



Σχολή Οικονομίας και Τεχνολογίας
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Οικονομία, Άμυνα και Ασφάλεια

Διπλωματική Εργασία

«Ενεργειακή Μετάβαση με τη χρήση της blockchain και άλλων τεχνολογιών»

Κακλαμάνος Σπυρίδων

ΑΡ.ΜΗΤΡΩΟΥ:4042202004016

Επιβλέπων καθηγητής: Θωμάς Αλεξόπουλος

Τρίπολη, Σεπτέμβριος 2022

Κενή Σελίδα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια, η κλιματική αλλαγή έχει καταστεί σε μια παγκόσμια πρόκληση που αφορά τους πάντες στον πλανήτη. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου που μαστίζει τον πλανήτη τις τελευταίες δεκαετίες, έχει προκαλέσει μια συνεχή αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας, γεγονός που έχει κρούσει τον κώδωνα του κινδύνου για τις συνέπειες που θα επέλθουν τα επόμενα χρόνια. Για αυτόν τον λόγο, διάφοροι παγκόσμιοι οργανισμοί και κυβερνήσεις έχουν θέσει μέτρα, πολιτικές και στόχους για την αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού που καλπάζει και για να προετοιμαστούν για την ενεργειακή μετάβαση που κρίνεται απαραίτητη. Αρχικά, στο κεφάλαιο 1 γίνεται αναφορά στο ενεργειακό προφίλ της Ελλάδας σήμερα, στο ποσοστό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα της χώρας αλλά και στο κατά πόσο αυξήθηκε αυτό το ποσοστό τις τελευταίες δεκαετίες. Επίσης, επισημαίνονται οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με την ανάπτυξη των ΑΠΕ τα επόμενα χρόνια και περιγράφεται η λειτουργία του χρηματιστηρίου ενέργειας καθώς και του χρηματιστηρίου εμπορίας ρύπων. Έπειτα, στο κεφάλαιο 2 γίνεται αναφορά στην τεχνολογία blockchain και στις δυνατότητές της αλλά και στην εφαρμογή που μπορεί να έχει στον κλάδο της ενέργειας. Στο κεφάλαιο 3 περιγράφονται τα οφέλη που μπορούν να προσφέρουν ορισμένες έξυπνες τεχνολογίες στην ενεργειακή μετάβαση διαμέσου της κυκλικής οικονομίας. Στο κεφάλαιο 4 αναφέρονται κάποιες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας και τονίζεται η ανάγκη ανάπτυξής τους σε συνεργασία με τις ΑΠΕ, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο σε μια αποτελεσματική ενεργειακή μετάβαση. Τέλος, στον επίλογο εξάγονται κάποια συμπεράσματα για την πιθανότητα εφαρμογής των μέτρων που συζητήθηκαν.

Λέξεις – Κλειδιά

Κλιματική Αλλαγή, ΑΠΕ, blockchain

ABSTRACT

In recent years, climate change has become a global challenge that concerns everyone on the planet. The greenhouse effect that has plagued the planet in recent decades has caused a continuous increase in the global average temperature, which has sounded the alarm for the consequences that will come in the coming years. For this reason, various global organizations and governments have set measures, policies and targets to deal with this galloping phenomenon and to prepare for the energy transition that is deemed necessary. Initially, in chapter 1, reference is made to the energy profile of Greece today, the percentage of renewable energy sources in the country's energy mix, and how much this percentage has increased in recent decades. Also, the objectives of the European Union regarding the development of RES in the coming years are highlighted and the operation of the energy exchange as well as the pollutant trading exchange is described. Then, in chapter 2, reference is made to blockchain technology and its capabilities as well as the application it can have in the energy sector. Chapter 3 describes the benefits that some smart technologies can bring to the energy transition through the circular economy. In chapter 4, some energy storage technologies are mentioned and the need to develop them in cooperation with RES is emphasized, thus contributing to an efficient energy transition. Finally, in the conclusion, some conclusions are drawn about the possibility of implementing the discussed measures.

Keywords

Climate Change, RES, blockchain

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
Κατάλογος Εικόνων / Διαγραμμάτων	6
Συνοτομογραφίες & Ακρωνύμια	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ	12
2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ.....	12
2.2 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ).....	15
2.3 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΣΤΟΧΟΣ (TARGET MODEL) ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΗΣΤΗΡΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	19
2.4 ΧΡΗΜΑΤΙΣΤΗΡΙΟ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΡΥΠΩΝ	21
3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΗΣ BLOCKCHAIN	23
3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ BLOCKCHAIN	25
3.2 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ BLOCKCHAIN ΣΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	29
3.3 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ BLOCKCHAIN ΣΤΟ ΧΟΝΔΡΙΚΟ ΕΜΠΟΡΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	31
4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΜΕΣΩ ΕΞΥΠΝΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	34
5. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	37
6. ΕΠΙΛΟΓΟΣ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	42
Βιβλιογραφικές Αναφορές:	43

Κατάλογος Εικόνων / Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Συνολική Τελική Κατανάλωση Καυσίμων στην Ελλάδα, 1990 και 2016

Διάγραμμα 2: Μερίδιο ΑΠΕ επί της Συνολικής Παροχής Πρωτογενούς Ενέργειας, επί της Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και επί της Συνολικής Τελικής Κατανάλωσης στην Ελλάδα

Εικόνα 1: Κεντρικές και κατανεμημένες πλατφόρμες συναλλαγών: μια ενιαία αξιόπιστη αρχή διαχειρίζεται το καθολικό σε αντίθεση με κάθε μέλος που έχει αντίγραφο του καθολικού

Διάγραμμα 3: Διαμόρφωση της αγοράς ενέργειας μέσω blockchain σύμφωνα με την PWC

Εικόνα 2: Εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης και blockchain που βασίζονται σε πολλούς αισθητήρες για αποτελεσματικό διαχωρισμό και ανακύκλωση πλαστικών απορριμμάτων.

