύ προσφοράς και ζήτησης, και βοηθούν το σύστημα να ανακάμψει από απρόβλεπτα συμβάντα [21].

β. Προγράμματα απόκρισης ζήτησης με βάση τη τιμή

Στα προγράμματα απόκρισης ζήτησης με βάση την τιμή οι καταναλωτές χρεώνονται με διαφορετικές τιμές σε διαφορετικούς χρόνους κατανάλωσης. Με αυτό τον τρόπο οι καταναλωτές χρεώνονται σύμφωνα με το κόστος προμήθειας της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυξάνοντας τα τιμολόγια κατά τις ώρες αιχμής της ζήτησης, οι επιχειρήσεις ενθαρρύνουν τους καταναλωτές να μειώσουν την κατανάλωση τους [14]. Οι κύριοι τύποι προγραμμάτων με βάση την τιμή περιγράφονται παρακάτω:

- Τιμολόγηση βάσει του χρόνου χρήσης

Σε αυτό το πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης, η ηλεκτρική τιμή για τους καταναλωτές εξαρτάται από το χρονικό διάστημα που η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται. Συνήθως μια μέρα είναι διαιρεμένη σε τρία διαστήματα που ονομάζονται ως διάστημα αιχμής, μεσοδιάστημα μεταξύ της αιχμής, και διάστημα εκτός της αιχμής. Οι καταναλωτές χρεώνονται σοβαρά για κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο διάστημα αιχμής. Με αυτό τον τρόπο ενθαρρύνονται να μειώσουν την κατανάλωση τους σε ώρες αιχμής και να μετατοπίσουν τα φορτία τους σε ώρες εκτός της αιχμής [15].

- Τιμολόγηση κρίσιμης αιχμής

Αυτό το πρόγραμμα είναι παρόμοιο με την τιμολόγηση βάσει του χρόνου χρήσης, εκτός από τις στιγμές που η αξιοπιστία του συστήματος ισχύος τίθεται σε κίνδυνο και τότε η κανονική τιμή αιχμής αντικαταστέεται από πολύ υψηλότερη τιμή. Αυτό το πρόγραμμα χρησιμοποιείται μόνο για μερικές ώρες τον χρόνο και βελτιώνει την αξιοπιστία του συστήματος ισχύος [15].

- Τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο

Γνωστό και ως δυναμική τιμολόγηση, τα προϊόντα αυτά αναφέρονται σε οποιοδήποτε τιμολόγιο ηλεκτρικής ενέργειας όπου το χρονοδιάγραμμα και οι τιμές δεν είναι γνωστές ή δεν έχουν καθοριστεί εκ των προτέρων. Τα προϊόντα τιμολόγησης σε πραγματικό χρόνο προσφέρουν μια σειρά επιλογών για την εξισορρόπηση του κινδύνου και της ανταμοιβής μεταξύ του προμηθευτή και του καταναλωτή μέσω ενός συνδυασμού σταθερών τιμών, τιμών αγοράς, και επιλογών μελλοντικών συμβολαίων. Η τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο γίνεται πολύ δημοφιλής στα προγράμματα απόκρισης ζήτησης και στα έξυπνα σπίτια [20].

- Βελτίωση του συντελεστή μπλοκαρίσματος

Το πρόγραμμα αυτό προσφέρει ένα τιμολόγιο δυο επιπέδων με βάση την συνολική κατανάλωση του καταναλωτή. Η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος αυξάνεται εάν η κατανάλωση φτάσει ένα όριο. Αυτό το πρόγραμμα μειώνει την ανάγκη για άσκοπες επενδύσεις στην παραγωγή, την μετάδοση, και τα συστήματα διανομής [15].

2.4. Σύνοψη

Βασισμένοι στους παραπάνω ορισμούς μπορούμε να δούμε ότι τα προγράμματα ενεργειακής αποδοτικότητας σχετίζονται περισσότερο με τεχνολογικές λύσεις, ενώ τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας είναι πιο κοντά στην πλευρά της συμπεριφοράς των καταναλωτών, και τέλος η απόκριση ζήτησης βασίζεται στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Συνοψίζοντας και οι τρεις τύποι δραστηριοτήτων είναι συμπληρωματικοί και συναφείς για την αποθήκευση ενέργειας και την εφαρμογή αποτελεσματικών προγραμμάτων διαχείρισης της ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Αγορά ηλεκτρικής ενέργειας

3.1 Μοντέλα οργάνωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

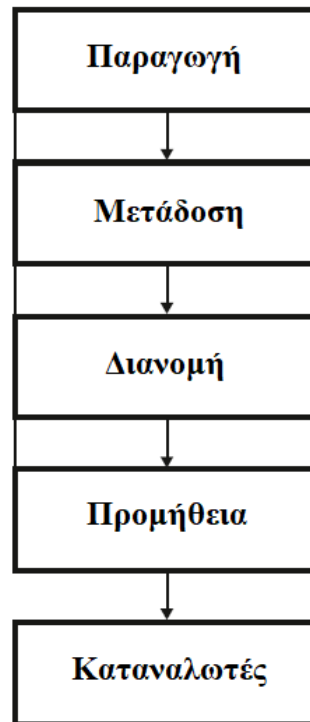
Η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι αναπόφευκτα οργανωμένη με κάποιο τρόπο. Δεν μπορεί να είναι αυθόρμητη λόγω ιδιόρρυθμων χαρακτηριστικών σύμφυτων με τα ηλεκτρικά συστήματα ισχύος. Υπάρχουν οικονομικές, φυσικές, και κοινωνικές ιδιαιτερότητες συγκεκριμένων χωρών, οι οποίες επίσης προσδίδουν σε μεγάλη ποικιλία αγορών ηλεκτρικής ενέργειας. Ταυτόχρονα είναι σύνηθες να διακρίνουμε τέσσερα κύρια μοντέλα μιας τέτοιας αγοράς.

3.1.1. Ρυθμιζόμενο φυσικό μονοπώλιο

Ένα φυσικό μονοπώλιο, όπως υποδηλώνει το όνομα, γίνεται μονοπώλιο με την πάροδο του χρόνου λόγω των συνθηκών της αγοράς και χωρίς άδικες επιχειρηματικές πρακτικές που μπορεί να περιορίσουν τον ανταγωνισμό. Τα φυσικά μονοπώλια μπορεί να προκύψουν με δυο τρόπους. Πρώτον, όταν μια εταιρία εκμεταλλεύεται τα υψηλά εμπόδια εισόδου μιας βιομηχανίας προκειμένου να δημιουργήσει ένα προστατευτικό τείχος γύρω από τις επιχειρηματικές της δραστηριότητες. Τα υψηλά εμπόδια εισόδου οφείλονται συχνά στα σημαντικά ποσά κεφαλαίου ή μετρητών που απαιτούνται για την αγορά περιουσιακών στοιχείων. Δεύτερον, όταν η παραγωγή σε μεγάλη κλίμακα είναι πολύ πιο αποτελεσματική από την παραγωγή μικρής κλίμακας, δηλαδή ένας μεγάλος παραγωγός είναι αρκετός για να ικανοποιήσει όλη την διαθέσιμη ζήτηση στην αγορά.

Οι αυθόρμητες (ανεξέλεγκτες ή ανοργάνωτες) αγορές ηλεκτρικής ενέργειας σταδιακά έγιναν μονοπωλιακές στις αρχές του εικοστού αιώνα. Μετά την κατανόηση και την αναγνώριση των πλεονεκτημάτων της μονοπωλιακής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, τα φυσικά μονοπώλια έγιναν θεσμικά νομιμοποιημένα σύμφωνα με τον κρατικό κανονισμό σε όλες τις χώρες με ένα τέτοιο μοντέλο αγοράς. Η έλλειψη κανονισμού στην αγορά μονοπωλίου θα οδηγούσε σε καταστάσεις με περιορισμένη παραγωγή και αυξημένες τιμές. Οι μονοπωλιακές εταιρίες σε αυτό το μοντέλο οργάνωσης της αγοράς καλύπτουν όλα τα στάδια της διαδικασίας παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές (παραγωγή, μετάδοση, διανομή, και προμήθεια) (Σχήμα 4) στην περιοχή παροχής υπηρεσιών τους, και χρεώνονται με αξιόπιστη (αδιάληπτη) παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Ανεξάρτητοι

παραγωγοί ενέργειας και μεμονωμένες εταιρίες πωλήσεων μπορεί να υπάρχουν ή να εμφανίζονται πολύ συχνά παράλληλα με τις εταιρίες μονοπωλίου, πουλούν ή αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια από την μονοπωλιακή εταιρία με ειδικές συμφωνίες (επίσης στο πλαίσιο του κρατικού κανονισμού). Οι τιμές καταναλωτών (τιμολόγια) για την ηλεκτρική ενέργεια που παρέχεται από φυσικά μονοπώλια καθορίζονται από τους ρυθμιστικούς φορείς στο επίπεδο του μέσου κόστους λειτουργίας της επιχείρησης (συμπεριλαμβανομένου του κανονικού κέρδους) [22].



Σχήμα 4. Τα στάδια της διαδικασίας παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές. Πηγή: [22].

3.1.2. Μοναδικός αγοραστής

Αυτό το μοντέλο οργάνωσης της αγοράς διαφέρει από το προηγούμενο καθώς η παραγωγική σφαίρα διαιρείται σε πολλές οικονομικά ανεξάρτητες εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που ανταγωνίζονται μεταξύ τους για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε έναν οργανισμό που αγοράζει ο οποίος είναι μοναδικός. Η εμφάνιση νέων παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας είναι επίσης δυνατή. Ο μοναδικός αγοραστής πουλάει την ηλεκτρική ενέργεια σε εταιρίες διανομής, οι οποίες με την σειρά τους την πουλούν στον τελικό πελάτη, έναντι του οποίου διατηρούν μονοπωλιακή ισχύ. Τα υπόλοιπα στάδια της διαδικασίας παροχής ηλεκτρικού ρεύματος στους τελικούς πελάτες παραμένουν ενσωματωμένα σε μια

εταιρία που είναι μονοπωλιακή όπως και πριν. Ο αγοραστικός οργανισμός θα πρέπει να συνεχίσει να ρυθμίζεται από το κράτος. Αυτό το μοντέλο είναι μια εξαιρετικά σύνθετη και ατελής αγορά, θα ήταν αρκετά δύσκολο να φανταστεί κανείς το έργο μιας τέτοιας αγοράς χωρίς την κρατική ρύθμιση. Οι εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα μείωναν τον όγκο παραγωγής για να αυξήσουν τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο αγοραστικός οργανισμός καθώς είναι ο μόνος που αγοράζει, αφενός, θα μείωνε τον όγκο των αγορών από τους παραγωγούς προκειμένου να μειώσει τις τιμές της αγορασμένης ηλεκτρικής ενέργειας, αφετέρου, ως ο μόνος που πουλάει θα μείωνε το πλήθος των πωλήσεων στις εταιρίες διανομής της ενέργειας προκειμένου να αυξήσει τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας που πωλείται. Τέτοιου είδους παραποιήσεις θα οδηγούσαν τελικά σε αύξηση των τιμών και των ζημιών για τους τελικούς πελάτες. Ο κρατικός κανονισμός αλλάζει ριζικά την κατάσταση, καθώς αποκλείει την χρήση της αγοραστικής ισχύος από τους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας, τους αγοραστές μονοπωλίου, ή τους πωλητές του μονοπωλίου. Τέλος ο αγοραστικός οργανισμός αγοράζει ηλεκτρική ενέργεια από τους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας και τους νέους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας στην βάση μακροπρόθεσμων συμβολαίων που καθορίζουν τις τιμές, τις ημερομηνίες, και τους όρους παράδοσης της ηλεκτρικής ενέργειας [22].

3.1.3. Ανταγωνισμός μεταξύ παραγωγών και διανομέων

Σε αυτό το μοντέλο ο ανταγωνισμός επεκτείνεται στους διανομείς ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίοι μπορούν να επιλέξουν από ποιον θα αγοράσουν την ηλεκτρική τους ενέργεια, διατηρώντας παράλληλα την μονοπωλιακή τους ισχύ έναντι των τελικών πελατών. Με άλλα λόγια, σε αυτό το μοντέλο όλα τα στάδια της διαδικασίας παροχής ηλεκτρικού ρεύματος εκτός από την διανομή και την προμήθεια είναι διαχωρισμένα από την μονοπωλιακή εταιρία. Προκειμένου να είναι αποτελεσματικός ο ανταγωνισμός σε αυτό το μοντέλο, δεν είναι μόνο απαραίτητο να αποφευχθεί η συγκέντρωση αγοραστικής ισχύος στην παραγωγή, αλλά είναι επίσης απαραίτητο να διαχωριστεί η παραγωγή από την διανομή, καθώς η διανομή εξακολουθεί να έχει μονοπώλιο [23].

3.1.4. Ανταγωνισμός στην προμήθεια

Αυτό είναι το πιο ανοιχτό μοντέλο οργάνωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, ο ανταγωνισμός επεκτείνεται πλέον στην προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς οι τελικοί πελάτες είναι τώρα ελεύθεροι να επιλέξουν τον δικό τους προμηθευτή. Οι εταιρίες διανομής

δεν έχουν πλέον μονοπώλιο, και η σύνδεση μεταξύ της διανομής και της προμήθειας, καθώς και της διανομής με την παραγωγή οδηγείται πλέον από δυνάμεις της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας π.χ., αν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ανταγωνιστική, θα ήταν επωφελές για την εταιρία διανομής να αγοράσει ηλεκτρική ενέργεια από τον φθηνότερο παραγωγό [23].

3.2. Συμμετέχοντες στην αγορά

Μια μεγάλη ποικιλία ανθρώπων, επιχειρήσεων και οργανισμών συμμετέχουν στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ρόλοι που διαδραματίζουν αυτοί οι συμμετέχοντες, από την παραγωγή έως και την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, ταξινομούνται ως συγκεκριμένες κατηγορίες συμμετεχόντων οι οποίες περιγράφονται παρακάτω.

α. Ανεξάρτητος διαχειριστής συστήματος

Ένας ουδέτερος, ανεξάρτητος, και (συνήθως μην κερδοσκοπικός) οργανισμός χωρίς οικονομικό ενδιαφέρον για την δημιουργία εγκαταστάσεων που διαχειρίζονται την λειτουργία και την χρήση του συστήματος μεταφοράς. Οι ανεξάρτητοι διαχειριστές συστήματος ασκούν την τελική εξουσία για την έναρξη παραγωγής, για την διατήρηση της αξιοπιστίας και την διευκόλυνση της αποτελεσματικότητας, για την διασφάλιση της πρόσβασης χωρίς διακρίσεις, για την διαχείριση τιμολογίων μετάδοσης, για την διασφάλιση της διαθεσιμότητας βοηθητικών υπηρεσιών, και για την παροχή πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση του συστήματος μεταφοράς και την διαθέσιμη ικανότητα μετάδοσης.

β. Ρυθμιστική αρχή

Η κυβερνητική λειτουργία υπεύθυνη για τον έλεγχο ή την καθοδήγηση των οικονομικών οντοτήτων. Κάποιες από τις υπευθυνότητες της είναι:

- Επιτηρεί την αγορά.
- Προάγει τον υγιή ανταγωνισμό.
- Εισηγείται και εκδίδει οδηγίες για την εύρωστη λειτουργία της αγοράς.
- Είναι υπεύθυνη για σχετικές δανειοδοτήσεις.
- Παρέχει συμβουλές στα όργανα χάραξης της ενεργειακής πολιτικής κ.α.

γ. Εταιρίες παραγωγής

Ο κύριος ρόλος του παραγωγού είναι η συνεχής λειτουργία μονάδων παραγωγής καθώς και η τροφοδότηση του δικτύου, των μεγάλων καταναλωτών, καθώς και των εταιριών διανομής. Εκτός από την ενεργή ισχύ, οι εταιρίες παραγωγής μπορούν να συμμετέχουν στην εμπορεία άεργου ισχύος και εφεδρικών λειτουργιών.

δ. Εταιρίες Μεταφοράς

Έχουν τον ρόλο της κατασκευής, της ιδιοκτησίας, της λειτουργίας, και της συντήρησης του δικτύου μεταφοράς σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Μπορεί ή μπορεί όχι, να χειρίζονται τις λειτουργίες αποστολής και συντονισμού της ισχύος. Είναι ρυθμισμένες να παρέχουν αμερόληπτες συνδέσεις, συγκρίσιμες υπηρεσίες, και ανάκτηση κόστους. Τα έσοδα τους προέρχονται από τις χρεώσεις του δικτύου τους που το χρησιμοποιούν άλλες οντότητες και επιβαρύνονται για αυτή την χρήση.