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
CO2	Διοξείδιο του άνθρακα
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
GW	Giga Watt
P2P	peer to peer
IoT	Internet of Things
M2M	machine to machine
ΑΘΕ	Αποθήκευση Θερμικής Ενέργειας

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο τρόπος με τον οποίο κάνουμε χρήση των φυσικών πόρων (ενέργεια και πρώτες ύλες) του πλανήτη καθορίζουν το μέλλον μας. Οι εποχές της αφθονίας, όταν οι φυσικοί πόροι χρησιμοποιούνταν σαν να επρόκειτο να διαρκέσουν για πάντα, πέρασαν οριστικά. Ούτε η πρόβλεψη ούτε η παρατήρηση καθοδήγησαν τις ενέργειές μας για να διαφοροποιήσουμε τις ανάγκες μας από τις επιθυμίες μας. Ως αποτέλεσμα, καταλήξαμε σε μια κατάσταση στην οποία από την μια πλευρά οι πόροι μας σπανίζουν και ο πληθυσμός αυξάνεται ραγδαία. Από την άλλη πλευρά, σπαταλάμε επίσης πολλούς πολύτιμους πόρους και μολύνουμε όλα τα οικοσυστήματα - γη, ωκεανούς και ατμόσφαιρα (Sankaran & Fortuny -Guasch, 2004; Sankaran , 2019, 2020). Σήμερα, ο καταναλωτισμός οδηγεί την κοινωνία μας και τροφοδοτεί την όρεξή μας για συνεχώς αυξανόμενες επιθυμίες. Ως αποτέλεσμα, διακινδυνεύουμε την ίδια την ύπαρξή μας στη Γη. Τα τελευταία χρόνια ,η κλιματική αλλαγή έχει καταστεί ξεκάθαρη πραγματικότητα για την ανθρωπότητα και αποτελεί μια πρόκληση που οφείλουν όλα τα κράτη παγκοσμίως να αντιμετωπίσουν. Η συνεχής αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας που σχετίζεται με τα αέρια του θερμοκηπίου και την ανθρώπινη βιομηχανική δραστηριότητα, έχει προκαλέσει την αλλαγή στην συχνότητα και την ένταση των καιρικών φαινομένων ,το επιταχυνόμενο λιώσιμο των πάγων και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας (EEA, 2019). Αυτό αποδεικνύεται χωρίς αμφισβήτηση από διάφορα επιστημονικά στοιχεία για την αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος (IPCC, 2019). Η μέση θερμοκρασία της Γης έχει ανέβει κατά 0,85°C σε σχέση με το τέλος του 19^{ου} αιώνα ,κάτι που οφείλεται κυρίως στην ανθρώπινη δραστηριότητα από το 1950 και μετά, σύμφωνα με ερευνητές του κλίματος. Θεωρείται επίσης από την διεθνή επιστημονική κοινότητα πως η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 2 βαθμούς Κελσίου σε σχέση με την προβιομηχανική περίοδο, αποτελεί το έσχατο όριο που αν αυτό ξεπεραστεί θα προκληθούν καταστροφικές συνέπειες για τον πλανήτη ,αλλά και απειλές για την βιωσιμότητα του ανθρώπινου πολιτισμού. Με βάση αυτό το πλαίσιο ,η διεθνής κοινότητα και πολλές κυβερνήσεις έχουν βάλει ως

στόχο την άμεση εφαρμογή πολιτικών διατήρησης της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας κάτω από το συγκεκριμένο επίπεδο των 2 °C (EC, 2019a). Η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει προκαλέσει την αύξηση της συγκέντρωσης διάφορων αερίων στην ατμόσφαιρα, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο, το νιτρώδες οξείδιο και άλλα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το αέριο του θερμοκηπίου το οποίο ευθύνεται για το 64% της ανθρωπογενούς υπερθέρμανσης του πλανήτη και η ποσότητά του στην ατμόσφαιρα φτάνει σε επίπεδα 40% υψηλότερα από αυτά της προβιομηχανικής εποχής.

Ορισμένες αιτίες για την αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι οι παρακάτω (EC, 2019a):

Καύση άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου που οδηγεί στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και οξειδίου του αζώτου.

Κοπή των δασών τα οποία απορροφώντας CO₂ από την ατμόσφαιρα εξισορροπούν το κλίμα.

Αύξηση της κτηνοτροφίας καθώς τα ζώα (αγελάδες, πρόβατα κλπ) εκπέμπουν ποσότητες μεθανίου χωνεύοντας την τροφή τους.

Χρήση αζωτούχων λιπασμάτων που παράγουν εκπομπές νιτρώδους οξειδίου.

Επίσης τα φθοριούχα αέρια, παρ' όλο που υπάρχουν σε μικρότερες ποσότητες στην ατμόσφαιρα, την υπερθερμαίνουν αρκετά.

Παρ' όλο που τις τελευταίες 2 δεκαετίες διάφορες επιστημονικές κοινότητες έχουν εκφράσει ανησυχίες για την απειλή της Κλιματικής Αλλαγής, μόλις τα τελευταία χρόνια ορισμένοι νομοθέτες και φορείς χάραξης πολιτικής άρχισαν να εφαρμόζουν μέτρα για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου. Στη Διάσκεψη του ΟΗΕ που έλαβε χώρα στο Παρίσι τον Δεκέμβριο του 2015 (COP 21), περίπου 200 χώρες κατέληξαν σε μια Συμφωνία για το κλίμα (Paris Agreement). Ειδικότερα

, συμφωνήθηκε από τις κυβερνήσεις όλων των χωρών η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε συγκεκριμένο επίπεδο ,ώστε μακροπρόθεσμα η αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας να μην ξεπεράσει το όριο των 2 °C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Επίσης, τέθηκε ο στόχος η συγκεκριμένη αύξηση να φτάσει τον 1,5 °C ώστε οι συνέπειες και οι κίνδυνοι της Κλιματικής Αλλαγής να μην είναι τόσο επώδυνοι για την κοινωνία. Οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα πρέπει να μειωθούν κατά 50% μέχρι το 2050 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, με στόχο το ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα έως το τέλος του τρέχοντος αιώνα. Στην ίδια κατεύθυνση βρίσκεται και η Ευρωπαϊκή Ένωση όπου στο πλαίσιο της Συμφωνίας του ΟΗΕ για το κλίμα, επιδιώκει να περιορίσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 80 -95% έως το 2050 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 (ΕΕΑ, 2019). Βέβαια, βρισκόμαστε ακόμα μακριά από το ιδανικό σενάριο αντιμετώπισης της Κλιματικής Αλλαγής και οι συνέπειες των πράξεών μας είναι αντίθετες με τις συλλογικές μας δεσμεύσεις. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από τη χρήση ενέργειας αυξήθηκαν κατά 1,6 % το 2017 κυρίως λόγω των αναδυόμενων και ανεπτυγμένων οικονομιών.