ε. Εταιρίες διανομής

Παρέχουν μέσω των εγκαταστάσεων τους την ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές μέσα σε μια γεωγραφική περιοχή. Είναι υπεύθυνες για την λειτουργία του δικτύου διανομής και είναι υποχρεωμένες να ανταποκρίνονται σε θέματα ανεπάρκειας ηλεκτρισμού και σε θέματα αξιοπιστίας. Επίσης είναι υπεύθυνες για την διατήρηση της τάσης στα επιθυμητά επίπεδα και για τις βοηθητικές υπηρεσίες.

στ. Συσσωρευτής

Οι συσσωρευτές είναι σχετικά νέες οντότητες στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας που διαθέτουν την ικανότητα να επηρεάζουν έναν αριθμό συνδεδεμένων με το δίκτυο μονάδων μέσω κατάλληλου περιβάλλοντος επικοινωνίας. Οι μονάδες συντονίζονται, συνήθως με μια κεντρική καθοδήγηση, προκειμένου να πετύχουν ένα συγκεκριμένο στόχο ως ομάδα. Ο στόχος τους είναι η εμπορικά επιτυχημένη λειτουργία των συνδεδεμένων μονάδων τους, είτε με την μορφή βελτιστοποίησης του ενεργειακού χρονοπρογράμματος τους, είτε με την μορφή υπηρεσιών ελέγχου του συστήματος ισχύος [24].

ζ. Καταναλωτές

Οι καταναλωτές είναι είτε συνδεδεμένοι απευθείας με το δίκτυο μεταφοράς υψηλής τάσης (πελάτες δικτύου) ή με την διανομή. Στην απελευθερωμένη αγορά ο καταναλωτής βάσει της σχετικής νομοθεσίας, μπορεί να επιλέξει τον προμηθευτή που επιθυμεί ανεξάρτητα της γεωγραφικής του θέσης.

3.3. Βήματα για την ενσωμάτωση της διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας

Η διαδικασία της ενσωμάτωσης της διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από 5 βήματα τα οποία περιγράφονται παρακάτω:

- Έρευνα φορτίου

Σε αυτό το βήμα αρχικά, γίνεται αξιολόγηση των χαρακτηριστικών της καμπύλης φορτίου κατά την διάρκεια της υπό εξέταση περιόδου (ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία, ετήσια). Από την έρευνα προκύπτουν στοιχεία για την συνεισφορά κάθε τομέα (οικιακού, βιομηχανικού, εμπορικού) στην συνολική καμπύλη φορτίου. Επίσης, εξετάζονται θέματα όπως ο αριθμός των καταναλωτών της κάθε κατηγορίας, η κατηγοριοποίηση τους βάσει διάφορων κριτηρίων (επίπεδο τάσης, συντελεστής ισχύος, κ.λπ.) και τα χαρακτηριστικά των διάφορων φορτίων (φωτισμός, ψύξη, και θέρμανση).

- Καθορισμός της καμπύλης φορτίου

Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει την διαμόρφωση της επιθυμητής μορφής της καμπύλης φορτίου από τις εταιρίες της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

- Αξιολόγηση της ενσωμάτωσης του προγράμματος διαχείρισης ζήτησης

Σε αυτό το στάδιο αναγνωρίζονται τα φορτία τα οποία συνεισφέρουν περισσότερο στην αιχμή της καμπύλης ζήτησης, έτσι ώστε οι ανάλογες δράσεις να στοχεύουν στα αντίστοιχα φορτία. Επίσης, το στάδιο αυτό περιλαμβάνει μια διευρυμένη ανάλυση κόστους - οφέλους για το πρόγραμμα διαχείρισης ζήτησης.

- Ενσωμάτωση του προγράμματος

Η ενσωμάτωση των προγραμμάτων διαχείρισης ζήτησης γίνεται με την προώθηση τους μέσω διαφημίσεων και εκστρατειών ενημέρωσης στους στοχευόμενους καταναλωτές.

- Επιτήρηση και αξιολόγηση

Αυτό το βήμα περιλαμβάνει την ανάλυση καθώς και την σύγκριση των στόχων που έθεσε ο φορέας σχεδιασμού του προγράμματος διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας με τα υπάρχοντα αποτελέσματα του προγράμματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Πλεονεκτήματα της Διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας

Η διαχείριση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας έχει την δυνατότητα να παρέχει σημαντικά οικονομικά, περιβαλλοντολογικά, και λειτουργικά οφέλη. Τα διάφορα οφέλη της διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας για τους καταναλωτές, επιχειρήσεις, καθώς και την κοινωνία παρουσιάζονται και περιγράφονται σε αυτό το κεφάλαιο.

- Μείωση φορτίου αιχμής

Τα προγράμματα διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας παρέχουν στους καταναλωτές την ευκαιρία να παίζουν σημαντικό ρόλο στην λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου μειώνοντας ή μετατοπίζοντας την χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας τους κατά τις περιόδους αιχμής, δεδομένης της προσφοράς συγκεκριμένων οικονομικών κινήτρων. Η ενεργοποίηση των προγραμμάτων διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας κατά την διάρκεια συνθηκών αιχμής φορτίου μπορεί να επιφέρει τεράστια οφέλη όπως, την βελτίωση της αξιοπιστίας του συστήματος, οικονομικές αποταμιεύσεις για τους καταναλωτές και το σύστημα, κ.α. Τα συστήματα ισχύος παρουσιάζουν μη γραμμικά χαρακτηριστικά τα οποία οδηγούν σε μεταβλητές αποδόσεις. Ειδικά υπό συνθήκες βαριάς φόρτωσης του δικτύου, οι απώλειες είναι υψηλότερες λόγω των μεταβλητών επιδόσεων του συστήματος. Κατά την διάρκεια αυτών των χρονικών περιόδων αιχμής της ζήτησης του φορτίου, λιγότερο αποδοτικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να χρειαστεί να εκτελεστούν. Ως αποτέλεσμα τα συστήματα παρουσιάζουν μείωση στην απόδοση τους, καθώς και αύξηση στα κόστη λειτουργίας τους. Πιο αξιοσημείωτα, οι επενδύσεις κεφαλαίου οδηγούνται από αυτό το φορτίο αιχμής. Τα ηλεκτρικά συστήματα έχουν σχεδιαστεί να υποστηρίζουν την ημέρα του χρόνου που παρουσιάζει την μέγιστη φόρτωση του δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Καθώς η ισορροπία μεταξύ ζήτησης και παραγωγής πρέπει να διατηρείται σε κάθε στιγμή, μεγάλα εργοστάσια κεντρικής παραγωγής πρέπει να εγκατασταθούν και να ξεκινήσουν. Επιπλέον από την προοπτική της αξιοπιστίας, ένα επαρκές απόθεμα πρέπει να διατηρηθεί το οποίο απαιτεί περισσότερη αδρανή παραγωγική ικανότητα. Δηλαδή στα παραδοσιακά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δαπανηρές υποδομές πρέπει να κατασκευάζονται διαρκώς προκειμένου να μπορούν να υποστηρίξουν τις όλο και πιο απαιτητικές συνθήκες αιχμής της ζήτησης στο σύστημα [25]. Η αξιοποίηση προγραμμάτων

διαχείρισης ζήτησης κατά την διάρκεια των αιχμών της ζήτησης όχι μόνο αποφέρει τα μέγιστα οφέλη, αλλά επίσης έρχεται με χαμηλότερο κόστος και λιγότερες απαιτήσεις.

- Διαχείριση συμφόρησης στο δίκτυο διανομής

Η διαχείριση της συμφόρησης είναι ένα κοινό πρόβλημα στα συστήματα ισχύος και γίνεται όλο και περισσότερο πιο αισθητή σε απελευθερωμένες και ανταγωνιστικές αγορές. Οι γραμμές διανομής συχνά οδηγούνται κοντά ή ακόμα και πέρα από τα θερμικά τους όρια προκειμένου να ικανοποιήσουν την αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ή προκειμένου να αντιμετωπίσουν την αύξηση μη προγραμματισμένων ανταλλαγών ενέργειας. Εάν οι ροές ισχύος δεν ελεγχτούν, ορισμένες γραμμές που βρίσκονται σε συγκεκριμένες διαδρομές μπορεί να υπερφορτωθούν και αυτό το φαινόμενο ονομάζεται συμφόρηση [25]. Τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης μπορούν να επιλύσουν τα προβλήματα συμφόρησης με αποδοτικό τρόπο. Αντί να εξαλείφουν απευθείας φορτίο, η διαχείριση συμφόρησης μέσω της απόκρισης ζήτησης επικεντρώνεται στον επαναπρογραμματισμό ή την αναβολή της ζήτησης φορτίου προκειμένου να μειωθεί η συμφόρηση ροής ισχύος. Αυτοί οι πόροι φορτίου που επιλέγονται είναι είτε ευέλικτοι είτε έχουν θερμική αδράνεια, είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι για αυτό το είδος εργασιών, καθώς ο τερματισμός της λειτουργίας τους για ένα σύντομο χρονικό διάστημα δεν θα μπορούσε ούτε καν να γίνει αισθητός από τους τελικούς χρήστες. Καθώς η συμμετοχή στην διαχείριση της συμφόρησης είναι βασισμένη στο κόστος και εθελοντική, οι διαμάχες θα μπορούσαν να αποφευχθούν σε μεγάλο βαθμό σε σχέση με τον παραδοσιακό τρόπο περικοπής φορτίου που κατευθύνεται από τον χειριστή του συστήματος.

- Αξιοπιστία

Τα πλεονεκτήματα αξιοπιστίας μπορούν να θεωρηθούν ως ένα από τα οφέλη της διαχείρισης ζήτησης για όλη την αγορά, επειδή επηρεάζουν όλους τους συμμετέχοντες της αγοράς. Λόγω της σημασίας τους, μπορούμε να θεωρήσουμε τα οφέλη αξιοπιστίας ως μια κατηγορία από μόνα τους [26].

- Συνθήκες έκτακτης ανάγκης και αποτροπή διακοπών ρεύματος

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι απαραίτητη για την υγεία και ευημερία της κοινωνία μας. Το ηλεκτρικό δίκτυο μας όμως είναι ευαίσθητο σε μεγάλης κλίμακας διακοπές ρεύματος. Καθώς τα δίκτυα ισχύος έχουν εξελιχθεί σε ένα από τα πιο σύνθετα και ευάλωτα συστήματα που εφευρέθηκαν από τον άνθρωπο. Τα περιστατικά διακοπής ρεύματος μπορούν να προκαλέσουν τεράστιες οικονομικές ζημιές. Ο μηχανισμός που προκαλεί αποτυχία συστήματος δεν είναι ακόμα καλά κατανοητός. Το δίκτυο ισχύος

έχει σχεδιαστεί και λειτουργεί με πλεονασμό έτσι ώστε να μπορεί να αντέξει απώλεια ενός ή δυο στοιχείων (ασφάλεια N-1 και N-2). Ωστόσο οι διακοπές ρεύματος που έχουν προκύψει δεν είχαν προβλεφθεί ή ήταν πέρα από την βάση σχεδιασμού του συστήματος. Επιπλέον η ταχύτητα των αναπάντεχων σφαλμάτων είναι πολύ γρήγορη, αφήνοντας τους χειριστές του συστήματος χωρίς χρόνο να πάρουν αποφάσεις παρέμβασης στην διαδικασία. Όλα αυτά οδηγούν στην έλλειψη αποτελεσματικών μέσων πρόληψης διακοπών [25]. Τα προγράμματα διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας έχουν αποδειχθεί εξαιρετικά επιτυχημένα για τα βοηθητικά προγράμματα που διαχειρίζονται κρίσεις ζήτησης αιχμής. Καθώς η δημοτικότητα των προγραμμάτων αυξάνεται, στην αδυναμία άλλων μέσων να αποφύγουν διακοπές ρεύματος, η διαχείριση ζήτησης της ενέργειας μπορεί να παίξει ένα καθοριστικό ρόλο στην πρόληψη και τον μετριασμό των διακοπών. Ιστορικά, τα προγράμματα διαχείρισης ζήτησης και πιο συγκεκριμένα απόκρισης ζήτησης υιοθετήθηκαν σε προγράμματα άμεσου ελέγχου φορτίου για να βοηθήσουν σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Όταν το σύστημα ισχύος είναι πιεσμένο και ένα υψηλό ρίσκο ανασφάλειας αναμένεται, οι εν λόγω πόροι φορτίου μπορούν να ζητηθούν όταν χρειάζονται από τους χειριστές συστημάτων. Σε αντάλλαγμα τα φορτία που συμμετέχουν στα προγράμματα ανταμείβονται για την χωρητικότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχουν κατά την διάρκεια εκτάκτων καταστάσεων.

- Εξοικονόμηση

Οι πελάτες που συμμετέχουν σε προγράμματα διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας μπορούν να αναμένουν εξοικονόμηση σε λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας εάν μειώσουν την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας τους κατά την διάρκεια περιόδων αιχμής. Στην πραγματικότητα, ορισμένοι συμμετέχοντες μπορεί να βιώσουν εξοικονόμηση ακόμη και αν δεν αλλάξουν τον τρόπο κατανάλωσης τους, εάν η κανονική κατανάλωση τους κατά την διάρκεια των περιόδων αιχμής είναι χαμηλότερη από το μέσο όρο των άλλων καταναλωτών στην κατηγορία τους. Ορισμένοι πελάτες μπορεί να είναι σε θέση να αυξήσουν την συνολική τους κατανάλωση ενέργειας χωρίς να χρειάζεται να πληρώσουν περισσότερα χρήματα για την λειτουργία περισσότερου εξοπλισμού εκτός περιόδων αιχμής. Επιπλέον, οι συμμετέχοντες σε κλασικά προγράμματα βάσει κινήτρων έχουν δικαίωμα να λαμβάνουν πληρωμές για την συμμετοχή τους, ενώ οι πελάτες προγραμμάτων κινήτρων που βασίζονται στην αγορά θα λαμβάνουν πληρωμές ανάλογα με την απόδοσή τους [26].

- Πωλήσεις

Το τμήμα πωλήσεων μιας επιχείρησης μπορεί να χρησιμοποιήσει την διαχείριση ζήτησης για να επεκτείνει την προσφορά ενεργειακών υπηρεσιών στους πελάτες. Αυτό μπορεί να τους βοηθήσει να κερδίσουν πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών σε μια ολοένα και πιο ανταγωνιστική αγορά. Η διασφάλιση της ικανοποίησης των πελατών μέσω καινοτόμων προγραμμάτων και εργαλείων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές μειώσεις των λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο οδηγεί σε καλύτερη διατήρηση των πελατών και πιο αξιόπιστες ροές εισόδων. Σήμερα η διαχείριση ζήτησης της ενέργειας είναι ένα σημαντικό επιχείρημα και ισχυρός εμπορικός μοχλός για τις δραστηριότητες πωλήσεων μιας επιχείρησης.

Γενικά τα προγράμματα διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας παρέχουν καθαρά πλεονεκτήματα για επενδυτές, νοικοκυριά, επιχειρήσεις, δημόσιες υπηρεσίες, και κοινωνίες. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται μια εμπειριστατωμένη σύνοψη αυτών των πλεονεκτημάτων.

Πίνακας 1. Σύνοψη των πλεονεκτημάτων που παρέχονται από τα προγράμματα διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας στα ηλεκτρικά συστήματα ισχύος

Οικονομικά	Τεχνικά	Περιβαλλοντολογικά και κοινωνικά	Βασισμένα στην αγορά
<p>Για τις εταιρίες:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Επιπλέον αποφυγή κόστους κεφαλαίου. • Βελτίωση αποδοτικότητας (αναβολή δημιουργίας νέων εγκαταστάσεων, μειωμένη μέση απώλεια). • Μείωση της πρόωρης γήρανσης εξοπλισμού. 	<ul style="list-style-type: none"> • Βελτίωση της αξιοπιστίας (αντιστροφή αύξηση περιθωρίου, μείωση πιθανότητας αποτυχίας, αύξηση χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, παρατεταμένη διάρκεια ζωής εγκαταστάσεων). • Ενισχυμένη διείσδυση πόρων. 	<ul style="list-style-type: none"> • Αύξηση της ικανοποίησης των καταναλωτών. • Μείωση της περιβαλλοντολογικής ζημίας. 	<ul style="list-style-type: none"> • Χαμηλή χονδρική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας. • Βελτίωση της αποδοτικότητας της αγοράς. • Μεταβλητότητα τιμών και μετριάσμος ισχύος στην αγορά. • Βελτίωση διαχείρισης κινδύνων.