Για αυτόν το λόγο, το ζήτημα του περιορισμού των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα βρίσκεται στην βάση της πολιτικής της ενεργειακής μετάβασης που προωθείται από τις κυβερνήσεις και τους διεθνείς οργανισμούς. Το τελευταίο διάστημα έχουν εφαρμοστεί μέτρα αποκατάστασης σε διάφορους τομείς για την ταχεία απαλλαγή από τον άνθρακα σε ότι έχει να κάνει με την χρήση ενέργειας. Η γρήγορη μεταστροφή από την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων σε πιο καθαρές μορφές ενέργειας , αποτελεί ένα σημαντικό βήμα για την εκπλήρωση των κλιματικών στόχων που έχουν τεθεί. Πιο συγκεκριμένα, η αύξηση του ποσοστού των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο ενεργειακό μίγμα, η προώθηση και εκμετάλλευση καινοτομιών για την εξοικονόμηση ενέργειας, η περεταίρω ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης καθώς και οι τεχνολογίες δέσμευσης άνθρακα ,καθίστανται βασικοί πυλώνες για την αντιμετώπιση της Κλιματικής Αλλαγής και για την επιπλέον εξέλιξη της ενεργειακής μετάβασης. Αυτή η υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου μετασχηματισμού με την ταυτόχρονη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών και πολιτικών μέτρων ,θα μπορέσει να εξασφαλίσει ένα καλύτερο μέλλον για το κλίμα και τον

πλανήτη γενικά (IRENA, 2019b). Αυτός είναι ο σύνδεσμος όπου συναντώνται η ενεργειακή μετάβαση και η κυκλική οικονομία. Στα επόμενα τμήματα της εργασίας θα αναφερθεί ο σημαντικός ρόλος της ενεργειακής μετάβασης στην αντιμετώπιση της Κλιματικής Αλλαγής αλλά και διάφορα μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν για την ταχεία προώθησή της. Επίσης, θα επισημανθεί το ενεργειακό μείγμα της Ελλάδας καθώς και οι στόχοι μετάβασης σε ΑΠΕ που έχουν τεθεί από την χώρα. Θα γίνει μνεία σε διάφορες τεχνολογίες, όπως η αποθήκευση ενέργειας, η blockchain, η τεχνητή νοημοσύνη, η δέσμευση άνθρακα και άλλες όπου η αποτελεσματική εφαρμογή τους θα μπορέσει να συμβάλει σε μια πιο επιτυχημένη και ομαλή ενεργειακή μετάβαση. Στο τέλος, θα εξαχθούν και κάποια συμπεράσματα που θα αναφέρονται στα παραπάνω μέτρα και πολιτικές για την ενεργειακή μετάβαση και στο κατά πόσο είναι πιθανό να εφαρμοστούν από τις κυβερνήσεις.

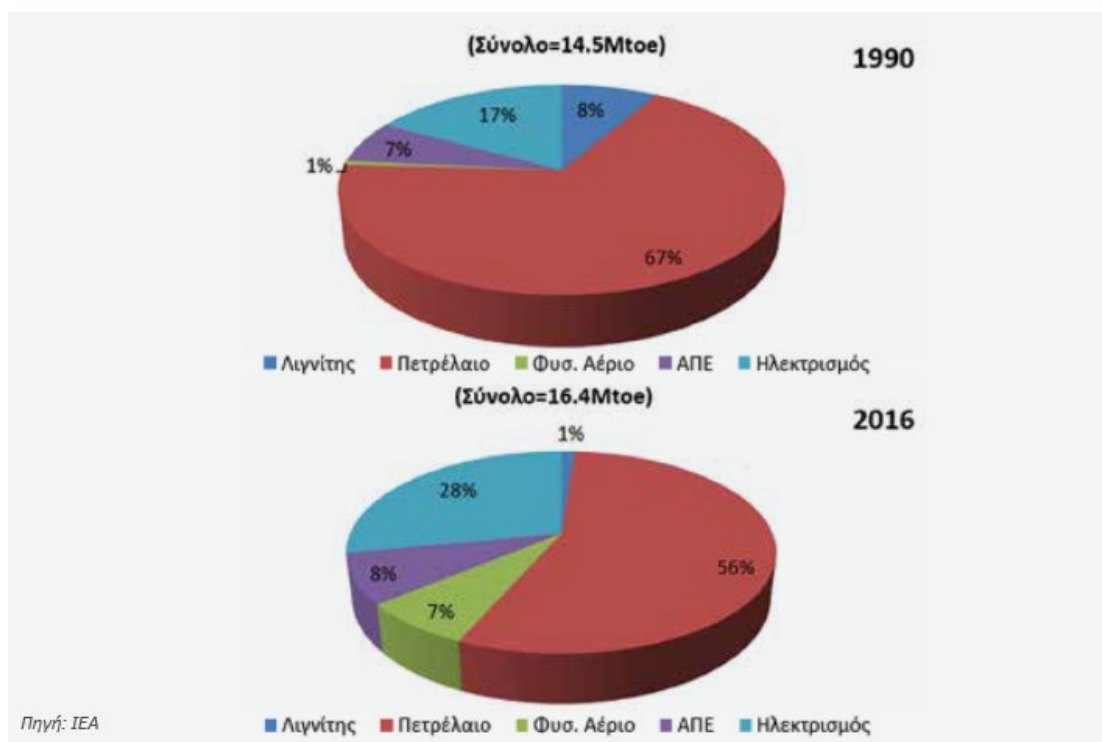
2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ

2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Τα τελευταία 30 χρόνια η ενεργειακή πολιτική της Ελλάδας καθορίζεται ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις της εθνικής οικονομίας, σύμφωνα με την ανάπτυξη συγκεκριμένων οικονομικών δραστηριοτήτων και κλάδων αλλά και από τις καταναλωτικές συνήθειες του πληθυσμού. Επίσης, σημαντικό ρόλο σε αυτό παίζουν και οι Ευρωπαϊκές πολιτικές που αφορούν τον ενεργειακό τομέα, το περιβάλλον και γενικά την ανάπτυξη. Σήμερα, παρατηρούμε πως η κατανάλωση ενέργειας από το φυσικό αέριο και τις ΑΠΕ αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό στο ενεργειακό μείγμα της χώρας, πράγμα που δεν ίσχυε πριν 25 χρόνια. Η χώρα κατάφερε τα τελευταία χρόνια να βελτιώσει αισθητά το ενεργειακό ισοζύγιο της με αποτέλεσμα την βελτίωση της ενεργειακής της ασφάλειας. Σε ότι έχει να κάνει με την συνολική τελική κατανάλωση, παρατηρούμε πως το πετρέλαιο αποτελεί ακόμα την κύρια πηγή ενέργειας στην χώρα (56% το 2016 σε σχέση με το 67% το 1990), παρόλα αυτά το ποσοστό των ΑΠΕ ανήλθε στο 8% το 2016, ενώ από το 28% του ποσοστού του ηλεκτρισμού, περίπου ένα 5% αντιστοιχεί και πάλι στις ΑΠΕ. Συνεπώς, το συνολικό ποσοστό των ΑΠΕ εκτιμάται στο 13% της συνολικής τελικής κατανάλωσης. Επιπλέον, αξίζει να επισημάνουμε πως το ποσοστό της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ ανήλθε στο 26,5% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το 2016, καθώς και το ποσοστό των μη ελεγχόμενων σταθμών ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν 19% το 2016. Τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν, συνδέονται άμεσα με την αύξηση της μη ελεγχόμενης παραγωγής ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά, αιολικά πάρκα) αλλά και με την μείωση της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά την τελευταία δεκαετία.