<ul style="list-style-type: none"> • Μείωση κόστους λειτουργίας (μείωση ανάγκης εκκίνησης και τερματισμού λειτουργίας, χαμηλό κόστος ενέργειας). <p>Για τους καταναλωτές:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μείωση κόστους λογαριασμών. • Αποδοτικές συσκευές. 	<ul style="list-style-type: none"> • Βελτιωμένη ασφάλεια και συμφόρηση. • Διατηρούμενη ποιότητα και σταθερότητα ισχύος. • Βελτιωμένος συντελεστής ισχύος. • Αναβολή απαιτούμενων αναβαθμίσεων συστήματος. • Βελτιωμένη ευελιξία και ισορροπία συστήματος. • Ευέλικτη απόδοση συντήρησης. 		<ul style="list-style-type: none"> • Σταθερός και ευέλικτος μηχανισμός αγοράς.
--	--	--	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Προκλήσεις στην εφαρμογή της διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας

Η έννοια της διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας δεν είναι καινούργια και οι βασικές τεχνολογίες για την εφαρμογή της έχουν ήδη αναπτυχθεί. Όμως η εφαρμογή της διαχείρισης ζήτησης έχει υπάρξει αργή. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι που μπορούν να εντοπιστούν που ίσως να εμποδίζουν την εφαρμογή της. Αυτοί θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν:

- Προβλήματα συντονισμού

Το πρόβλημα συντονισμού είναι ένα βασικό ζήτημα που σχετίζεται με την ανάπτυξη της διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας. Σε ορισμένα χρονικά σημεία, ορισμένοι παράγοντες που εμπλέκονται στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να απαιτούν την προσαρμογή της ζήτησης προς τα κάτω, ενώ άλλοι μπορεί να απαιτούν ανοδικές προσαρμογές της ζήτησης. Αυτό ισχύει ειδικά στους τομείς της απελευθερωμένης ηλεκτρικής ενέργειας, όπου το δίκτυο μεταφοράς ενέργειας και οι λειτουργίες προμήθειας δεν είναι δεσμευμένα μεταξύ τους. Στην Γερμανία για παράδειγμα, η υπερπροσφορά αιολικής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλό κόστος τροφοδοσίας, ενώ ταυτόχρονα τα όρια χωρητικότητας του δικτύου μπορεί να οδηγήσουν σε υψηλό κόστος μεταφοράς [27]. Επομένως, η προσπάθεια ενσωμάτωσης πολλαπλών σκοπών με ανταγωνιστικές επιδράσεις δεν είναι πρακτική και μπορεί να οδηγήσει σε ασαφή οικονομικά κίνητρα. Το ζήτημα του συντονισμού απαιτεί ότι τα τιμολόγια θα διαχειρίζονται τις αλληλεπιδράσεις για συγκεκριμένες στιγμές του χρόνου όταν αντίθετα μεταξύ τους σήματα εμφανίζονται.

- Τα εμπόδια πληροφοριών αναστέλλουν τις επενδύσεις στην διαχείριση ζήτησης της ενέργειας

Η έλλειψη πληροφοριών και η κακή διάδοση πληροφοριών αποτελούν από κοινού σημαντικά εμπόδια για την διαχείριση ζήτησης της ενέργειας. Οι περισσότερες εταιρίες διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας δεν συλλέγουν κατάλληλες τεχνικές και οικονομικές πληροφορίες σχετικά με την λειτουργία των δικτύων διανομής τους και τα πρότυπα κατανάλωσης ενέργειας των πελατών τους. Χωρίς αυτές τις πληροφορίες είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί η οικονομική βιωσιμότητα των μέτρων διαχείρισης της ζήτησης, ή να συγκριθεί η αποτελεσματικότητά τους με, ας πούμε, νέες επενδύσεις δικτύου. Σε περιπτώσεις όπου συλλέγονται τέτοιες πληροφορίες, είναι συχνά τόσο κακής ποιότητας

που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Για να επιδεινωθεί αυτή η κατάσταση, πολλές εταιρίες διανομής δεν είναι πλήρως ενημερωμένες για διαφορετικές ευκαιρίες, μεθόδους, και εργαλεία διαχείρισης ζήτησης, τα οφέλη και τα κόστη τους, καθώς και τον τρόπο εφαρμογής τους [28].

- Ασφάλεια και προστασία

Στα προγράμματα διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας, η ασφάλεια των δεδομένων που ανταλλάσσονται, π.χ., τα σήματα τιμών και το φορτίο των χρηστών, αποτελούν ένα λόγο ανησυχίας για τους σχεδιαστές. Ένας εισβολέας μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στο λογισμικό του αλγορίθμου διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας ή στα δεδομένα και να διεισδύσει στο απόρρητο των χρηστών ή να αλλάξει ορισμένα δεδομένα. Οποιαδήποτε αλλαγή στα σήματα τιμών προκαλεί αλλαγές στον προγραμματισμό φορτίων σε προγράμματα διαχείρισης ζήτησης. Η ανάπτυξη έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων και έξυπνων μετρητών μπορεί να είναι μια ευκαιρία για κακόβουλους χρήστες να εισάγουν παραπληροφόρηση στο διανομέα υπηρεσιών και να οδηγήσουν στην λήψη λάθος αποφάσεων για το φορτίο ηλεκτρικής ενέργειας ή την χωρητικότητα του συστήματος [29]. Η denial of service (DoS) είναι μια απλή επίθεση που μπορεί να γίνει, ένας κακόβουλος χρήστης μπορεί να στείλει το αίτημα ζήτησης ενός έξυπνου μετρητή και να συνεχίσει να ζητάει μια μεγάλη ποσότητα ενέργειας, το οποίο προκαλεί τον διανομέα να μην ανταποκρίνεται στα πραγματικά αιτήματα των χρηστών.

- Έλλειψη υποδομής τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνίας

Προηγμένες μετρήσεις, επικοινωνίες, μέθοδοι ελέγχου και τεχνολογίες πληροφορίας απουσιάζουν σε μεγάλο βαθμό από τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Προκειμένου να υποστηριχθεί η υλοποίηση της διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας στην λειτουργία του συστήματος, πολύ πιο σημαντική ανάπτυξη των διαφόρων αισθητήρων και προηγμένων συσκευών μέτρησης και ελέγχου απαιτείται. Αυτό θα οδηγήσει σε ευρεία κλίμακα στην ανάπτυξη συστημάτων πληροφόρησης και επικοινωνίας που θα διευκολύνουν τον έλεγχο των γεννητριών, των φορτίων, και των διαφόρων συσκευών του δικτύου [1].

- Συμπεριφορά του τελικού χρήστη

Μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις της διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας και πιο συγκεκριμένα της απόκρισης ζήτησης είναι η εξάρτηση από την συμπεριφορά του τελικού χρήστη. Η ανθρώπινη συμπεριφορά είναι μια πολύ πολύπλοκη και τυχαία μεταβλητή και επηρεάζει έντονα την υιοθέτηση και επιτυχία πολλαπλών προγραμμάτων

απόκρισης ζήτησης δεδομένου ότι τα περισσότερα, αν όχι όλα, απαιτούν υψηλότερο επίπεδο συμμετοχής σε σύγκριση με το σημερινό παθητικό ρόλο των καταναλωτών [30].

- Έλλειψη κατανόησης των πλεονεκτημάτων των λύσεων διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας

Τα οφέλη και η αξία της διαχείρισης ζήτησης είναι αναμφισβήτητα δεδομένου ότι συνεισφέρουν τόσο στην λειτουργία του συστήματος όσο και την ανάπτυξη του συστήματος, Ωστόσο δεν έχει υπάρξει αρκετή σαφήνεια όσον αφορά την επιχειρηματική πλευρά της διαχείρισης ζήτησης, κυρίως λόγω της έλλειψης μεθοδολογιών για τον προσδιορισμό του κόστους και των οφελών. Σημαντικά περισσότερη δουλειά απαιτείται σε αυτό τον τομέα [1].

- Ανεπαρκή κίνητρα για ανάπτυξη της διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας

Για μια βιώσιμη και υγιή ανάπτυξη της διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας, αποτελεσματικά κίνητρα πρέπει να καθιερωθούν. Ωστόσο, στην πραγματικότητα, ατελής μηχανισμοί κινήτρων για την διαχείριση ζήτησης της ενέργειας έχουν αρνητικές επιπτώσεις στις εταιρίες ηλεκτρικής ενέργειας που την εφαρμόζουν. Προς το παρόν, οι εταιρίες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας γίνονται οι φορείς υλοποίησης της διαχείρισης ζήτησης ενέργειας. Ωστόσο κατά την διάρκεια εφαρμογής της τα οικονομικά συμφέροντα (π.χ. τα έσοδα από πωλήσεις της ηλεκτρικής ενέργειας) της εταιρίας θα επηρεαστούν, γεγονός που κάνει τις εταιρίες να μην είναι ενθουσιώδεις για την εφαρμογή της διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας στο τρέχων πολιτικό περιβάλλον [31].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Διαχείριση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας – Μελλοντική κατεύθυνση

6.1. Εταιρίες ενεργειακών υπηρεσιών

Μια εταιρία ενεργειακών υπηρεσιών είναι μια εταιρία που παρέχει ολοκληρωμένες ενεργειακές λύσεις στους πελάτες της, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου, του επανασχεδιασμού, και της εφαρμογής αλλαγών στον τρόπο με τον οποίο ο πελάτης καταναλώνει ενέργεια, με τον κύριο στόχο να είναι η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Άλλες πιθανές υπηρεσίες που παρέχονται περιλαμβάνουν τον ενεργειακό εφοδιασμό, την χρηματοδότηση, καθώς και την διαχείριση κινδύνων. Είναι αυτή η πληρότητα των υπηρεσιών που διαφοροποιεί μια εταιρία ενεργειακών υπηρεσιών από μια συνηθισμένη ενεργειακή εταιρία, της οποίας ο κύριος στόχος είναι αποκλειστικά η παροχή ενέργειας στους πελάτες της. Συνήθως, οι υπηρεσίες εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών προσφέρονται μέσω συμβάσεων βάσει της απόδοσης. Τα κόστη των έργων που αναλαμβάνονται από τις εταιρίες ενεργειακών υπηρεσιών καλύπτονται από τις εξοικονομήσεις ενέργειας. Με άλλα λόγια, τα έσοδα συνδέονται άμεσα με την εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από την εκτέλεση του έργου. Σε αυτό το μοντέλο, μια εταιρία ενεργειακών υπηρεσιών φέρει την ευθύνη για την απόδοση καθώς και τους τεχνικούς κινδύνους των έργων της, και για αυτό το λόγο την συμφέρει να διασφαλίσει ότι όλα τα έργα της θα εξοικονομήσουν την ενέργεια που εγγυάται. Οι εταιρίες ενεργειακών υπηρεσιών αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά στις ΗΠΑ στα τέλη του 1970 στο απόηχο της ενεργειακής κρίσης και της ταχείας αύξησης των τιμών του πετρελαίου που απορρέουν από το εμπάργκο πετρελαίου και την ιρανική επανάσταση. Οι αυξημένες ενεργειακές τιμές δημιούργησαν την επίγνωση μεταξύ των ιδιοκτητών και των διαχειριστών κτηρίων και βιομηχανιών, της ανάγκης για πιο αποδοτική χρήση της ενέργειας. Μετά από αυτό, η ιδέα των εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών διαδόθηκε στις περισσότερες βιομηχανικές χώρες. Ωστόσο οι αναπτυσσόμενες χώρες χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο για να υιοθετήσουν αυτό το επιχειρηματικό μοντέλο. Οι πρώτες εταιρίες ενεργειακών υπηρεσιών εμφανίστηκαν σε αναπτυσσόμενες χώρες το 1990, αρχικά στην Κορέα το 1992, μετά στην Κίνα το 1995, ακολουθούμενες από την Ταϊλανδή το 2000, και το Νεπάλ το 2002 [32].

Ένα έργο εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών είναι επωφελές από πολλές απόψεις, ακόμη και πέρα από τους συμμετέχοντες, κάποια από τα κύρια οφέλη είναι:

- Οι εταιρίες ενεργειακών υπηρεσιών αναλαμβάνουν το ρίσκο

Η πολιτική κίνδυνου των εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών είναι ελκυστική για τους πελάτες. Οι εταιρίες ενεργειακών υπηρεσιών λειτουργούν συχνά με εγγύηση απόδοσης, η οποία μετατοπίζει τον κίνδυνο από τον πελάτη σε αυτές. Εάν η εξοικονόμηση ενέργειας είναι λιγότερη από την ποσότητα που είχε υποσχεθεί, η εταιρεία ενεργειακών υπηρεσιών λαμβάνει προσαρμοσμένα και μειωμένα έσοδα. Η ευελιξία πολλών συμβάσεων και μέτρων εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών αποτελεί ένα μεγάλο πλεονέκτημα.

- Ποικιλία επιλογών

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών, που κυμαίνονται από εταιρίες ενεργειακών υπηρεσιών με πλήρη παροχή υπηρεσιών και προμηθευτές εξοπλισμού έως τεχνικούς συμβούλους. Με αυτό τον αριθμό επιλογών, κάθε επιχείρηση μπορεί να βρει την επιλογή που ταιριάζει καλύτερα με τα χαρακτηριστικά της.

Ενώ οι εταιρείες ενεργειακών υπηρεσιών δεν αποτελούν τον καθολικό τρόπο αντιμετώπισης της αύξησης της ενεργειακής ζήτησης και της αειφόρας ανάπτυξης, έχουν σίγουρα έναν σημαντικό ρόλο να παίζουν στις αγορές ενεργειακής αποδοτικότητας και στην επίτευξη μικρό και μακροοικονομικών στόχων [33].

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με την δραστηριότητα των εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών στον κόσμο. Πληροφορίες όπως την ημερομηνία πρώτης εμφάνισης μιας εταιρίας ενεργειακών υπηρεσιών σε κάθε μια από τις εικονιζόμενες χώρες, τον αριθμό των εταιριών σε κάθε χώρα, καθώς και την συνολική αξία έργων εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών σε δολάρια.

6.1.1 Εμπόδια στην ανάπτυξη μιας βιομηχανίας εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών

Επίμονα εμπόδια περιορίζουν πολλά ενεργειακά και οικονομικά αποδοτικά έργα και εμποδίζουν την πλήρη ανάπτυξη της βιομηχανίας εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών σε διεθνές επίπεδο. Ενώ κάθε χώρα και αγορά είναι διαφορετική, πολλά εμπόδια είναι κοινά:

- Τα έργα βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας συχνά ανταγωνίζονται για το σπάνιο κεφάλαιο με πιο παραδοσιακές επενδύσεις όπως μικρά εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και την επέκταση των βιομηχανιών [34].
- Η έλλειψη επίσημου ή γενικά αποδεκτού ορισμού για τις εταιρίες ενεργειακών υπηρεσιών αποτελεί εμπόδιο στην αγορά εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών. Σε

πολλές χώρες, είναι η εταιρία που αποφασίζει εάν θα αναφέρεται στο εαυτό της ως εταιρία ενεργειακών υπηρεσιών ή όχι. Αυτό έχει προκαλέσει σημαντική σύγχυση για τους πελάτες, καθώς δεν είναι σαφές για αυτούς τι προσφέρουν πραγματικά αυτές οι εταιρίες [32].

- Έλλειψη κυβερνητικής υποστήριξης για τα συμβόλαια ενεργειακής αποδοτικότητας, και τις εταιρίες ενεργειακών υπηρεσιών.
- Σε πολλές χώρες δεν υπάρχει κάποιο νομικό πλαίσιο για την προστασία των συμφερόντων των συμμετεχόντων σε συμβόλαια με βάση την απόδοση, το οποίο αποτρέπει πολλούς πελάτες από το να συνάψουν συμβάσεις με εταιρίες ενεργειακών υπηρεσιών.
- Εξαιτίας της απουσίας σε πολλές χώρες τυποποιημένων διαδικασιών για τον ενεργειακό έλεγχο και την μέτρηση της εξοικονόμησης ενέργειας, είναι δύσκολο να εκτιμηθεί η επίδραση των έργων ενεργειακής αποδοτικότητας.

6.1.2 Μελλοντικές προοπτικές για την διεθνή βιομηχανία εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών

Η βιομηχανία εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών έχει εξελιχθεί σημαντικά κατά την διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας. Η επόμενη δεκαετία θα δημιουργήσει ακόμα μεγαλύτερη αλλαγή. Αν και οι συνθήκες της αγοράς και οι ευκαιρίες ποικίλουν σημαντικά μεταξύ των χωρών, αρκετές τάσεις αυτές τις μέρες είναι εμφανείς σε πολλές από τις μεγαλύτερες χώρες (ιδίως αναπτυσσόμενες χώρες), οι οποίες τείνουν να αυξάνουν την ζήτηση για ενεργειακή αποδοτικότητα και τις εταιρείες ενεργειακών υπηρεσιών. Κάποιες από αυτές τις τάσεις συμπεριλαμβάνουν:

- Αφαίρεση επιδοτήσεων

Πολλές χώρες έχουν τα τελευταία χρόνια αρχίσει να μειώνουν ή να καταργούν τις επιδοτήσεις ενέργειας. Αυτό κάνει το πραγματικό κόστος της ενέργειας πιο εμφανές στον τελικό χρήστη και αυξάνει τα κίνητρα για αποδοτικότητα [34].

- Ιδιωτικοποίηση

Πολλές χώρες ιδιωτικοποιούν υπηρεσίες και επιχειρήσεις που παλαιότερα ανήκαν στο κράτος. Αυτό συνήθως αυξάνει την πίεση στις επιχειρήσεις να βελτιώσουν την αποδοτικότητα σε όλες τις πτυχές της λειτουργίας, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης ενέργειας [34].

Πίνακας 2. Δείκτες δραστηριότητας εταιριών ενεργειακών υπηρεσιών (ESCO) στον κόσμο.

Country	Date of first ESCO	Number of ESCOs	Total value of ESCO projects in 2001 [US (\$)]
Argentina	1990s	5	Less than \$1 million
Australia	1990	8	\$25 million
Austria	1995	25	\$7 million
Belgium	1990	4	Don't know
Brazil	1992	60	\$100 million ^a
Bulgaria	1995	12	Don't know
Canada	1982	5	\$50–100 million
Chile	1996	0–3	\$0–200,000
China	1995	23	\$49.7 million
Columbia	1997	1–3	Less than \$200,000
Côte d'Ivoire	2000	4	\$250,000
Czech Republic	1993	3	\$1–2 million
Egypt	1996	14	Don't know
Estonia	1986	20	\$1–3 million
Finland	2000	4	\$0.5–1 million
Germany	1990–1995	500–1000	\$150 million
Ghana	1996	1–3	Less than \$100,000
Hungary	Late 1980s–early 1990s	10–20	Don't know
India	1994	4–8	\$0.5–1 million
Italy	Early 1980s	20	Don't know
Japan	1997	21	\$61.7 million
Jordan	1994	1	\$2 million
Kenya	1997	2	Less than \$10,000
Korea	1992	158	\$20 million
Lithuania	1998	3	Don't know
Mexico	1998	7	Don't know
Morocco	1990	1	\$500,000
Nepal	2002	2	\$250,000
Philippines	1990s	5	Less than \$200,000
Poland	1995	8	\$30 million
Slovak Republic	1995	10	\$1.7 million
South Africa	1998	3–5	\$10 million
Sweden	1978	6–12	\$30 million
Switzerland	1995	50	\$13.5 million
Thailand	2000	6	\$5–6 million
Tunisia	2000	1	\$500,000
Ukraine	1996	5	\$2.5 million
United Kingdom	1980	20	Don't know

^aDue to electricity shortages, 2001 was an unusual year for Brazil. The prior year (2000) was more typical: in that year, ESCO services were valued at \$30 million.

Πηγή: [34].

- Διεθνής ανταγωνισμός

Αυξημένο παγκόσμιο εμπόριο και ανταγωνισμός υποχρεώνει τις εταιρείες να ελαχιστοποιήσουν τα έξοδα εισροών. Καθώς τα κόστη των εισροών αυξάνονται με την οικονομική ανάπτυξη, περαιτέρω κίνητρα για αποδοτικότητα εμφανίζονται [34].

- Αύξηση της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας

Η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια αυξάνεται ταχύτερα από την ικανότητα εξυπηρέτησης του φορτίου από τις επιχειρήσεις, δημιουργώντας κίνητρα και ζήτηση για ενεργειακά αποδοτικό εξοπλισμό. Κάποιες χώρες βιώνουν τακτικά ελλείψεις ηλεκτρικής ενέργειας που απειλούν την βιομηχανική και οικονομική ανάπτυξη τους [34].

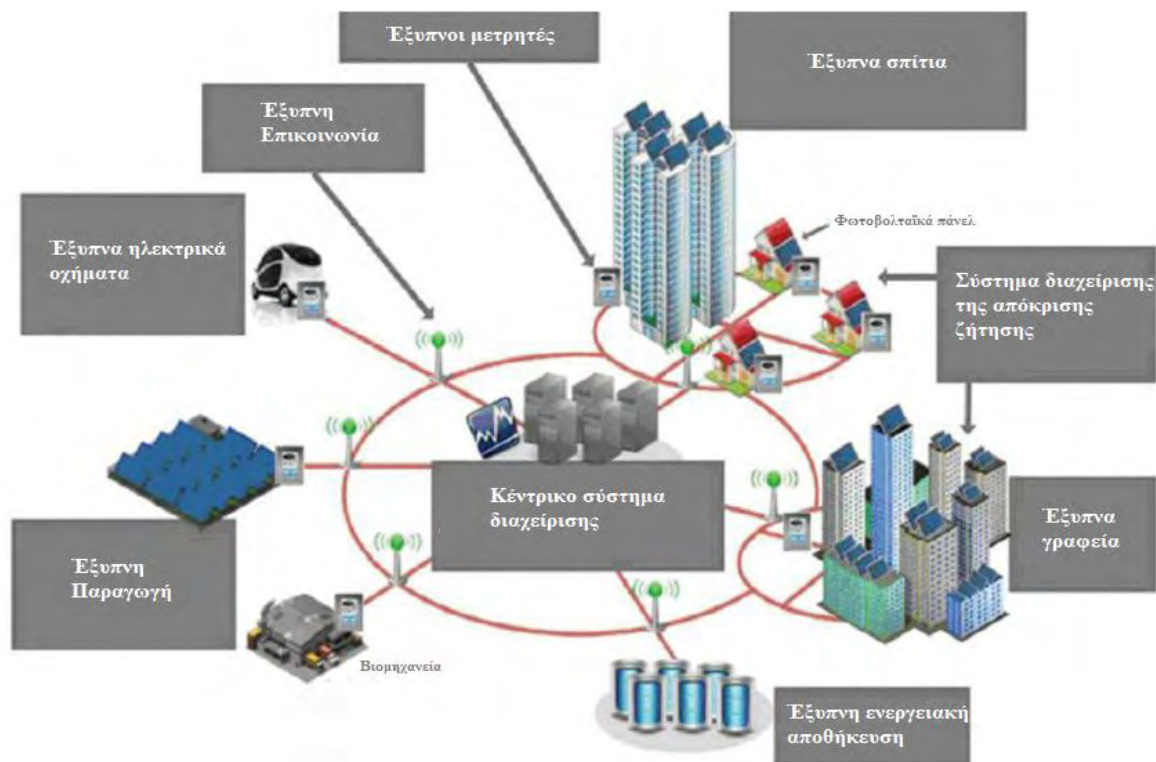
6.2. Έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα

Τα κύρια τρέχοντα και αναμενόμενα ενεργειακά προβλήματα σχετίζονται με δυο κύρια θέματα:

- Την εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού.
- Την μείωση των περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων.

Για την επίλυση αυτών των δυο προβλημάτων υπάρχει μια δραματική ανάγκη αρχικά, για αλλαγή όσον αφορά τους πόρους που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίοι πρέπει να είναι άφθονοι, διαθέσιμοι, αλλά και να μπορούν να συμβάλουν στην μείωση των εκπομπών, καθώς και αλλαγές στους τρόπους που γίνεται η αποθήκευση, η μεταφορά, καθώς και η τελική χρήση της ενέργειας. [35]. Ακόμα και στις πιο αναπτυγμένες χώρες, το ηλεκτρικό δίκτυο που χρησιμοποιείται σήμερα σχεδιάστηκε πάνω από 50 χρόνια πριν και έχει παλαιωθεί. Ένας τρόπος με τον οποίο μπορεί να αυξηθεί η αποδοτικότητα της παράγωγης ηλεκτρικής ενέργειας, να μειωθεί το αποτύπωμα άνθρακα, και να γίνει όλο το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας πιο αξιόπιστο και ασφαλές είναι με τον εκσυγχρονισμό αυτών των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Επί του παρόντος νέες τεχνολογίες αναπτύσσονται που θα επιτρέψουν το λεγόμενο έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο. Αν και δεν υπάρχει ένας σαφής ορισμός για τα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα, η ευρωπαϊκή τεχνολογική πλατφόρμα [36] τα ορίζει ως εξής: “Ένα έξυπνο δίκτυο είναι ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να ενσωματώσει έξυπνα τις ενέργειες όλων των χρηστών που είναι συνδεδεμένοι σε αυτό (παραγωγούς, καταναλωτές, και αυτούς που κάνουν και τα δυο) προκειμένου να μπορεί να παρέχει βιώσιμη, οικονομική, και ασφαλή ηλεκτρική

ενέργεια”. Αν και στοιχεία έξυπνης λειτουργίας υπάρχουν σε πολλά μέρη των παραδοσιακών ηλεκτρικών δικτύων, η κύρια διαφορά μεταξύ των παραδοσιακών δικτύων και των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων βρίσκεται στην ικανότητα του έξυπνου δικτύου να διαχειρίζεται μεγαλύτερα επίπεδα πολυπλοκότητας με αποτελεσματικό και αποδοτικό τρόπο. Πιο συγκεκριμένα το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο μπορεί να θεωρηθεί ως ένα ηλεκτρικό σύστημα που χρησιμοποιεί πληροφορίες, διαδικτυακά ασφαλείς αμφίδρομες τεχνολογίες επικοινωνίας, και υπολογιστική νοημοσύνη στην παραγωγή, την μετάδοση, τους υποσταθμούς, την διανομή καθώς και την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας για την επίτευξη ενός συστήματος που είναι καθαρό, ασφαλές, αξιόπιστο, ανθεκτικό, αποτελεσματικό, και βιώσιμο. Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα δομής ενός ιδανικού έξυπνου ηλεκτρικού δικτύου.



Σχήμα 5. Παράδειγμα δομής ενός ιδανικού έξυπνου ηλεκτρικού δικτύου. Πηγή: [37].

6.2.1. Χαρακτηριστικά των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων

Τα παρακάτω αντιπροσωπεύουν μια λίστα με τα προβλεπόμενα χαρακτηριστικά των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων:

- Αξιοπιστία

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο χρησιμοποιεί τεχνολογίες, όπως έξυπνους μετρητές και αισθητήρες για την εκτίμηση της κατάστασης του ηλεκτρικού συστήματος, οι οποίες βελτιώνουν την ανίχνευση σφαλμάτων και επιτρέπουν την αυτόματη θεραπεία του δικτύου χωρίς την παρέμβαση τεχνικών. Αυτό θα εξασφαλίσει μια αξιόπιστη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.

- Ευελιξία

Τα παραδοσιακά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας σχεδιάστηκαν για μονόδρομη ροή της ενέργειας, αλλά όταν ένα τοπικό υποδίκτυο παράγει περισσότερη ενέργεια από ότι καταναλώνει αντίστροφη ροή εμφανίζεται στο δίκτυο, το οποίο μπορεί να προκαλέσει ζητήματα ασφάλειας και αξιοπιστίας. Ένα έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο στοχεύει στην διαχείριση αυτών των καταστάσεων, καθώς η υποδομή μεταφοράς και διανομής στα έξυπνα δίκτυα θα είναι σε θέση να χειριστεί πιθανές αμφίδρομες ενεργειακές ροές. Αυτή η βελτιωμένη ευελιξία του έξυπνου ηλεκτρικού δικτύου επιτρέπει μεγαλύτερη διείσδυση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, ακόμη και χωρίς την προσθήκη υποδομής αποθήκευσης ενέργειας.

- Αποδοτικότητα

Πολλές συνεισφορές στην συνολική βελτίωση της απόδοσης της ενεργειακής υποδομής αναμένονται από την ανάπτυξη των τεχνολογιών έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων (Καλύτερη χρήση των γραμμών διανομής και μετάδοσης καθώς και των γεννητριών το οποίο οδηγεί σε χαμηλότερες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας) [38].

- Εξισορρόπηση του φορτίου

Το συνολικό φορτίο που είναι συνδεδεμένο στο ηλεκτρικό δίκτυο μπορεί να διαφέρει σημαντικά με την πάροδο του χρόνου. Ενώ παραδοσιακά οι στρατηγικές εξισορρόπησης του φορτίου είχαν σχεδιαστεί προκειμένου να αλλάζουν τα μοτίβα χρήσης της ενέργειας από τους καταναλωτές για να κάνουν την ζήτηση πιο ομοιόμορφη, οι εξελίξεις στην αποθήκευση ενέργειας και στην παραγωγή μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα παρέχουν ευκαιρίες για την ανάπτυξη ενός ισορροπημένου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς να επηρεάζεται η καταναλωτική συμπεριφορά των πελατών. Για παράδειγμα, η αποθήκευση ενέργειας κατά τις ώρες εκτός της αιχμής διευκολύνει την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας κατά την διάρκεια των ωρών αιχμής της ζήτησης.

- Υποστήριξη της απόκρισης ζήτησης

Όπως αναφέραμε και στο Κεφάλαιο 2, η απόκριση ζήτησης παρέχει στους καταναλωτές μια ευκαιρία να συμμετέχουν στις λειτουργίες του δικτύου καθώς μπορούν να μειώσουν

ή να μετατοπίσουν την χρήση ενέργειας τους κατά την διάρκεια περιόδων αιχμής της ζήτησης και να επωφεληθούν μέσω οικονομικών κινήτρων. Με την ανάπτυξη των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων και την βελτίωση των ροών δεδομένων, νέες προοπτικές εκσυγχρονισμού των τεχνολογιών και τεχνικών της απόκρισης ζήτησης προκύπτουν. Η καθυστέρηση στις ροές δεδομένων αποτελούσε μια μεγάλη πηγή ανησυχίας στα παραδοσιακά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, με κάποιες αρχικές αρχιτεκτονικές έξυπνων μετρητών να έχουν έως και 24 ώρες καθυστέρηση στην λήψη των δεδομένων, εμποδίζοντας έτσι την βέλτιστη εφαρμογή προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης [39].

6.2.2. Προκλήσεις των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων

Παρά το γεγονός ότι τα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα αποτελούν το μέλλον για τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχουν ακόμα αρκετές προκλήσεις που καθυστερούν την εφαρμογή τους. Οι προκλήσεις των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων διαχωρίζονται σε δυο κατηγορίες, τις τεχνικές προκλήσεις, και τις κοινωνικοοικονομικές προκλήσεις. Σε αυτό το υποκεφάλαιο συζητάμε αρχικά τις τεχνικές και έπειτα τις κοινωνικοοικονομικές προκλήσεις.

α. Τεχνικές προκλήσεις

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες από τις κύριες τεχνικές προκλήσεις που αποτελούν εμπόδιο στην εφαρμογή των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων:

- Έλλειψη εμπειρογνωμοσύνης

Τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας έχουν λειτουργήσει, σε γενικές γραμμές, με τον ίδιο τρόπο από την ημέρα που πρωτοεμφανίστηκαν. Οι εταιρίες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, και οι εταιρίες που έχουν την ευθύνη της διατήρησης και της λειτουργίας των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας δεν χρειάστηκε επομένως να προσαρμοστούν σε ένα μεταβαλλόμενο τοπίο στο οποίο εισάγεται η καινοτομία και η έξυπνη τεχνολογία. Αν και υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα από την εφαρμογή των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων, η έλλειψη εμπειρογνωμοσύνης σχετικά με αυτά μπορεί να αποτελέσει ένα εμπόδιο για την εφαρμογή τους.

- Νέος εξοπλισμός

Είναι απαραίτητο να διαχειριστεί η ενσωμάτωση νέου εξοπλισμού που έχει μικρότερη διάρκεια ζωής και μεγαλύτερα κόστη σε σχέση με παραδοσιακά στοιχεία του δικτύου.

Τρία έως πέντε χρόνια για καταναλωτικά ηλεκτρονικά και τηλεπικοινωνίες, σε σύγκριση με 40 έτη για γραμμές, καλώδια, και μετασχηματιστές.

- Ανησυχίες αποθήκευσης ενέργειας

Τα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα ενσωματώνουν ανανεώσιμες πηγές καθώς και κατανομημένη παραγωγή ενέργειας στο δίκτυο. Καθώς η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν είναι ομοιόμορφη (διαλείπουσα και μεταβλητή), αποθήκευση ενέργειας ενδέχεται να απαιτείται. Η μπαταρία, η πιο κοινή συσκευή αποθήκευσης, έχει πολύ μικρή διάρκεια ζωής 4-5 έτη, και οι άλλες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας όπως, οι σφόνδυλοι, η θερμική αποθήκευση, η αποθήκευση υδρογόνου, κ.λπ., έχουν τις δίκτες τους αντίστοιχες ανησυχίες [40].