Σημαντική ήταν η συνεισφορά του λιγνίτη στο ενεργειακό μείγμα της Ελλάδας, καθώς μέχρι και σήμερα αποτελεί το βασικό εγχώριο καύσιμο παρ' όλο που είναι ρυπογόνο προς το περιβάλλον. Το γεγονός ότι η χώρα εξαρτάται κατά μεγάλο βαθμό από τις εισαγωγές αργού πετρελαίου και πετρελαϊκών προϊόντων, των οποίων οι μεταβολές στην τιμή έχουν καταστεί μη προβλέψιμες και μη ελεγχόμενες, έχει επιφέρει αβεβαιότητα στον σχεδιασμό ενεργειακών πολιτικών με συνέπεια την αξιοποίηση μεγάλων ποσοτήτων λιγνίτη για την ηλεκτροπαραγωγή. Ο λιγνίτης εξακολουθεί μέχρι σήμερα να είναι το βασικό ορυκτό καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αντιπροσωπεύοντας σχεδόν το ένα τρίτο της συνολικής παραγωγής το τελευταίο διάστημα. Αξιοσημείωτη θεωρείται επίσης, η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ (υδροηλεκτρική ενέργεια, φωτοβολταϊκά, αιολικά, γεωθερμική και βιοκαύσιμα) ενώ έχει καταγραφεί και μικρή παραγωγή πετρελαίου και σχεδόν αμελητέα παραγωγή φυσικού αερίου. Βέβαια, το πετρέλαιο συνεχίζει να αποτελεί το κύριο καύσιμο για την χώρα καθώς εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από τις εισαγωγές αυτού. Ο κλάδος των μεταφορών είναι ο τομέας με την μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας στον οποίο χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον πετρελαϊκά προϊόντα, ενώ σημαντικό μέρος του πετρελαίου καταναλώνεται και από τον οικιακό τομέα, την βιομηχανία και τις δημόσιες υπηρεσίες.

Διάγραμμα 1: Συνολική Τελική Κατανάλωση Καυσίμων στην Ελλάδα, 1990 και 2016



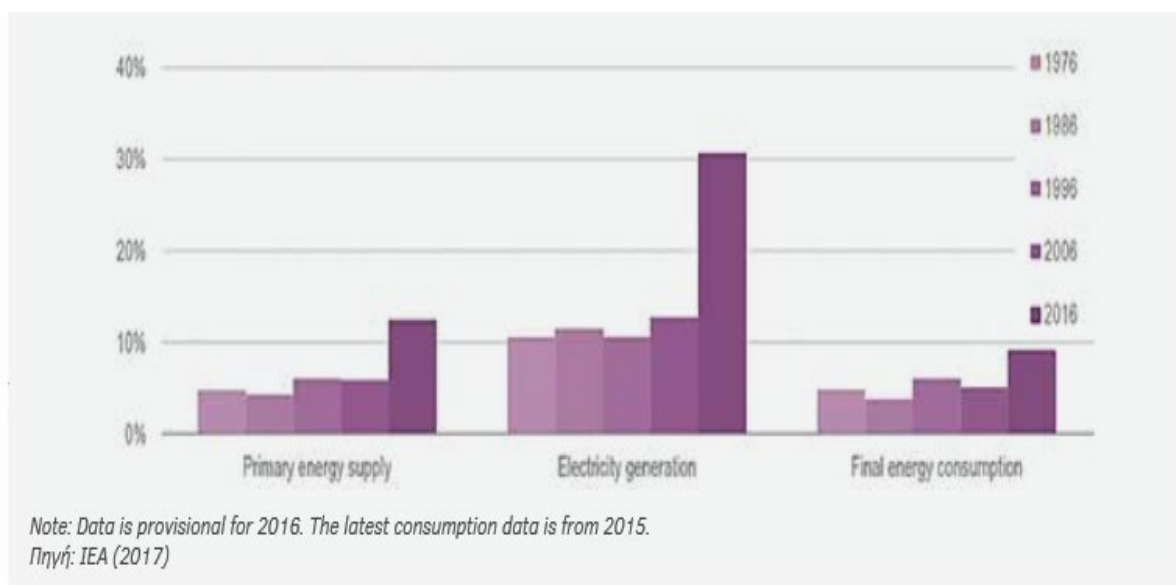
Σήμερα, η τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα στηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά σε ρυπογόνα συμβατικά καύσιμα. Ταυτόχρονα, αν και η εισαγωγή του φυσικού αερίου αναπτύχθηκε σημαντικά τα τελευταία χρόνια, εξακολουθεί να αφορά ένα μικρό ποσοστό της συνολικής τελικής κατανάλωσης και απέχει αρκετά από τον Ευρωπαϊκό μέσο όρο. Επιπλέον, παρ' ότι οι ΑΠΕ σημείωσαν μια αξιοσημείωτη αύξηση στις αρχές της δεκαετίας του 2010, στην πορεία παρουσίασαν ύφεση εξ' αιτίας της έλλειψης σχετικών υποδομών, της αδυναμίας του θεσμικού πλαισίου και της οικονομικής κρίσης που εντάθηκε στα χρόνια που ακολούθησαν. Οι σημερινές απαιτήσεις για τον περιορισμό των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου μετά την Συμφωνία των Παρισίων, έχουν καταστήσει αναγκαία την υιοθέτηση κοινών ευρωπαϊκών πολιτικών στον ενεργειακό τομέα που έχουν στόχο τον σχεδιασμό και τη διαμόρφωση των εθνικών ενεργειακών συστημάτων. Ειδικά, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια ολοένα αυξανόμενη διείσδυση των ΑΠΕ τόσο στην ηλεκτροπαραγωγή όσο και στην τελική χρήση ενέργειας, καθώς επίσης έχουν ήδη εφαρμοστεί μέτρα

και πολιτικές που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια αλλά και την ενίσχυση της συμπαραγωγής ΑΠΕ.