- Διαχείριση των δεδομένων

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο τροφοδοτεί το δίκτυο ισχύος με έναν μεγάλο αριθμό μετρητών, αισθητήρων, και ελεγκτών. Τα δεδομένα από αυτές τις μονάδες αυξάνουν δραστικά τις ικανότητες των διαχειριστών συστήματος. Μέσω της ακριβούς ανάλυσης των δεδομένων μια κατάρρευση ή βλάβη θα μπορούσε να αποφευχθεί πριν από την εμφάνισή της. Επιπλέον αυτά τα μεγάλα δεδομένα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την λειτουργία του συστήματος, την πρόβλεψη της ζήτησης, την παραγωγή, κ.λπ. Τα ογκώδη δεδομένα από αυτές τις συσκευές δεν είναι μόνο δύσκολο να μαζευτούν και να αποθηκευτούν, αλλά δημιουργούν επίσης κρίσιμες προκλήσεις στην ανάκτηση καθώς και το χειρισμό. Η διαχείριση βάσεων δεδομένων αποτελεί ένα ζωτικής σημασίας ζήτημα στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας [40].

β. Κοινωνικοοικονομικές προκλήσεις

Ένα σενάριο που παίζει ζωτικό ρόλο στην εφαρμογή και επιτυχία οποιασδήποτε τεχνολογίας είναι το κοινωνικοοικονομικό. Η αποτυχία προσέλκυσης επενδυτών ή χρηστών, είναι ο κύριος λόγος αποτυχίας πιλοτικών έργων, απόρριψης νέας τεχνολογίας, κ.λπ. Πολλές φορές τέτοια ζητήματα μπορεί να προκύψουν ως αποτέλεσμα κάποιων οικονομικών και τεχνολογικών θεμάτων, και άλλες φορές η έλλειψη ενημέρωσης ανάμεσα στους ενδιαφερόμενους μπορεί να είναι ο λόγος εμφάνισης αυτών. Ακολουθεί μια αναφορά στα κύρια ζητήματα σε αυτό το θέμα:

- Ιδιωτικότητα

Η κύρια συνέπεια της εισαγωγής των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων είναι η δυνατότητα συσσώρευσης μιας μεγάλης ποσότητας δεδομένων από έξυπνες συσκευές. Η έλλειψη

επαγρύπνησης στο χειρισμό αυτών των δεδομένων παρουσιάζει ένα κίνδυνο στην ιδιωτικότητα των καταναλωτών. Η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα των πληροφοριών των καταναλωτών είναι ύψιστης σημασίας. Παραβίαση του απορρήτου των πληροφοριών των καταναλωτών μπορεί να προκύψει ως συνέπεια οποιασδήποτε διαδικτυακής απειλής ή έλλειψης κατάλληλης πολιτικής. Προκειμένου να διατηρηθεί η πίστη των καταναλωτών στα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα, το απόρρητο τους πρέπει να διατηρηθεί ανέπαφο μέσω διαδικτυακής ασφάλειας καθώς και αυστηρών κανονισμών [40].

- Δέσμευση των ενδιαφερόμενων

Η νέα τεχνολογία, οι υψηλές επενδύσεις κεφαλαίου, η έλλειψη ακριβών πληροφοριών, κ.λπ., οδηγεί σε αρνητική αντίληψη των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων από τους ενδιαφερόμενους, το οποίο είναι κάτι που μπορεί να εκτροχιάσει ακόμη και τα έργα έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων παρά τα πιθανά υψηλά οφέλη που προσφέρουν. Οι υποστηρικτές των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων πρέπει να προσδιορίσουν τα πλεονεκτήματα τους προκειμένου να αλλάξουν αυτήν την αρνητική αντίληψη από τους ενδιαφερόμενους [40].

- Θέματα ραδιοσυχνοτήτων και θέματα υγείας

Μερικοί καταναλωτές και ιατρικές ομάδες έχουν καταγράψει τις ανησυχίες τους σχετικά με τα σήματα ραδιοσυχνοτήτων που μεταδίδονται από τις συσκευές έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων και το αντίκτυπο τους στην υγεία. Ωστόσο δεν υπάρχουν διαθέσιμα ακριβή δεδομένα για το θέμα αυτό, είτε υπερ. είτε κατά αυτών των ισχυρισμών. Μια λεπτομερής έρευνα είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων [40].

6.3. Ενσωματωμένη απόκριση ζήτησης σε συστήματα πολλαπλών ενεργειών

Η βασική ιδέα των συστημάτων πολλαπλών ενεργειών φέρνει νέες πληροφορίες για την απόκριση ζήτησης. Η ενσωμάτωση της ηλεκτρικής ενέργειας, της θερμικής ενέργειας, του φυσικού αερίου, και άλλων μορφών ενέργειας επιτρέπει σε όλους τους ενεργειακούς χρήστες να είναι ενεργοί σε προγράμματα απόκρισης ζήτησης. Με την συμπληρωματικότητα των συστημάτων πολλαπλών ενεργειών, οι ενεργειακοί χρήστες, συμπεριλαμβανομένων φορτίων αναγκαστικής εκτέλεσης, μπορούν να συμμετέχουν ενεργητικά σε προγράμματα απόκρισης ζήτησης μετατρέποντας διάφορες μορφές ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια σε περιόδους αιχμής, αντί να αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια από το σύστημα ισχύος. Από την πλευρά του συστήματος ισχύος, οι χρήστες ενέργειας μειώνουν τις απαιτήσεις τους για ηλεκτρική ενέργεια σε περιόδους αιχμής. Από την πλευρά των

χρηστών, η ενεργειακή κατανάλωση τους δεν αλλάζει καθόλου, διατηρώντας την άνεση τους. Στα συστήματα πολλαπλών ενεργειών, η απόκριση ζήτησης γίνεται ένα κρίσιμο μέτρο για την βελτίωση της οικονομίας και της αξιοπιστία του συστήματος. Αυτό το νέο όραμα προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης ονομάζεται ενσωματωμένη απόκριση ζήτησης. Με την εφαρμογή των προγραμμάτων ενσωματωμένης απόκρισης ζήτησης, τα συστήματα πολλαπλών ενεργειών θα υποστηρίξουν το ένα το άλλο προκειμένου να δημιουργήσουν μια πιο οικονομική και αξιόπιστη οντότητα. Επιπλέον, η ικανότητα ανταπόκρισης των χρηστών μπορεί να αξιοποιηθεί πλήρως χωρίς απώλειες στην άνεση των ενεργειακών χρηστών. Τα συμβατικά προγράμματα απόκρισης ζήτησης επικεντρώνονται κυρίως στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι χρήστες ενέργειας ενθαρρύνονται να συμμετέχουν σε προγράμματα με βάση κίνητρα και με βάση τις τιμές. Όταν το σύστημα ισχύος κινδυνεύει, πληρωμές κινήτρων ή μειωμένες τιμές θα δίνονται στους ενεργειακούς χρήστες για προκαθορισμένες μειώσεις φορτίου. Οι χρήστες ενέργειας με φορτία που μπορούν να μεταβληθούν θα ανταποκρίνονται ενεργά στην αλλαγή τιμών σε πραγματικό χρόνο και θα μετατοπίζουν τις απαιτήσεις φορτίου μακριά από τις ώρες αιχμής. Αυτές οι επιλογές συνήθως συμπεριλαμβάνουν προσωρινή απώλεια άνεσης. Οι αλλαγές στην ενεργειακή καταναλωτική συμπεριφορά προκαλούν δυσαρέσκεια και ταλαιπωρία στους ενεργειακούς χρήστες. Επιπλέον, μόνο ένας φορέας ενέργειας, π.χ. ηλεκτρισμός, χρησιμοποιείται για την εφαρμογή προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης, το οποίο μπορεί να μην εφαρμόζεται για όλους τους χρήστες. Ακόμα και αν κάποια φορτία μπορούν να μεταβληθούν ή να περικόπτονται, η ικανότητα απόκρισης ζήτησης των χρηστών ενέργειας δεν μπορεί να εκμεταλλευτεί πλήρως μόνο μέσω της ηλεκτρικής ενέργειας [25]. Συνοψίζοντας, σε ένα πρόγραμμα ενσωματωμένης απόκρισης ζήτησης, οι χρήστες ενέργειας μπορούν όχι μόνο να μετατοπίσουν την ενεργειακή κατανάλωσή τους, αλλά επίσης να αλλάξουν την πηγή της καταναλωμένης ενέργειας. Ως εκ τούτου, όλοι οι χρήστες μπορούν να παρέχουν δυνατότητες απόκρισης ζήτησης στα συστήματα πολλαπλών ενεργειών.

6.3.1. Πλεονεκτήματα της ενσωματωμένης απόκρισης ζήτησης

Με την επέκταση των συστημάτων πολλαπλών ενεργειών στην πλευρά της ζήτησης, η ενσωματωμένη απόκριση ζήτησης θα σπάσει τα σύνορα μεταξύ του ηλεκτρισμού και των άλλων μορφών ενέργειας. Τα πλεονεκτήματα της ενσωματωμένης απόκρισης ζήτησης όσον αφορά την λειτουργία του συστήματος αναλύονται παρακάτω:

- Βελτίωση της οικονομικής αποδοτικότητας του ενεργειακού συστήματος.

Η ενσωματωμένη απόκριση ζήτησης επιτρέπει πολλούς τύπους ενέργειας να συμμετέχουν στην βελτιστοποίηση των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης, το οποίο οδηγεί σε ένα μεγαλύτερο περιθώριο βελτιστοποίησης. Αυτή η βελτιστοποίηση των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης μπορεί να μειώσει την ανάγκη για απαιτούμενες επενδύσεις στο ηλεκτρικό δίκτυο, καθώς και να βελτιώσει περαιτέρω τα πλεονεκτήματα που αυτά τα προγράμματα παρέχουν στους πελάτες [41].

- Βελτίωση της ασφάλειας του ενεργειακού συστήματος.

Με την μετατροπή μεταξύ των διάφορων τύπων ενέργειας, η ενσωματωμένη απόκριση ζήτησης μπορεί να μειώσει το φορτίο κρίσιμης αιχμής, να διατηρήσει την παροδική ισορροπία του συστήματος, να αυξήσει την κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και να βελτιώσει περαιτέρω την ασφάλεια του συστήματος [41].

- Εξόρυξη των δυνατοτήτων των πόρων απόκρισης ζήτησης

Η ενσωματωμένη απόκριση ζήτησης δίνει την δυνατότητα στους ενεργειακούς χρήστες να καταναλώνουν ενέργεια με πιο ευέλικτο τρόπο, καθώς και να χρησιμοποιούν πλήρως τις δυνατότητες των πόρων απόκρισης ζήτησης [25].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Διαχείριση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο

7.1 Απόκριση ζήτησης στην Ευρώπη

Δεν θα ήταν σωστό να μιλήσουμε για εναρμονισμένα σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) προγράμματα απόκρισης ζήτησης. Ορισμένες σχετικές πρωτοβουλίες υπάρχουν σχετικά με τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και ενεργειακά αποδοτικά συστήματα. Επιπλέον υπάρχουν πολυάριθμα προγράμματα απόκρισης ζήτησης και πρωτοβουλίες σε επίπεδο κρατών μελών, αλλά όχι μια ενιαία πρωτοβουλία απόκρισης ζήτησης για την αγορά στο σύνολο της. Μια εξήγηση για την απουσία πρωτοβουλιών απόκρισης ζήτησης στην ΕΕ είναι η έλλειψη μιας ενιαίας ενεργειακής ευρωπαϊκής αγοράς [42].

Με την τελική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα κύρια κράτη μέλη της ΕΕ να αυξάνεται κατά 2,1 % τα τελευταία χρόνια, επιπλέον μέτρα που αποσκοπούν στον εξορθολογισμό της χρήσης του ηλεκτρισμού φαίνονται απαραίτητα, εκτός από αυτά που υπάρχουν ήδη. Οι ανησυχίες γύρω από την αναμενόμενη αύξηση της ζήτησης έχουν τροφοδοτήσει πρόσφατα πολύ συζήτηση για την ασφάλεια του εφοδιασμού ενέργειας στην Ευρώπη. Ωστόσο από μια αυστηρή προοπτική της αγοράς, οι συνέπειες της αύξησης της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας έχουν μέχρι στιγμής μετριαστεί από την ακόμα θετική αναλογία εισαγωγής – εξαγωγής ενέργειας στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες. Η συνειδητοποίηση αυτών των συγκεντρωτικών αριθμητικών στοιχείων μπορεί να δικαιολογήσει την επιβραδυμένη παρέμβαση της ΕΕ όσον αφορά πρωτοβουλίες απόκρισης ζήτησης. Ταυτόχρονα μελέτες και προγράμματα πρόβλεψης έχουν ξεκινήσει προκειμένου να κατανοηθεί πλήρως η ενδεχόμενη τεχνική και οικονομική επίδραση της απόκρισης ζήτησης (Έξυπνα κιβώτια ενέργειας, Έξυπνες στρατηγικές ελέγχου κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος) [42].

Οι ευρείες οικονομικές και περιβαλλοντολογικές δυνατότητες της απόκρισης ζήτησης για την ΕΕ έχουν αξιολογηθεί σε μια πρόσφατη μελέτη [43]. Σύμφωνα με το σενάριο το οποίο έδωσε τα πιο μέτρια αποτελέσματα, το οποίο λαμβάνει υπόψη ότι η εφαρμογή συσκευών όπως οι έξυπνοι μετρητές στην Ευρώπη είναι αρκετά αργή, σε ολόκληρη την ΕΕ τα οφέλη της απόκρισης ζήτησης έως το 2020 θα ανέρχονται σε 202 TWh ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας, ετήσια μείωση κατά 100 εκατομμύρια τόνους CO₂, και δεκάδες δισεκατομμύρια

τόσο στην αποφυγή επενδύσεων (50 δισεκατομμύρια) όσο και στην ετήσια εξοικονόμηση στους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας για τους πελάτες (25 δισεκατομμύρια).

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι τιμές καθώς και η πρόβλεψη για το 2020 της εξοικονόμησης ενέργειας σε GW από την απόκριση ζήτησης στις χώρες της Ευρώπης που είναι μέλη του συνδικάτου για τον συντονισμό της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Πίνακας 3. Πρόβλεψη απόκρισης ζήτησης στις χώρες UCTE (Union for the coordination of the transmission of electricity) (GW)

Country	2008	2010	2013	2015	2020
Italy	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
France	3.60	3.00	3.00	3.00	3.00
Spain	2.00	2.30	2.50	2.70	3.00
Netherlands	1.00	1.00	1.10	1.25	1.50
Greece	0.40	0.60	0.80	1.00	1.30
Germany	0.20	0.30	0.40	0.50	0.05
Belgium	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Hungary	0.00	0.05	0.08	0.10	0.20
Montenegro	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05
Luxemburg	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
UCTE countries	11.45	11.50	12.15	12.82	13.32

Πηγή: [42].

7.1.1. Το υφιστάμενο κανονιστικό πλαίσιο για την διαχείριση ζήτησης της ενέργειας στην Ευρώπη

Τα τελευταία χρόνια, η Ευρωπαϊκή Ένωση δημιούργησε πολλές νομικά δεσμευτικές υποχρεώσεις για τα μέλη της όσον αφορά την διαχείριση ζήτησης της ενέργειας, οι περισσότερες από τις οποίες αναφέρονται παρακάτω.

α. Το 2020 Περιβαλλοντολογικό και Ενεργειακό πακέτο

Το 2007-2008, η ΕΕ υιοθέτησε ένα πλαίσιο για την μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου έως το 2020, τους λεγόμενους “στόχους 20-20-20”.

- Μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε όλη την Ευρώπη τουλάχιστον 20% κάτω από τα επίπεδα του 1990.
- Αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε ολόκληρη την ΕΕ στο 20% του σχετικού επιπέδου κατανάλωσης.

- Μείωση κατά 20% στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μέσω της ενεργειακής αποδοτικότητας.

Η οδηγία 2009/28/EC του συγκεκριμένου πακέτου θέτει εθνικούς στόχους όσον αφορά την παραγωγή μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Σημειώστε ότι, παρόλο που η συγκεκριμένη οδηγία δεν αναφέρει συγκεκριμένα την διαχείριση ζήτησης της ενέργειας, ενθαρρύνει όμως τα κράτη μέλη να λάβουν τα απαραίτητα μέτρα για να κάνουν το ηλεκτρικό δίκτυο πιο έξυπνο, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επί του παρόντος αναπτύσσεται ένα ολοκληρωμένο πολιτικό πλαίσιο για τις περιόδους έως το 2030 και ως το 2050. Αυτό το πλαίσιο περιέχει πρόσθετα μέτρα σχετικά με τις εκπομπές αέριων θερμοκηπίου, την παραγωγή μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την ενεργειακή αποδοτικότητα, τα δικαιώματα εκπομπών, και τον ανταγωνισμό και την ασφάλεια του εφοδιασμού της ενέργειας [44].

β. Το τρίτο ενεργειακό πακέτο

Αυτό το νομικό πακέτο κυκλοφόρησε το 2009. Στόχος του ήταν να ανοίξει περαιτέρω τις ευρωπαϊκές αγορές ενέργειας, με έμφαση στο διαχωρισμό της ιδιοκτησίας και στην δημιουργία εθνικών ρυθμιστικών αρχών (EPA). Δυο νομοθετικές πράξεις έχουν ιδιαίτερη σημασία:

- Η οδηγία 2009/72/EC: πρόταση κάποιων κοινών κανόνων για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.
- Κανονισμός 7/3/2009: ίδρυση του οργανισμού συνεργασίας των ρυθμιστικών αρχών ενέργειας (ACER).

Η οδηγία 2009/72/EC δεν προτείνει συγκεκριμένα την διαχείριση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, στο παράρτημα 1 παράγραφος 2 αυτού του νόμου υποχρεώνει όλα τα κράτη μέλη να πραγματοποιήσουν λανσάρισμα τουλάχιστον 80% των έξυπνων μετρητών έως το 2020, δεδομένης μιας θετικής μακροπρόθεσμης ανάλυσης κόστους - οφέλους. Αυτοί οι μετρητές μπορεί να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή της διαχείρισης ζήτησης και πιο συγκεκριμένα της απόκρισης ζήτησης [44].

γ. Η οδηγία ενεργειακής αποδοτικότητας

Στόχος της οδηγίας 2012/27/EU είναι η ανάπτυξη ενός κοινού συνόλου κανόνων και μέτρων για την προώθηση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Αυτή η οδηγία αναφέρει την σημασία της απόκρισης ζήτησης ως ένα όργανο για την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας.

Επιπλέον αναγνωρίζει ότι η απόκριση ζήτησης συμπεριλαμβάνει διαφορετικές υποκατηγορίες και αναφέρει συγκεκριμένα τους οικιακούς καταναλωτές σε αυτό το πλαίσιο. Επιπλέον σε αυτή την οδηγία ένας συσσωρευτής ορίζεται ως ένας πάροχος υπηρεσιών απόκρισης ζήτησης που συνδυάζει πολλαπλά φορτία μικρής διάρκειας για πώληση ή δημοπρασία σε μια οργανωμένη ενεργειακή αγορά [44].

7.2. Η περίπτωση της Ελλάδας

Ο ελληνικός ενεργειακός τομέας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό ακόμα από τα ορυκτά καύσιμα, τα περισσότερα από τα οποία είναι εισαγόμενα. Περίπου το 44% των ενεργειακών του απαιτήσεων καλύπτονται από προϊόντα πετρελαίου μόνο, σε σύγκριση με τον μέσο όρο 33,4 % σε επίπεδο ΕΕ. Αυτά τα προϊόντα πετρελαίου δεν χρησιμοποιούνται μόνο στον τομέα μεταφορών, αλλά μετατρέπονται επίσης σε σχετικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, τα μη διασυνδεδεμένα ελληνικά νησιά λαμβάνουν τον ηλεκτρισμό τους κυρίως από μη αποδοτικές και ακριβές γεννήτριες πετρελαίου. Συνολικά, το επιπλέον κόστος που έπρεπε να δαπανηθεί το 2016 εκτιμάται σε 720 εκ. ευρώ για την επιδότηση των τιμολογίων ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτές τις περιοχές. Το φυσικό αέριο, το οποίο πρέπει επίσης να εισαχθεί με σημαντικό κόστος, παίζει έναν αυξανόμενο ρόλο στην κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων της χώρας. Οι εγχώριες πηγές ενέργειας περιλαμβάνουν τον λιγνίτη, καθώς και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως υδροηλεκτρική ενέργεια, αιολική, ηλιακή ενέργεια και βιομάζα. Σχεδόν το 61% των πρωτογενών ενεργειακών αναγκών της Ελλάδας καλύπτονται μέσω εισαγωγών με το υπολειπόμενο 39% να καλύπτεται με εγχώριες ενεργειακές πηγές, κυρίως λιγνίτη (77%) και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (23%). Οι εισαγόμενες πηγές ενέργειας είναι κυρίως προϊόντα πετρελαίου που αντιπροσωπεύουν το 44% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης και φυσικό αέριο με μερίδιο περίπου 17%. Το 2016, ο βιομηχανικός τομέας κατανάλωσε το 19% της πρωτογενούς ενέργειας στην Ελλάδα, ενώ οι αντιπροσωπευτικοί αριθμοί για την κατανάλωση νοικοκυριών και μεταφορών ήταν 27% και 37% αντίστοιχα. Επιπλέον, οι εμπορικές και δημόσιες υπηρεσίες χρησιμοποίησαν το 13% της ενέργειας, και οι άλλοι τομείς της οικονομίας (συμπεριλαμβανομένης της γεωργίας, της δασοκομίας, και της αλιείας) κατανάλωσαν 4% της ενέργειας [45].

Στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια, οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας έχουν αυξηθεί απότομα, ως συνέπεια της κατάργησης των ανώτατων ορίων τιμών και της ελευθέρωσης της αγοράς. Αυτό έχει τονίσει περαιτέρω μια ήδη δύσκολη νομισματική κατάσταση. Λόγω της

έντονης ύφεσης, ο ελληνικός τομέας ηλεκτρικής ενέργειας χτυπήθηκε το 2012 από μια κρίση ρευστότητας. Αυτό δημιουργήθηκε από πολλούς παράγοντες, όπως απλήρωτους λογαριασμούς, μη βιώσιμα συστήματα στήριξης για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, εντάσεις ρευστότητας στο ελληνικό τραπεζικό σύστημα, και διαρθρωτικές ελλείψεις της ελληνικής ενεργειακής αγοράς. Τόσο ο κύριος έμπορος λιανικής πώλησης ενέργειας η ΔΕΗ όσο και η ανεξάρτητη εταιρία LAGIE SA είχαν συσσωρεύσει μην βιώσιμα χρέη. Αυτά χρειάστηκε να αναδιαρθρωθούν και για αυτό τον λόγο οι τιμές αυξήθηκαν έντονα τόσο για τους οικιακούς καταναλωτές όσο και για την βιομηχανία μεταξύ του 2012-13 [46].

Παρόλο που υπάρχουν αρκετές πολιτικές για την ενεργειακή αποδοτικότητα στην ελληνική βιομηχανία, συμπεριλαμβανομένων προγραμμάτων όπως η μετατόπιση επιχειρήσεων και βιομηχανικών πάρκων, η υποστήριξη για την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στις επιχειρήσεις, τις πράσινες επιχειρήσεις και άλλα. Η Ελλάδα έχει βαθμολογηθεί με 24% από την ΕΕ για την ύπαρξη χρηματοδοτικού μηχανισμού για ενεργειακή αποδοτικότητα στο κλάδο της βιομηχανίας, των νοικοκυριών, και των εμπορικών υπηρεσιών, το οποίο οφείλεται στην έλλειψη φορολογικών κινήτρων, ομόλογων πράσινης και ενεργειακής απόδοσης, συμφωνιών εξοικονόμησης ενέργειας και πιστώσεων των προμηθευτών για δραστηριότητες ενεργειακής αποδοτικότητας. Παράλληλα έρευνα στην απόκριση ζήτησης είναι περιορισμένη, πολύ θα λέγαν τελείως απύσχα, παρά το γεγονός ότι η χώρα θα μπορούσε να επωφεληθεί σε μεγάλο βαθμό από αυτή. Στην Ελλάδα, οι υπάρχον πολιτικές ενεργειακής αποδοτικότητας θα πρέπει να αναθεωρηθούν, και νέοι νόμοι για την ενεργειακή αποδοτικότητα και τη διαχείριση της ζήτησης θα πρέπει να θεσπιστούν. Δεν απαιτούνται μόνο πρόσθετα μέτρα και νόμοι, αλλά και περισσότερη συμμετοχή από την πλευρά των επιχειρήσεων χρειάζεται για την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και την ενσωμάτωση της διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας στην ελληνική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας [46].

7.3. Παραδείγματα εφαρμογής της διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας

Το συγκεκριμένο υποκεφάλαιο παρέχει μια επισκόπηση προγραμμάτων διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας που σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν με πολύ πετυχημένα αποτελέσματα σε διάφορες χώρες του κόσμου.

7.3.1. Ευρώπη

Τα τελευταία χρόνια, οι ευρωπαϊκές χώρες έχουν χρησιμοποιήσει διάφορες μορφές διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να διατηρήσουν την ισορροπία μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα εφαρμογής της διαχείρισης ζήτησης σε μερικές χώρες της Ευρώπης:

- Γαλλία: Energy Pool

Στην Γαλλία η Energy Pool είναι ένας συσσωρευτής που άρχισε να λειτουργεί το 2008. Οι πελάτες της είναι κυρίως μεγάλες βιομηχανίες (κέντρα δεδομένων, νοσοκομεία, ψυκτικές αποθήκες, εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού, ηλεκτρικά οχήματα, κ.λπ.) που είναι γεωγραφικά διεσπαρμένες σε ολόκληρη την χώρα. Η Energy Pool αναλαμβάνει την ευθύνη της βέλτιστης λήψης αποφάσεων όσον αφορά την απόκριση ζήτησης για τον βιομηχανικό χρήστη: ενσωματώνει την απόκριση ζήτησης στις κανονικές επιχειρηματικές διαδικασίες των πελατών της, και προσφέρει ευελιξία σε διαφορετικές αγορές. Οι πελάτες της Energy Pool λαμβάνουν συγκεκριμένες πληρωμές για την συμμετοχή τους σε προγράμματα διαχείρισης φορτίου. Η Energy Pool λειτουργεί πλέον εκτός από την Γαλλία, επίσης, στο Ηνωμένο Βασίλειο και το Βέλγιο και έχει συμβόλαια με τους διαχειριστές του συστήματος μεταφοράς σε αυτές τις χώρες [27].

- Η δυναμική δομή τιμολόγησης της Φιλανδίας

Στην Φιλανδία, οι καταναλωτές έχουν την επιλογή να διαλέξουν μια δυναμική δομή τιμολόγησης για την ηλεκτρική ενέργεια. Οι προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας της λιανικής αγοράς προσφέρουν δυναμική τιμολόγηση κατά επιλογή. Οι καταναλωτές που επιλέγουν μια δυναμική δομή τιμολόγησης πληρώνουν την ωριαία τιμή, το ασφάλιστρο του λιανοπωλητή, και μια μηνιαία σταθερή χρέωση στο πωλητή με τον οποίο επέλεξαν να συνάψουν συμβάσεις. Μέχρι το τέλος του 2017 περίπου το 9% (περίπου 340000) των καταναλωτών είχε επιλέξει αυτήν την δομή τιμολογίου [47]. Η συγκεκριμένη δομή τιμολόγησης επιτρέπει στους καταναλωτές να ελέγχουν τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε ώρα της επόμενης ημέρας από την ιστοσελίδα του επιλεγμένου προμηθευτή. Οι τιμές δημοσιεύονται με βάση το χρονοδιάγραμμα της άμεσης αγοράς. Η τιμή που πληρώνει ο πελάτης για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα εξαρτάται από το χρόνο κατανάλωσης. Φυσικά σε αυτήν την δομή τιμολόγησης μια ωριαία μέτρηση

της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας των καταναλωτών είναι απαραίτητη από τους προμηθευτές.

- Σουηδία: Απόκριση ζήτησης για αποσυμφόρηση του δικτύου

Η Σουηδία είναι μια από τις λίγες χώρες της Ευρώπης με 100% χρήση έξυπνων μετρητών. Ένα μέρος των πελατών του διαχειριστή του συστήματος διανομής που καλύπτει την επαρχιακή πόλη Sala και τα περίχωρα της, λαμβάνουν τιμολόγηση με βάση τον χρόνο χρήσης για την υπηρεσία διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά την διάρκεια εφαρμογής του προγράμματος, τα νοικοκυριά παρουσίασαν μια μέση μείωση της αιχμής ατομικής ζήτησης μεταξύ του 9.3% και 7.5%. Όταν θεωρήσουμε την αιχμή ζήτησης στο σύστημα διανομής, υπήρξε μια μέση μείωση μεταξύ 15.6% και 8.4%. Η συνολική μετατόπιση από ώρες αιχμής σε ώρες εκτός αιχμής ήταν μεταξύ 2,4 και 0.2 ώρες. Τέλος τα νοικοκυριά σημείωσαν μείωση από 14% έως 41% στα κόστη τους κατά την διάρκεια του έργου [27].

- Ολλανδία: Πρόγραμμα Energy Premium

Η πρωτοβουλία Energy Premium ιδρύθηκε στην Ολλανδία για την προώθηση της εφαρμογής υψηλά αποδοτικών τεχνολογιών στα νοικοκυριά μέσω εκπτώσεων για την αγορά τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας, και χρηματοδοτήθηκε από τον ενεργειακό φόρο. Μόνο 2 χρόνια μετά την ίδρυση του προγράμματος, πάνω από το ένα τρίτο των ολλανδικών νοικοκυριών είχαν υποβάλει αίτηση για εκπτώσεις για την αγορά τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας, κυρίως ενεργειακά αποδοτικών συσκευών. Πράγματι, η επιτυχία του προγράμματος αποδεικνύεται καλύτερα από την ταχεία ανάπτυξη της αγοράς συσκευών με σήμανση A (η μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση), καθώς το μερίδιο αγοράς των ψυγείων με σήμανση A αυξήθηκε από 26% το 1999 σε 67% το 2001, οι πωλήσεις αποδοτικών καταψυκτών αυξήθηκε από 29% σε 69%, τα πλυντήρια με σήμανση A διπλασιάστηκαν από 40% σε 88%, και οι πωλήσεις ενεργειακά αποδοτικών πλυντηρίων πιάτων αυξήθηκε από 27% σε 73% [9].

- Το πρόγραμμα “economy 7” της Μεγάλης Βρετανίας

Το “economy 7” είναι ένα παράδειγμα ενός προγράμματος τιμολόγησης βάσει του χρόνου χρήσης: συνήθως από 01:00 έως 08:00 το πρωί εφαρμόζονται φθηνότερα τιμολόγια, έτσι ώστε οι πελάτες που χρησιμοποιούν ηλεκτρικά φορτισμένες θερμαντικές συσκευές να μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες θέρμανσης τους με ηλεκτρική ενέργεια εκτός αιχμής. Για να συμμετέχουν σε αυτά τα προγράμματα οι πελάτες χρειάζονται ασύρματους μετρητές οι οποίοι εγκαθίστανται από τον διαχειριστή ή τον προμηθευτή του δικτύου διανομής τους. Αυτό το πρόγραμμα τιμολόγησης ήταν ιδιαίτερα

επιτυχημένο στο Ηνωμένο Βασίλειο ως συμπλήρωμα του προγράμματος πυρηνικής ενέργειας από την δεκαετία του 1960. Η απαίτηση για τις πυρηνικές γεννήτριες να λειτουργούν συνεχώς, προκάλεσε τον τότε κρατικό διαχειριστή συστήματος να ενθαρρύνει την μετατόπιση φορτίου προκειμένου να παρέχει υψηλότερο και σταθερό νυχτερινό βασικό φορτίο. Κάποιοι από τους μεγαλύτερους προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας του Ηνωμένου Βασιλείου έχουν πρόσφατα ξεκινήσει ξανά να διαφημίζουν τέτοιες ρυθμίσεις τιμολογίων, ψάχνοντας νέους πελάτες, ίσως σε προετοιμασία για την αναμενόμενη επέκταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των νέων επενδύσεων στην πυρηνική ενέργεια [42].

7.3.2. Ηνωμένες πολιτείες της Αμερικής

Η διαχείριση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας πρωτοεμφανίστηκε στις ΗΠΑ την δεκαετία του 1970. Μέχρι σήμερα ένας μεγάλος αριθμός προγραμμάτων ενεργειακής αποδοτικότητας και απόκρισης ζήτησης έχουν εφαρμοστεί. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά μερικά από αυτά:

- Νέα Υόρκη: Πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης της επόμενης ημέρας

Το πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης της επόμενης ημέρας της Νέας Υόρκης προσφέρει στους συμμετέχοντες την ευκαιρία να υποβάλουν προσφορά για την ικανότητα μείωσης του φορτίου τους στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας της πολιτείας της Νέας Υόρκης. Οι συμμετέχοντες υποβάλουν προσφορές έως τις 5:00 π.μ. καθορίζοντας τις ώρες καθώς και το ποσό της περικοπής φορτίου που προσφέρουν για την επόμενη μέρα, καθώς και την τιμή για την οποία είναι πρόθυμοι να μειώσουν το φορτίο τους. Η τιμή προσφοράς πρέπει να είναι 75\$/Mwh ή μεγαλύτερη. Αυτές οι προσφορές μείωσης φορτίου ανταγωνίζονται στην χονδρική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας με τις προσφορές των γεννητριών για την κάλυψη της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Εάν η προσφορά μείωσης φορτίου είναι μια λιγότερο δαπανηρή εναλλακτική από την προσφορά μιας γεννήτριας, τότε γίνεται αποδεκτή και ο πλειοδότης προγραμματίζεται να μειώσει το φορτίο κατά τις ώρες που καθορίζονται για την επόμενη μέρα. Οι πελάτες που συμφωνούν να συμμετάσχουν στο πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης της επόμενης μέρας εγγράφονται με τρεις τρόπους: μέσω ενός φορέα εξυπηρέτησης φορτίου (π.χ. λιανοπωλητής ηλεκτρικής ενέργειας), μέσω του φορέα που αυτήν την στιγμή εξυπηρετεί το φορτίο του πελάτη, ή απευθείας ως άμεσος πελάτης του ανεξάρτητου διαχειριστή συστήματος της Νέας Υόρκης (ελάχιστη προσφορά 1MW) [48].