2.2 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (αιολική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια, υδροηλεκτρική ενέργεια, ενέργεια από τους ωκεανούς, γεωθερμική ενέργεια, βιομάζα και βιοκαύσιμα) αποτελούν εναλλακτικές λύσεις έναντι των ορυκτών καυσίμων και συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στη διαφοροποίηση του ενεργειακού εφοδιασμού και στη μείωση της εξάρτησης από αναξιόπιστες και ασταθείς αγορές ορυκτών καυσίμων, ειδικότερα του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Διαχρονικά, η χρήση και η εφαρμογή των ΑΠΕ για την εξυπηρέτηση των ενεργειακών αναγκών υπήρξε αρκετά δημοφιλής στην Ελλάδα, μέσω των θερμικών ηλιακών συστημάτων που κάλυπταν ανάγκες για ζεστό νερό, αλλά και μέσω της χρήσης βιομάζας για την θέρμανση των νοικοκυριών. Επιπλέον, αν και η Ελλάδα υπήρξε καινοτόμος χώρα στην αξιοποίηση ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών συστημάτων για παραγωγή ηλεκτρισμού, το τεράστιο δυναμικό της χώρας μας σε ΑΠΕ παραμένει σε μεγάλο βαθμό αναξιοποίητο με αποτέλεσμα να μην έχει αναπτυχθεί εγχώρια ανταγωνιστική βιομηχανική παραγωγή συστημάτων ΑΠΕ. Το ποσοστό των ΑΠΕ επί της συνολικής παροχής πρωτογενούς ενέργειας στην χώρα, έχει παρουσιάσει αξιοσημείωτη αύξηση τα τελευταία χρόνια, κυρίως στα αιολικά και τα φωτοβολταϊκά συστήματα (Διάγραμμα 2) με την βοήθεια των πολιτικών feed-in-tariffs και της μείωσης του τεχνολογικού κόστους. Η αιολική και η ηλιακή ενέργεια ωστόσο, θα μπορούσαν να συνεισφέρουν σε διάφορα νησιά της χώρας μέσω της διασύνδεσης με το ηπειρωτικό δίκτυο και με αυτόν τον τρόπο να συμβάλουν στη διαφοροποίηση του ελληνικού ενεργειακού μίγματος, με δεδομένο το μειούμενο κόστος παραγωγής των ΑΠΕ.

Διάγραμμα 2: Μεριδίο ΑΠΕ επί της Συνολικής Παροχής Πρωτογενούς Ενέργειας, επί της Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και επί της Συνολικής Τελικής Κατανάλωσης στην Ελλάδα



Το ποσοστό των ΑΠΕ στην συνολική παροχή πρωτογενούς ενέργειας στην Ελλάδα αυξήθηκε σημαντικά την τελευταία δεκαετία, φτάνοντας σε νέο ανώτατο επίπεδο της τάξεως του 12,5% το 2016 καθώς και στο υψηλό ποσοστό του 37% το 2020 σε ότι αφορά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Τα βιοκαύσιμα (συμπεριλαμβανομένων των μικρών ποσοτήτων αποβλήτων) είναι η μεγαλύτερη πηγή ΑΠΕ, αποτελώντας περίπου το ήμισυ του ποσοστού των ΑΠΕ στο σύνολο παροχής πρωτογενούς ενέργειας. Τα στερεά βιοκαύσιμα αντιπροσωπεύουν περίπου τα τρία τέταρτα των συνολικών βιοκαυσίμων επί της συνολικής παροχής πρωτογενούς ενέργειας και χρησιμοποιούνται κυρίως για την θέρμανση σε οικιακούς λέβητες. Ωστόσο, η σημαντικότερη ανάπτυξη αφορά την ηλιακή ενέργεια, το μερίδιό της οποίας έχει πενταπλασιαστεί από το 2006 και αποτελεί το 19% της συνολικής παροχής πρωτογενούς ενέργειας. Επίσης, η αιολική ενέργεια τριπλασιάστηκε τα τελευταία δέκα χρόνια και η υδροηλεκτρική ενέργεια παρουσιάζει αρκετές διακυμάνσεις εξ' αιτίας της διαθέσιμης ποσότητας νερού για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που μεταβάλλεται ανά διαστήματα.

Τον Ιούλιο του 2021, στο πλαίσιο της υλοποίησης της δέσμης μέτρων για την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε την τροποποίηση της υπάρχουσας οδηγίας για τις ΑΠΕ προκειμένου να θέσει νέους στόχους για τα κράτη μέλη σε ότι αφορά την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ,

σύμφωνα με τις τελευταίες κλιματικές εξελίξεις. Η Επιτροπή πρότεινε να αυξηθεί ο δεσμευτικός στόχος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα της ΕΕ στο 40 % έως το 2030 και επίσης σύστησε την προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων καυσίμων όπως το υδρογόνο στη βιομηχανία και τις μεταφορές. Επιπλέον τέθηκε ο αυξημένος στόχος του 14% για το ποσοστό των ανανεώσιμων καυσίμων στις μεταφορές έως το 2030. Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως το μελλοντικό πλαίσιο πολιτικής για την περίοδο μετά το 2030 βρίσκεται υπό συζήτηση και πως απώτερος στόχος της ΕΕ είναι να παραμείνει παγκόσμιος ηγέτης στον τομέα των ΑΠΕ , τηρώντας με αυτόν τον τρόπο τις δεσμεύσεις της για μείωση των εκπομπών στο πλαίσιο της συμφωνίας του Παρισιού. Παράλληλα με τους στόχους της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ,οι χώρες μέλη θα προτείνουν τον εθνικό ενεργειακό τους στόχο και θα καταρτίσουν 10ετή εθνικά σχέδια για την ενέργεια και το κλίμα κατά τη διάρκεια του προγράμματος «Ορίζων 2030», τα οποία θα αξιολογούνται κάθε δύο χρόνια από την Επιτροπή και θα ελέγχονται για την καταλληλότητά τους. Τον Δεκέμβριο του 2019, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή καθόρισε ένα λεπτομερές όραμα για να καταστεί η Ευρώπη μια κλιματικά ουδέτερη ήπειρος έως το 2050 με την παροχή καθαρής, οικονομικά προσιτής και ασφαλούς ενέργειας. Στην προσπάθεια απαλλαγής από τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και διαφοροποίησης του τομέα των μεταφορών, η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία έχει καθορίσει:

— τον στόχο μείωσης κατά 13% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα καύσιμα για τις μεταφορές έως το 2030, που θα αφορά όλα τα μέσα μεταφοράς

— μερίδιο 2,2 % των προηγμένων βιοκαυσίμων και βιοαερίου το 2030, με ενδιάμεσο στόχο το 0,5 % έως το 2025 (προσμετρώνται άπαξ)

— στόχο 2,6 % για τα ανανεώσιμα καύσιμα μη βιολογικής προέλευσης και ποσοστό 50% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην κατανάλωση υδρογόνου στη βιομηχανία, συμπεριλαμβανομένων των μη ενεργειακών χρήσεων, έως το 2030.