- Πρόγραμμα αντίστροφης απόκρισης ζήτησης στην Αριζόνα – Μείωση της περικοπής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Η Arizona Public Service Electric, ένας προμηθευτής ηλεκτρικής ενέργειας στις ΗΠΑ, βιώνει αιχμές ζήτησης το καλοκαίρι και ήπιες θερμοκρασίες με χαμηλότερη ζήτηση τις υπόλοιπες τρεις εποχές. Καθώς οι θερμοκρασίες αυξάνονται τους καλοκαιρινούς μήνες, τα κλιματιστικά αντιπροσωπεύουν το κύριο φορτίο, το οποίο ταιριάζει με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά. Ωστόσο, με πιο ήπιες θερμοκρασίες κατά την διάρκεια των υπόλοιπων εννέα μηνών του έτους, ο προμηθευτής διαθέτει πλεονάζουσα φωτοβολταϊκή ηλεκτρική ενέργεια που συχνά παραμένει αχρησιμοποίητη. Μια στρατηγική χρειαζόταν για την μετατόπιση του φορτίου σε καθημερινή βάση για την απορρόφηση της πλεονάζουσας παραγωγής από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο δίκτυο. Η Arizona Public Service Electric πρότεινε ένα νέο πρόγραμμα, αντί να περιορίσει την παραγωγή ανανεώσιμων πηγών, η εταιρία θα πληρώνει πελάτες να χρησιμοποιούν αυτή την ενέργεια προκειμένου να διατηρήσουν τις ανανεώσιμες πηγές ζωντανές και να εξομαλύνουν την καμπύλη φορτίου. Αυτό θα είναι παρόμοιο με την μετατόπιση φορτίου, αλλά επειδή είναι λιγότερο προβλέψιμο, λόγω της διακοπτόμενης διάρκειας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το πρόγραμμα αφορά ειδικά τα μη απαραίτητα φορτία των καταναλωτών. Το σχέδιο της εταιρίας περιλαμβάνει κίνητρα για έξυπνους θερμοστάτες, υποδομή φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, αποθήκευση ενέργειας, και χρονόμετρα θέρμανσης νερού [47].

- Ανεξάρτητος διαχειριστής συστήματος της Νέας Αγγλίας – προγράμματα απόκρισης ζήτησης

Τα προγράμματα αυτά καθιερώθηκαν το 2003 και περιλαμβάνουν τις πολιτείες του Vermont, New Hampshire, Connecticut, Maine, Massachusetts, και Rhode island στις ΗΠΑ. Οι εμπορικοί και βιομηχανικοί χρήστες ηλεκτρικής ενέργειας στην Νέα Αγγλία μπορούν να λάβουν πληρωμές αν μειώσουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τους ή λειτουργούν τις δικές τους εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας: όταν η αξιοπιστία του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας της περιοχής είναι στρεσαρισμένη, ή σε απάντηση στις υψηλές τιμές πραγματικού χρόνου στην χονδρική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Οι συμμετέχοντες σε αυτά τα προγράμματα αποτελούν έναν σημαντικό πόρο για την Νέα Αγγλία. Συμβάλουν στην διασφάλιση της αξιοπιστίας του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, μειώνουν την αστάθεια των τιμών, και μειώνουν την ατμοσφαιρική ρύπανση επιτρέποντας σε παλαιότερους, λιγότερο αποδοτικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας να λειτουργούν λιγότερο συχνά. Οι πελάτες ηλεκτρικής ενέργειας

που συμμετέχουν στα προγράμματα απόκρισης ζήτησης του ανεξάρτητου διαχειριστή συστήματος της Νέας Αγγλίας μπορούν να συμβάλουν στην μείωση της ζήτησης με διάφορους τρόπους: απενεργοποιώντας τα μη απαραίτητα φώτα και τον εξοπλισμό γραφείου, ρυθμίζοντας τις θερμοκρασίες του κλιματιστικού, της ψύξης, και του θερμοσίφωνα, καθυστερώντας ή μειώνοντας τις διαδικασίες παραγωγής, λειτουργώντας τοπικές γεννήτριες, και χρησιμοποιώντας ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας. Οι πελάτες που επιθυμούν να συμμετέχουν σε ένα πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης μπορούν να το κάνουν μέσω μιας τοπικής εταιρίας διανομής, ενός πάροχου υπηρεσιών απόκρισης ζήτησης, ή μέσω ενός ανταγωνιστικού προμηθευτή ενέργειας [48].

- Πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης έκτακτης ανάγκης της Νέας Υόρκης

Το πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης έκτακτης ανάγκης πληρώνει τους συμμετέχοντες να μειώσουν το φορτίο τους κατά την διάρκεια συγκεκριμένων ωρών όταν η ηλεκτρική υπηρεσία στην πολιτεία της Νέας Υόρκης μπορεί να διακινδυνεύει. Κατά την διάρκεια αυτών των γεγονότων οι συμμετέχοντες αναμένονται, αν και δεν είναι υποχρεωμένοι, είτε να μειώσουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τους, ή να μεταφέρουν το φορτίο τους σε μια τοπική γεννήτρια για τουλάχιστον τέσσερις ώρες. Οι πελάτες που συμφωνούν να συμμετέχουν στο πρόγραμμα εγγράφονται μέσω ενός από τους τέσσερις τύπους πάροχων υπηρεσιών περικοπής φορτίου: μέσω ενός φορέα που εξυπηρετεί το φορτίο, μέσω ενός συσσωρευτή πελατών περικοπής φορτίου που είναι εγκεκριμένοι από τον ανεξάρτητο διαχειριστή συστήματος της Νέας Υόρκης, απευθείας ως πελάτης του διαχειριστή συστήματος, ή απευθείας ως πελάτης τελικής χρήσης προγράμματος εγκεκριμένου από τον διαχειριστή [48]. Οι πάροχοι υπηρεσιών πρέπει να είναι σε θέση να παρέχουν μείωση φορτίου τουλάχιστον 100 KW ανά ζώνη και να μπορούν να ανταποκρίνονται εντός δυο ωρών από την ειδοποίηση έκτακτης ανάγκης. Ο διαχειριστής συστήματος πραγματοποιεί πληρωμές για απόδοση σε προγράμματα απόκρισης ζήτησης απευθείας στους πάροχους υπηρεσιών περικοπής φορτίων. Οι ρυθμίσεις για την πληρωμή πελατών λιανικής αγοράς ποικίλουν μεταξύ των πάροχων. Καθώς αυτό το πρόγραμμα είναι αυστηρά εθελοντικό, δεν υπάρχει υποχρέωση μείωσης του φορτίου όταν δηλώνεται ένα επείγον συμβάν. Ομοίως, δεν υπάρχει ποινή για μη εκτέλεση.

- Καλιφόρνια: Κρίση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας του 2001

Το 2001, ως αντίδραση σε μια άνευ προηγουμένου κρίση στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, η Καλιφόρνια απάντησε με μια σειρά πρωτοβουλιών στην πλευρά της ζήτησης που ήταν πραγματικά αξιοσημείωτες. Αυτές οι πρωτοβουλίες περιλάμβαναν σημαντική πρόσθετη χρηματοδότηση για ενεργειακά αποδοτικά προγράμματα και την

ανάπτυξη μιας σημαντικής εκστρατείας ενημέρωσης για την προώθηση της εξοικονόμησης ενέργειας. Συνολικά, εγκριθήκαν περισσότερο από 1,3 δισεκατομμύρια δολάρια σε χρηματοδότηση για πρωτοβουλίες μείωσης της ζήτησης, το οποίο αντιπροσωπεύει μια αύξηση 250% σε σχέση με το 2000. Συγκεκριμένα το ποσό χρηματοδότησης που δόθηκε για την ενεργειακή αποδοτικότητα ήταν απαράμιλλο στην ιστορία των ΗΠΑ. Το σύνολο αυτής της προσπάθειας ήταν εξαιρετικά επιτυχημένο. Το 2001 η Καλιφόρνια παρατήρησε μέση μείωση 10% στην αιχμή ζήτησης κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών (με ρεκόρ μείωση 14% τον Ιούνιο), καθώς και 6.7% μείωση στην συνολική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές οι προσπάθειες ενεργειακής αποδοτικότητας και εξοικονόμησης ενέργειας μείωσαν την μέγιστη ζήτηση κατά 5,500 MW, το οποίο είναι περισσότερο από το συνολικό αρχικό προβλεπόμενο έλλειμμα. Ίσως το πιο ουσιαστικό αποτέλεσμα από όλα ήταν το γεγονός ότι η Καλιφόρνια δεν αντιμετώπισε περιστατικά διακοπής ρεύματος για το σύνολο του καλοκαιριού καθώς και ολόκληρο το 2001 [9].

7.3.3. Διάφορες χώρες

Εκτός από τις ΗΠΑ και την Ευρώπη, η διαχείριση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας έχει βρει αποδοχή και σε άλλες χώρες του κόσμου. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα εφαρμογής επιτυχημένων προγραμμάτων διαχείρισης ζήτησης σε διάφορες χώρες του κόσμου:

- Πρωτοβουλία επίδειξης των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων της EPRI

Η πρωτοβουλία επίδειξης των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων της EPRI είναι μια συνεργατική ερευνητική προσπάθεια που περιλαμβάνει 24 εταιρίες κοινής ωφέλειας από την Αυστραλία, Καναδά, Γαλλία, Ιρλανδία, Ιαπωνία και τις ΗΠΑ. Το επίκεντρο της πρωτοβουλίας είναι ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη, και η αξιολόγηση τρόπων ενσωμάτωσης καταναμημένων ενεργειακών πόρων στο ηλεκτρικό δίκτυο και στις λειτουργίες της αγοράς. Ο στόχος της συλλογικής προσπάθειας είναι να προωθήσει τις επενδύσεις έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων και να μοιραστεί έρευνα με τεχνολογίες και εφαρμογές έξυπνου ηλεκτρικού δικτύου. Κάθε έργο που αναλαμβάνεται από ένα μέλος της πρωτοβουλίας συμβάλει στην συλλογική γνώση. Η πρωτοβουλία μελετά την ενσωμάτωση στο δίκτυο οκτώ διαφορετικών τύπων τεχνολογιών καταναμημένων ενεργειακών πόρων: τεχνολογίες απόκρισης ζήτησης, ηλεκτρικά οχήματα, αποθήκευση θερμικής ενέργειας, ηλεκτρική αποθήκευση, ηλιακά φωτοβολταϊκά, αιολική παραγωγή,

μείωση τάσης, και κατανεμημένη παραγωγή [49]. Με την πρωτοβουλία να εξελίσσεται με την πάροδο των ετών, πολλά έργα που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα ερευνητικών ερωτημάτων έχουν ολοκληρωθεί ή βρίσκονται σε εξέλιξη. Η EPRI και τα μέλη της πρωτοβουλίας έχουν δημιουργήσει εκατοντάδες αναφορές και μελέτες που περιγράφουν τα αποτελέσματα (βλ. [50]).

- Flex Power Play-Οικιακός αυτοματισμός στην Αυστραλία για ηλιακή αυτοκατανάλωση
Η Flex Power Play, μια ενεργειακή πλατφόρμα έξυπνων σπιτιών που ξεκίνησε το 2017 στην Αυστραλία αποτελείται από τρία στοιχεία: φωτοβολταϊκά πάνελ, μια οικιακή μπαταρία, και ένα σύστημα παρακολούθησης. Η πλατφόρμα διαθέτει μια ενεργειακή εφαρμογή που επιτρέπει στους χρήστες να κάνουν εναλλαγή μεταξύ συσκευών και να ελέγχουν αυτόματα τα φορτία ισχύος, βοηθώντας τον έλεγχο της ενέργειας και του κόστους της. Οι λύσεις βελτιστοποίησης όπως αυτές αξιοποιούν στο έπακρο το ηλιακό σύστημα των πελατών, και μειώνουν τους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας. Οι χρήστες μπορούν να παρακολουθούν την παραγωγή ενέργειας τους και να την χρησιμοποιούν σε πραγματικό χρόνο σε smartphone, laptop, και tablet. Η Power Play λειτουργώντας με συσκευές έξυπνης λειτουργίας, μπορεί να προγραμματίσει να ανάβουν τα φώτα όταν πέφτει το σκοτάδι και να σβήνουν ξανά όταν επιστρέφει το φως της ημέρας. Οι χρήστες μπορούν επίσης να ελέγχουν εξ' αποστάσεως το κλιματιστικό, την τηλεόραση και τα συστήματα ήχου. Η πλατφόρμα δεν δείχνει μόνο την ακριβή ποσότητα παραγωγής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο, αλλά επιτρέπει επίσης στους καταναλωτές να βελτιστοποιούν αυτόματα την κατανάλωση τους [47].
- Το βασικό ενεργειακό σχέδιο της Ιαπωνίας μέχρι το 2030
Το Ιαπωνικό υπουργικό συμβούλιο ενέκρινε την 5^η έκδοση του βασικού ενεργειακού σχεδίου της χώρας που θα τεθεί σε ισχύ έως το 2030. Το σχέδιο περιγράφει τις κύριες πολιτικές όσον αφορά την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας. Οι κύριοι στόχοι αυτού του έργου είναι η ασφάλεια, η ενεργειακή προστασία, η οικονομική αποδοτικότητα, καθώς και η απόπειρα απομάκρυνσης από τα ορυκτά καύσιμα (μείωση κατά 26% των αερίων του θερμοκηπίου έως το 2030). Όσον αφορά τις πολιτικές του σχεδίου, η κυβέρνηση σχεδιάζει: να παράγει το 22-24% των ενεργειακών αναγκών της από ανανεώσιμες πηγές, να μειώσει την εξάρτηση από την πυρηνική ενέργεια από 25% πριν το 2011 σε 20-22% το 2030, να μειώσει την ενέργεια που παράγεται από ορυκτά καύσιμα από 65% πριν από το 2011 σε 56% το 2030, να λάβει περαιτέρω μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας για να αυξήσει την πραγματική ενεργειακή αποδοτικότητα

κατά 35%, και τέλος να προωθήσει την αποθήκευση υδρογόνου/ ενέργειας καθώς και τα αποκεντρωμένα ενεργειακά συστήματα.

- Το επιτυχημένο πρόγραμμα διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας της Ταϊλάνδης

Η Ταϊλάνδη έχει αναγνωριστεί διεθνώς για την επιτυχία της στο σχεδιασμό προγραμμάτων διαχείρισης ζήτησης της ενέργειας που ταιριάζουν μέσα στο ασιατικό πλαίσιο. Το 1993 η Ταϊλάνδη ξεκίνησε ένα πρόγραμμα διαχείρισης ζήτησης ύψους 189\$ εκατομμυρίων για να περιορίσει την αύξηση της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας και να προωθήσει περισσότερο ενεργειακά αποδοτικό εξοπλισμό και οικονομικά αποδοτικές ενεργειακές υπηρεσίες. Το πρόγραμμα χρηματοδοτήθηκε πρωτίστως μέσω αυτόματου μηχανισμού τιμολόγησης/ ρήτρας προσαρμογής καυσίμων, με προσθετή χρηματοδότηση από την παγκόσμια περιβαλλοντολογική οντότητα. Το πρόγραμμα ήταν σε μεγάλο βαθμό επιτυχημένο και υπερέβη ουσιαστικά τους αρχικούς του στόχους μείωσης του φορτίου αιχμής και εξοικονόμησης ενέργειας. Από το 1993 έως το 2000, το πρόγραμμα κατάφερε να μειώσει το μέγιστο φορτίο κατά ένα σύνολο 556 MW. Η αθροιστική εξοικονόμηση ενέργειας ήταν 3.140 Gwh, αντιπροσωπεύοντας περισσότερο από το διπλάσιο των αρχικών στόχων του προγράμματος εξοικονόμησης ενέργειας. Το πρόγραμμα επίσης μείωσε τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 2,32 εκατομμύρια τόνους ετησίως [51].