Άλλα μελλοντικά μέτρα που θέλει να εφαρμόσει η ΕΕ για την ενεργειακή μετάβαση σε καθαρές ΑΠΕ είναι η αναθεώρηση της οδηγίας για τη φορολογία της ενέργειας, η οποία θεσπίζει την ευθυγράμμιση της φορολογίας των ενεργειακών προϊόντων με τις πολιτικές της ΕΕ για την ενέργεια και το κλίμα, δίνοντας κίνητρα για υιοθέτηση καθαρών τεχνολογιών και καταργώντας μειωμένους συντελεστές που ενθαρρύνουν επί του παρόντος τη χρήση ορυκτών καυσίμων. Επίσης, σημαντική θεωρείται και η δυνητική συμβολή των υπεράκτιων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και του διασυνοριακού δικτύου τους, που αποσκοπεί στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από υπεράκτιες ανανεώσιμες πηγές στην ΕΕ από 12 GW το 2020 σε πάνω από 60 GW έως το 2030 και 300 GW έως το 2050. Αναγκαία είναι ωστόσο η αξιοποίηση της ωκεάνιας ενέργειας (κατακόρυφη ή περιστροφική κίνηση των μορίων του νερού) στις θάλασσες και τους ωκεανούς της Ευρώπης έως το 2030 και μετέπειτα, καθώς και άλλων μορφών ΑΠΕ όπως ενέργεια που παράγεται από κύματα, παλιρροϊκή ισχύ και ισχύ με κλίση αλατότητας.

Από την άλλη πλευρά, αν και ο κεντρικός άξονας της ενεργειακής πολιτικής των χωρών της ΕΕ καθορίζεται εν πολλοίς από τις Βρυξέλλες, η Ελλάδα μπορεί να διαφοροποιήσει την ενεργειακή της στρατηγική ως ένα βαθμό και να εκμεταλλευτεί τα διαθέσιμα συγκριτικά πλεονεκτήματα που έχει έναντι άλλων χωρών (όπως ΑΠΕ, ενεργειακή αποδοτικότητα, παραγωγή υδρογονανθράκων, κτλ). Λόγω της Κλιματικής Αλλαγής, η χώρα έχει αναγκαστεί να μειώσει σταδιακά την χρήση λιγνίτη -το μόνο εγχώριο ορυκτό καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας, εις βάρος βέβαια της κερδοφορίας της ΔΕΗ και προς όφελος των εισαγωγών φυσικού αερίου- ώστε να στραφεί σε καθαρές μορφές ενέργειας. Ο κύριος στόχος του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ- δημοσιεύτηκε τον Δεκέμβριο του 2019) είναι η σχεδίαση, ο προγραμματισμός και η υλοποίηση των βέλτιστων ενεργειακών πολιτικών που θα οδηγήσουν στην επίτευξη των μεσοπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων εθνικών ενεργειακών στόχων, στην οικονομική ανάπτυξη και παράλληλα θα συνεισφέρουν στην μείωση του ενεργειακού κόστους αλλά και στην προστασία

των τελικών καταναλωτών από την ενεργειακή ακρίβεια. Σε αυτό το πλαίσιο παρατηρούμε ότι η εθνική ενεργειακή στρατηγική είναι αναγκαία για:

- τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, τη μεγαλύτερη συμμετοχή ΑΠΕ στην εγχώρια κατανάλωση ενέργειας και την εξοικονόμηση ενέργειας στην τελική κατανάλωση,
- τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στην πρωτογενή και τελική κατανάλωση ενέργειας,
- την εγχώρια ανταγωνιστική λειτουργία της αγοράς ενέργειας,
- την προστασία των καταναλωτών στο ενεργειακό σύστημα,
- την βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της ελληνικής οικονομίας,
- την αύξηση της εγχώριας προστιθέμενης αξίας στον ενεργειακό τομέα και της δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας.
- Μηδενικό μερίδιο του λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή έως το 2028.

2.3 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΣΤΟΧΟΣ (TARGET MODEL) ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΗΣΤΗΡΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο «υπόδειγμα στόχος» (target- model) γίνεται αναφορά σε μια σειρά από προτάσεις που αναπτύχθηκαν αρχικά στο πλαίσιο των ετήσιων διεργασιών του European Electricity Regulatory Forum, γνωστού επίσης και ως «Φόρουμ της Φλωρεντίας». Βασικό γνώρισμα αυτού του υποδείγματος είναι η δημιουργία ορισμένων αγορών (ενδοημερήσια, προθεσμιακή και αγορά εξισορρόπησης) οι οποίες θα λειτουργούν παράλληλα με την αγορά επόμενης μέρας. Μέσω της ανάπτυξης και διασύνδεσης αυτών των αγορών (marketcoupling) σε περιφερειακό και κοινοτικό επίπεδο, στόχος είναι η θέσπιση ενός αποτελεσματικού μηχανισμού διαμόρφωσης τιμών σε ευρωπαϊκό επίπεδο και η διασφάλιση με βέλτιστο τρόπο της μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη. Με βάση αυτό το πλαίσιο νομοθετήθηκαν ενιαίοι ευρωπαϊκοί κανόνες χωρίς όμως να υποδεικνύεται η δομή της αγοράς που θα έχει το κάθε κράτος

μέλος, ώστε η κάθε χώρα να μπορεί να σχεδιάσει την αγορά της με βάση τα δικά της χαρακτηριστικά. Στην Ενεργειακή Χρηματοπιστωτική Αγορά διενεργούνται συναλλαγές ενεργειακών χρηματοπιστωτικών προϊόντων, όπως συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης με φυσική παράδοση (futures) ή με δυνατότητα προαίρεσης (options), στην αρχή για ηλεκτρική ενέργεια και μεταγενέστερα για φυσικό αέριο και άλλα περιβαλλοντικά προϊόντα. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα πραγματοποίησης διμερών έξω-χρηματιστηριακών συμβάσεων ανάμεσα σε παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας και προμηθευτές (ή μεγάλους καταναλωτές όπως βιομηχανίες) για τη φυσική παράδοση ηλεκτρικής ενέργειας σε μεταγενέστερο χρόνο και σε προσυμφωνημένες τιμές. Στην Αγορά Επόμενης Ημέρας οι συμμετέχοντες υποβάλλουν εντολές συναλλαγής ηλεκτρικής ενέργειας με υποχρέωση φυσικής παράδοσης την επόμενη ημέρα. Σε αυτήν την αγορά δηλώνονται και οι ποσότητες ενέργειας που έχουν δεσμευτεί ως προθεσμιακά προϊόντα. Στην Ενδοημερήσια Αγορά, οι οργανισμοί που συμμετέχουν μπορούν να υποβάλλουν εντολές συναλλαγών την ημέρα εκπλήρωσης της φυσικής παράδοσης, μετά τη λήξη της προθεσμίας υποβολής εντολών συναλλαγών στην Αγορά Επόμενης Ημέρας. Επιπλέον, υπολογίζονται οι ποσότητες ενέργειας που δεσμεύτηκαν από τη διενέργεια συναλλαγών με προθεσμιακά προϊόντα ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και περιορισμοί που προέκυψαν από την επίλυση της αγοράς εξισορρόπησης. Η Αγορά Εξισορρόπησης αποτελείται από την Αγορά Ισχύος Εξισορρόπησης, την Αγορά Ενέργειας Εξισορρόπησης και τη διαδικασία εκκαθάρισης αποκλίσεων. Οι συμμετέχοντες οφείλουν να προσφέρουν με φυσική παράδοση το σύνολο της διαθέσιμης ισχύος τους, τόσο στην Αγορά Ενέργειας Εξισορρόπησης όσο και στην Αγορά Ισχύος Εξισορρόπησης. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να επισημανθεί πως η σύναψη συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης, είτε είναι σε διμερές επίπεδο, είτε μέσα από την προθεσμιακή αγορά, θα μπορέσει να διευκολύνει αρκετούς προμηθευτές που δεν έχουν μονάδες παραγωγής να εξασφαλίσουν τμήμα του χαρτοφυλακίου τους σε σταθερές τιμές. Η λειτουργία της αγοράς εξισορρόπησης προβλέπεται να δώσει κίνητρα για καλύτερη πρόβλεψη φορτίου και διαθεσιμότητας των ΑΠΕ και να διαμορφώσει το κατάλληλο έδαφος για επενδύσεις σε συστήματα και

τεχνολογίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, η δυνατότητα σύναψης διμερών συμβάσεων και η υποχρέωση εξισορρόπησης, παράλληλα με την περαιτέρω βελτίωση των τεχνολογιών αποθήκευσης ,δημιουργούν βάσεις για αυξημένη συμμετοχή των ΑΠΕ στην εγχώρια αγορά ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς μορφές στήριξης που αυξάνουν τις τελικές τιμές για τους καταναλωτές.

2.4 ΧΡΗΜΑΤΙΣΤΗΡΙΟ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΡΥΠΩΝ

Ως οικονομικό μέτρο για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και της προώθησης της ενεργειακής μετάβασης , η εμπορία δικαιωμάτων ρύπων άνθρακα έχει τραβήξει την προσοχή τα τελευταία χρόνια, καθώς μπορεί να προωθήσει χαμηλού κόστους μειώσεις εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Η εμπορία δικαιωμάτων ρύπων είναι μια εμπορική και επενδυτική δραστηριότητα που βασίζεται στα «δικαιώματα εκπομπής άνθρακα» και στα παράγωγά του. Συγκεκριμένα, αναφέρεται στα πολλά είδη εμπορικών δραστηριοτήτων και συναφών χρηματοοικονομικών πολιτικών για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, συμπεριλαμβανομένης της εμπορίας και επένδυσης δικαιωμάτων εκπομπής άνθρακα και των παραγώγων τους, επενδύσεων και χρηματοδότησης για την ανάπτυξη έργων χαμηλών εκπομπών άνθρακα και άλλων συναφών χρηματοοικονομικών ενδιάμεσων δραστηριοτήτων. Η αγορά άνθρακα είναι το μέρος για αυτές τις χρηματοοικονομικές συναλλαγές, συμπεριλαμβανομένων όλων των θεσμικών ρυθμίσεων και συστημάτων πολιτικής. Η δημιουργία και ανάπτυξη της αγοράς άνθρακα έχει μεγάλη σημασία για την επίλυση των χρηματοδοτικών προβλημάτων της οικονομικής ανάπτυξης χαμηλών εκπομπών άνθρακα, τη βελτίωση του συστήματος εμπορίας εκπομπών άνθρακα και την ενίσχυση της βασικής ανταγωνιστικότητας μιας εθνικής οικονομίας. Μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο κατηγορίες, δηλαδή την αγορά συναλλαγών ποσοστώσεων και την εθελοντική αγορά συναλλαγών. Η αγορά εμπορίας ποσοστώσεων έχει δημιουργηθεί για την επίτευξη των στόχων μείωσης των εκπομπών. Η εθελοντική αγορά εμπορίας είναι μια εθελοντική συναλλαγή μείωσης των

εκπομπών άνθρακα για κοινωνική ευθύνη κλπ. Τα δύο πιο σημαντικά συστήματα για τη διεθνή εμπορία εκπομπών άνθρακα είναι το Ευρωπαϊκό Χρηματιστήριο Ενέργειας (EU ETS) και το Χρηματιστήριο Ενέργειας του Σικάγο (CCX). Γενικά, η εμπορία εκπομπών άνθρακα αναφέρεται στις κυβερνήσεις που συμμετέχουν στο πλαίσιο της εμπορίας εκπομπών άνθρακα σύμφωνα με τις δεσμεύσεις τους στο Πρωτόκολλο του Κιότο. Εάν μια επιχείρηση εκπέμπει διοξείδιο του άνθρακα λιγότερο από την ποσόστωσή της, τότε το υπόλοιπο δικαίωμα εκπομπής μπορεί να πωληθεί- και όσες επιχειρήσεις εκπέμπουν περισσότερο από την ποσόστωσή τους ,πρέπει να αγοράσουν πρόσθετα δικαιώματα. Ουσιαστικά, τα δικαιώματα εκπομπής είναι δικαιώματα χρήσης περιορισμένων φυσικών πόρων. Η κυβέρνηση πρώτα κάνει την αρχική κατανομή των δικαιωμάτων εκπομπής σύμφωνα με το συνολικό περιορισμένο ποσό των εκπομπών και στη συνέχεια καθορίζεται η τιμή των δικαιωμάτων εκπομπής έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η βέλτιστη κατανομή των πόρων. Αυτό το σύστημα συναλλαγών είναι ουσιαστικά ένα εργαλείο περιβαλλοντικής πολιτικής προσανατολισμένο στην αγορά και ενθαρρύνει τους συμμετέχοντες στο να αποφασίσουν με βέλτιστο τρόπο πόσους ρύπους θα εκπέμψουν. Ωστόσο, θα ήταν αναγκαίο να αναφερθούν και τα διάφορα είδη παραγώγων προϊόντων δικαιωμάτων εκπομπών, όπως προθεσμιακές συμβάσεις άνθρακα, συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης, δικαιώματα προαίρεσης και συμβάσεις ανταλλαγής, τα οποία έχουν την λειτουργία της πίστωσης δικαιωμάτων εκπομπών άνθρακα και της αντιστάθμισης κινδύνου. Ένα πλεονέκτημα των χρηματοοικονομικών παραγώγων άνθρακα είναι ότι μπορούν να παρακάμψουν αποτελεσματικά τον κίνδυνο μεταβλητότητας των τιμών συναλλαγών και ταυτόχρονα να αυξήσουν τη ρευστότητα της αγοράς.