- Μεξικό: Εθνική επιτροπή εξοικονόμησης ενέργειας

Η εθνική επιτροπή εξοικονόμησης ενέργειας είναι ένα αποκεντρωμένο δημόσιο όργανο της γραμματείας ενέργειας του Μεξικού, με τεχνική και λειτουργική αυτονομία που δημιουργήθηκε το 1989. Έχει επικεντρώσει τις προσπάθειες της στις δραστηριότητες τυποποίησης, οι οποίες αντιστοιχούν στην καθιέρωση αναγκαίων επίσημων προτύπων στο Μεξικό για την ενεργειακή αποδοτικότητα, την τεχνική βοήθεια, την απάντηση σε τεχνικά ερωτήματα, την προώθηση τεχνολογικών εναλλακτικών που σχετίζονται με την εξοικονόμηση ενέργειας, την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την ανάπτυξη προγραμμάτων. Τα προγράμματα που αναπτυχθήκαν από την εθνική επιτροπή για την εξοικονόμηση ενέργειας το 2005 περιλαμβάνουν προγράμματα έξι τομέων (ομοσπονδιακή δημόσια διοίκηση, κρατικές εταιρίες, πολιτείες και δήμοι, μεγάλες ιδιωτικές εταιρίες, μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, και ο κοινωνικός τομέας) και τρία θεματικά προγράμματα (τυποποίηση, μεταφορά, και καταναλωμένη παραγωγή). Τα κύρια αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν από την εθνική επιτροπή εξοικονόμησης ενέργειας από την δημιουργία της, λόγω της μείωσης της ζήτησης μέσω συγκεκριμένων προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας είναι, η μείωση της κατανάλωσης σε 14.450

Gwh, περισσότερα από 2.560 MW αναβαλλόμενης ζήτησης, και η μείωση της κατανάλωσης καυσίμων σε 9,3 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου, κάτι που ισοδυναμεί με την αποφυγή της ατμοσφαιρικής εκπομπής 13,2 εκατομμυρίων τόνων αέριων θερμοκηπίου [9].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Συμπεράσματα

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1970, οικονομικοί, πολιτικοί, κοινωνικοί, και τεχνολογικοί παράγοντες έχουν συνδυαστεί για να αλλάξουν το λειτουργικό περιβάλλον της ενεργειακής βιομηχανίας και τις προοπτικές της για το μέλλον. Πολλές επιχειρήσεις αντιμετωπίζουν συγκλονιστικές κεφαλαιακές απαιτήσεις για νέες εγκαταστάσεις, σημαντικές διακυμάνσεις στην ζήτηση και τους ρυθμούς αύξησης της ενέργειας, μείωση οικονομικών επιδόσεων, και την όλο και αυξανόμενη ανησυχία των καταναλωτών για την αύξηση των τιμών καθώς και το περιβάλλον. Παρόλο που η διαχείριση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας δεν αποτελεί λύση για όλες αυτές τις δυσκολίες, παρέχει όμως πολλές πρόσθετες εναλλακτικές λύσεις που έχουν άπειρα οφέλη μη ενεργειακής φύσης, καθώς και πιο εμφανή οφέλη που σχετίζονται με την ενέργεια. Επειδή τα πλεονεκτήματα της διαχείρισης ζήτησης είναι εμφανή, υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω συνοχή μεταξύ των σχεδιαστών και των υπευθύνων για την λήψη αποφάσεων, καθώς και ένας πιο ενεργός ρόλος για τις κυβερνήσεις να δημιουργήσουν πρωτοβουλίες και πολιτικές που να ενθαρρύνουν την ευρεία εφαρμογή των στρατηγικών διαχείρισης ζήτησης. Σε αυτό το σημείο είναι σχετικό να αναφέρουμε ότι το παγκόσμιο συμβούλιο ενέργειας, παρέχει ένα πολύ καλό οδηγό για την εμφάνιση αποτελεσματικών προγραμμάτων διαχείρισης ζήτησης [9], ο οποίος πρέπει να ακολουθείται από τις ενδιαφερόμενες χώρες και μπορεί να παρουσιαστεί σε μια σταδιακή μορφή που περιλαμβάνει:

- Δημιουργία επίγνωσης της σχετικότητας και των πλεονεκτημάτων της διαχείρισης ζήτησης μεταξύ όλων των παραγόντων του ενεργειακού τομέα.
- Πολιτική δέσμευση.
- Ίδρυση μιας εθνικής οντότητας υπεύθυνη για την ενεργειακή αποδοτικότητα.
- Καθιέρωση σαφών και μετρήσιμων στόχων.
- Καθορισμό μιας στρατηγικής για την επίτευξη των εθνικών στόχων της ενδιαφερομένης χώρας.
- Ανάπτυξη σχεδίου εφαρμογής
- Παρακολούθηση, επανεξέταση, και αξιολόγηση των προγραμμάτων εφαρμογής της διαχείρισης ζήτησης και των στόχων.
- Συνεχής βελτίωση.

Εν κατακλείδι, σημειώνουμε ότι η διαχείριση ζήτησης της ενέργειας δεν είναι από μόνη της ένας στόχος, αλλά ένα πιθανώς αποτελεσματικό και βιώσιμο εργαλείο για συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας με αυξανόμενες ανάγκες για ευελιξία, και καθώς η διαχείριση ζήτησης κινείται από μεμονωμένη χρήση (μεγάλοι βιομηχανικοί πελάτες που καλούνται μέσω τηλεφώνου για μείωση φορτίου), και τον παραδοσιακό έλεγχο του συστήματος, προς μια ευρεία, επιλεκτική, και έξυπνη χρήση πόρων ζήτησης, αρκετά έργα που ξεκινούν αυτή την στιγμή ή ήδη εφαρμόζονται όπως συζητήσαμε στο Κεφάλαιο 7, δείχνουν ότι υπάρχει μια ενεργός ερευνητική κοινότητα σε αυτόν τον τομέα και ότι η βιομηχανία εφαρμόζει ήδη τα ερευνητικά της αποτελέσματα στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.

Βιβλιογραφία

- [1] G. Strbac, «Demand side management: Benefits and challenges,» *Energy Policy*, τόμ. 36, αρ. 12, pp. 4419-4426, Δεκέμβριος 2008.
- [2] S. Saini, «Conservation v. generation: The significance of Demand-Side Management (DSM), its tools and techniques,» *Refocus*, τόμ. 5, αρ. 3, pp. 52-54, Μαΐος-Ιούνιος 2004.
- [3] L. Gelazanskas και K. A. Gamage, «Demand side management in smart grid: A review and proposals for future direction,» *Sustainable Cities and Society*, τόμ. 11, pp. 22-30, Φεβρουάριος 2014.
- [4] I. Lampropoulos, W. L. Kling, P. F. Ribeiro και J. van den Berg, «History of demand side management and classification of demand response control schemes,» σε *2013 IEEE Power & Energy Society General Meeting*, Vancouver, BC, 2013.
- [5] C. W. Gellings, «The concept of demand-side management for electric utilities,» in *Proceedings of the IEEE*, τόμ. 73, αρ. 10, pp. 1468-1470, Οκτώβριος 1985.
- [6] L. Bhamidi, A. Sadhukhan και S. Sivasubramani, «Multi-objective optimization for demand side management in a smart grid environment - Scientific Figure on ResearchGate,» σε *2017 7th International Conference on Power Systems (ICPS)*, 2017.
- [7] A. N. Al-enezi, *Demand Side Management (DSM) For Efficient Use of Energy in the Residential Sector in Kuwait: Analysis of Options and Priorities*, Leicester: Institute of Energy and Sustainable Development, De Montfort University, 2010.
- [8] D. Javor και A. Janjic, «Application of Demand Side Management Techniques in Successive Optimization Procedures,» *COMMUNICATIONS IN DEPENDABILITY AND QUALITY MANAGEMENT An International Journal*, τόμ. 19, αρ. 4, pp. 40-51, Ιανουάριος 2016.
- [9] F. Boshell και O. P. Veloza, «Review of developed demand side management programs including different concepts and their results,» σε *2008 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America*, Bogota, 2008.

- [10] V. Trivedi και N. Bhatt, «A Review on Energy Conservation in Manufacturing industry,» σε *2018 International Conference on Current Trends towards Converging Technologies (ICCTCT)*, Coimbatore, 2018.
- [11] S. A. Korpela, «Oil depletion in the world,» *Current science*, τόμ. 91, Νοέμβριος 2006.
- [12] D. Stern, «Economic Growth and Energy,» σε *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, Elsevier, 2016, pp. 35-51.
- [13] D. Li, W. Y. Chiu και H. Sun, «Chapter 7 - Demand Side Management in Microgrid Control Systems,» σε *Microgrid*, M. S. Mahmoud, Επιμ., Butterworth-Heinemann, 2017, pp. 203-230.
- [14] M. M. Eissa, «Demand side management program evaluation based on industrial and commercial field data,» *Energy Policy*, τόμ. 39, αρ. 10, pp. 5961-5969, Οκτώβριος 2011.
- [15] A. R. Jordehi, «Optimisation of demand response in electric power systems, a review,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, τόμ. 103, pp. 308-319, Απρίλιος 2019.
- [16] C. Chen, J. Wang και S. Kishore, «A Distributed Direct Load Control Approach for Large-Scale Residential Demand Response,» *IEEE Transactions on Power Systems*, τόμ. 29, αρ. 5, pp. 2219-2228, Σεπτέμβριος 2014.
- [17] S. Mohajeryami, P. M. Schwarz και P. T. Baboli, «Including the Behavioral Aspects of Customers in Demand Response Model: Real Time Pricing Versus Peak Time Rebate,» *North American Power Synopsium (NAPS)*, pp. 1-6, 2015.
- [18] R. Aazami, S. Daniar και V. Talaeizadeh, «Emergency demand response program modeling on power system reliability evaluation,» *INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING*, τόμ. 23, αρ. 4, pp. 151-157, Αύγουστος 2016.
- [19] H. A. Aalami, M. P. Moghaddam και G. R. Yousefi, «Demand response modeling considering Interruptible/Curtailable loads and capacity market programs,» *Applied Energy*, τόμ. 87, αρ. 1, pp. 243-250, Ιανουάριος 2010.
- [20] I. E. Agency, *The Power to Choose: Demand Response in Liberalised Electricity Markets*, OECD Publishing: Paris, 2003.

- [21] J. S. MacDonald, P. Cappers, D. S. Callaway και S. Kiliccote, «Demand Response Providing Ancillary Services A Comparison of Opportunities and Challenges in the US Wholesale Markets,» σε *Grid-Interop 2012*, Irving, TX, 2012.
- [22] L. S. Belyaev, *Electricity Market Reforms: Economics and Policy Challenges*, New York: Springer-Verlag, 2011.
- [23] A. Ferrari και M. Giulietti, «Competition in electricity markets: international experience and the case of Italy,» *Utilities Policy*, τόμ. 13, αρ. 3, pp. 247-255, Σεπτέμβριος 2005.
- [24] S. Koch, «Chapter 2 - Assessment of Revenue Potentials of Ancillary Service Provision by Flexible Unit Portfolios,» σε *Energy Storage for Smart Grids: Planning and Operation for Renewable and Variable Energy Resources (VERs)*, P. Du και N. Lu, Επιμ., Academic Press, 2015, pp. 35-66.
- [25] P. Du, N. Lu και H. Zhang, *Demand Response in Smart Grids*, Switzerland: Springer International Publishing, 2019.
- [26] M. H. Albadi και E. F. El-Saadany, «A summary of demand response in electricity markets,» *Electric Power Systems Research*, τόμ. 78, αρ. 11, pp. 1989-1996, Νοέμβριος 2008.
- [27] C. Eid, E. Koliou, M. Valles, J. Reneses και R. Hakvoort, «Time-based pricing and electricity demand response: Existing barriers and next steps,» *Utilities Policy*, τόμ. 40, pp. 15-25, Ιούνιος 2016.
- [28] A. Clark, «Demand-side management investment in South Africa: barriers and possible solutions for new power sector contexts,» *Energy for Sustainable Development*, τόμ. 4, αρ. 4, pp. 27-35, Δεκέμβριος 2000.
- [29] Z. Baharlouei και M. Hashemi, «Demand Side Management challenges in smart grid: A review,» σε *2013 Smart Grid Conference (SGC)*, Tehran, 2013.
- [30] I. M. Chatzigeorgiou, D. Manolas, T. Gkaragkouni και G. T. Andreou, «Demand Response in Greece: An Introductory Mobile Application,» σε *2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*, Palermo, 2018.

- [31] Z. Ming, S. Li και H. Yanying, «Status, challenges and countermeasures of demand-side management development in China,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, τόμ. 47, pp. 284-294, Ιούλιος 2015.
- [32] ESMAP, «Implementing energy efficiency and demand side management: South Africa's standard offer model.,» 2011. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.esmap.org/sites/default/files/esmap-files/ESMAP_StandardOffer_SouthAfrica_WebFinal.pdf.
- [33] P. Bertoldi, B. K. Bezigna, P. Strahill και N. Labanca, «The European ESCO Market Report 2013,» 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/european-esco-market-report-2013> .
- [34] E. Vine, «An international survey of the energy service company (ESCO) industry,» *Energy Policy*, τόμ. 33, αρ. 5, pp. 691-704, Μάρτιος 2005.
- [35] F. Orecchini και A. Santiangeli, «Beyond smart grids – The need of intelligent energy networks for a higher global efficiency through energy vectors integration,» *International Journal of Hydrogen Energy*, τόμ. 36, αρ. 13, pp. 8126-8133, Ιούλιος 2011.
- [36] E. Commission, European smart grids technology platform: Vision and strategy for Europe's electricity networks of the future, Luxemburg: Office for official publications of the European Communities, 2006.
- [37] J. O. Petinrin, M. Shaaban και J. O. Agbolade, «Smart Grid Technologies and Implementation,» *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, τόμ. 20, αρ. 9, pp. 396-405, Ιούνιος 2015.
- [38] E. Commission, Smart Grids: from innovation to deployment: DEFINITION, EXPECTED SERVICES, FUNCIONALITIES AND BENEFITS OF SMART GRIDS, Brussels, 2011.
- [39] M. L. Tuballa και M. L. Abundo, «A review of the development of Smart Grid technologies,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, τόμ. 59, pp. 710-725, Ιούνιος 2016.

- [40] R. Kappagantu και S. A. Daniel, «Challenges and issues of smart grid implementation: A case of Indian scenario,» *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, τόμ. 5, αρ. 3, pp. 453-467, Δεκέμβριος 2018.
- [41] W. Huang, N. Zhang, C. Kang, M. Li και M. Huo, «From demand response to integrated demand response: review and prospect of research and application,» *Protection and Control of Modern Power Systems*, τόμ. 4, αρ. 12, Μάιος 2019.
- [42] J. Torriti, M. G. Hassan και M. Leach, «Demand response experience in Europe: Policies, programmes and implementation,» *Energy*, τόμ. 35, αρ. 4, pp. 1575-1583, Απρίλιος 2010.
- [43] Capgemini, «Demand Response: a decisive breakthrough for Europe,» 2017. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/Demand_Response__a_decisive_breakthrough_for_Europe.pdf.
- [44] P. Van Dievel, K. De Vos και R. Belmans, «Demand response in electricity distribution grids: Regulatory framework and barriers,» σε *11th International Conference on the European Energy Market (EEM14)*, Krakow, 2014.
- [45] HAEE, «GREEK ENERGY MARKET Report 2019,» 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.haee.gr/media/4858/haees-greek-energy-market-report-2019-upload-version.pdf>.
- [46] P. Bertoldi, P. Zancanella και B. Boza-Kiss, *Demand Response Status in EU Member States, EUR 27998 EN*.
- [47] IRENA, «Innovation landscape for a renewable-powered future: Solutions to intergrate variable renewables,» σε *International Renewable Energy Agency*, Abu Dhabi, 2019.
- [48] D. Crossley, «Worldwide Survey of Network-driven Demand-side Management Projects: Research Report No 1,» 2008. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ctc-n.org/resources/worldwide-survey-network-driven-demand-side-management-projects-research-report-no-1>.
- [49] D. Y. Goswami και F. Kreith, «Energy Efficiency AND Renewable Energy HANDBOOK,» σε *Chapter 15: Demand-Side Management*, New York, CRC Press, 2016, pp. 289-309.

- [50] «ERPI: ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://smartgrid.epri.com/>.
- [51] B. Finamore, H. Zhaoguang, L. Weizheng, L. Tijun, D. Yande, Z. Fuqiu και Y. Zhirong, «DEMAND-SIDE MANAGEMENT IN CHINA: Benefits, Barriers, and Policy Recommendations,» 2003. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.nrdc.org/sites/default/files/dsm.pdf>.