3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΗΣ BLOCKCHAIN

Οι Blockchains ή τα κατανεμημένα λογιστικά βιβλία είναι μια αναδυόμενη τεχνολογία που έχει προσελκύσει σημαντικό ενδιαφέρον από εταιρείες παροχής ενέργειας, νεοφυείς επιχειρήσεις, προγραμματιστές, χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, εθνικές κυβερνήσεις και την ακαδημαϊκή κοινότητα. Πολυάριθμες πηγές που προέρχονται από αυτά τα υπόβαθρα προσδιορίζουν ότι οι blockchains έχουν τη δυνατότητα να αποφέρουν σημαντικά οφέλη και καινοτομία. Οι blockchains υπόσχονται διαφανή, αδιάψευστα και ασφαλή συστήματα που μπορούν να επιτρέψουν νέες επιχειρηματικές λύσεις, ειδικά όταν συνδυάζονται με έξυπνα συμβόλαια. Από την άλλη πλευρά, παρατηρούμε πως τον τελευταίο καιρό απαιτούνται σε αυξανόμενο βαθμό προηγμένες επικοινωνίες και ανταλλαγές δεδομένων μεταξύ διαφορετικών τμημάτων του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός που καθιστά την κεντρική διαχείριση και λειτουργία όλο και πιο προκλητική. Επίσης, χρειάζονται τοπικές κατανεμημένες τεχνικές ελέγχου και διαχείρισης για να προσαρμοστούν αυτές οι τάσεις αποκέντρωσης και ψηφιοποίησης. Με αυτόν τον τρόπο τα blockchains θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν τα αποκεντρωμένα ενεργειακά συστήματα.

Οι blockchains είναι κατανεμημένες δομές δεδομένων που μπορούν να αποθηκεύουν με ασφάλεια ψηφιακές συναλλαγές χωρίς να χρησιμοποιούν κεντρικό σημείο εξουσίας. Πιο συγκεκριμένα, μπορούν να θεωρηθούν σαν βάσεις δεδομένων που επιτρέπουν σε πολλούς χρήστες να κάνουν αλλαγές σε ένα σύστημα ταυτόχρονα, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε εκδόσεις πολλαπλών αλυσίδων. Αντί να διαχειρίζεται το σύστημα από ένα μόνο

αξιόπιστο κέντρο, κάθε μεμονωμένο μέλος του δικτύου διατηρεί ένα αντίγραφο της αλυσίδας των εγγραφών και καταλήγει σε συμφωνία για την έγκυρη κατάσταση του συστήματος με συναίνεση. Η ακριβής μεθοδολογία του τρόπου με τον οποίο επιτυγχάνεται η συναίνεση είναι ένας συνεχής τομέας έρευνας και μπορεί να διαφέρει ανάλογα στον τομέα που εφαρμόζεται. Οι νέες συναλλαγές συνδέονται με προηγούμενες συναλλαγές μέσω κρυπτογραφίας που καθιστά τα δίκτυα blockchain ανθεκτικά και ασφαλή.

Η τεχνολογία Blockchain είναι κυρίως γνωστή από εφαρμογές κρυπτονομισμάτων που γνωρίζουν πρόσφατα μια άνευ προηγουμένου άνοδο. Εκτός από την δυνατότητα χρήσης σε διάφορους τομείς, οι δυνατότητες των blockchain στον κλάδο της ενέργειας μόλις άρχισαν να αξιοποιούνται, με βάση τον αυξανόμενο ρυθμό της εμφάνισης των νεοφυών επιχειρήσεων και των ερευνητικών έργων. Αρκετές εταιρείες κοινής ωφέλειας ενέργειας έχουν εκδηλώσει ενδιαφέρον για τη διερεύνηση των πιθανών πλεονεκτημάτων των τεχνολογιών blockchain ως τεχνολογίας που επιτρέπει τη μετάβαση και τη βιωσιμότητα με χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Οι απαιτήσεις για μελλοντικά ενεργειακά συστήματα μπορούν να συνοψιστούν σε τρεις βασικές αρχές: απαλλαγή από την χρήση άνθρακα, αποκέντρωση και ψηφιοποίηση, με μια στροφή προς την ενδυνάμωση των καταναλωτών. Ωστόσο, η τρέχουσα δομή των αγορών ενέργειας και ηλεκτρικής ενέργειας είναι ανεπαρκής για την επίτευξη αυτού του οράματος, καθώς η συμμετοχή μικρών επιχειρήσεων στις αγορές πρακτικά αποκλείεται και τα κίνητρα για ενεργό συμμετοχή των καταναλωτών δεν έχουν μέχρι στιγμής αποδειχθεί επαρκή. Οι πρώτοι προγραμματιστές blockchain δημιούργησαν ψηφιακές πλατφόρμες συναλλαγών που μπορούν να είναι πλήρως αποκεντρωμένες και μπορούν να ενεργοποιήσουν τις αγορές ενέργειας P2P (συναλλαγή μεταξύ 2 μερών χωρίς την ύπαρξη ενός κεντρικού διαχειριστή). Αναπτύσσουν τοπικές αγορές ενέργειας και εφαρμογές Internet of Things (IoT- ίντερνετ των πραγμάτων) που μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στο όραμα του έξυπνου δικτύου. Επιπλέον, τα πιθανά κέρδη στη διαφάνεια και τον ανταγωνισμό του κλάδου ενέργειας θα μπορούσαν να ωφελήσουν άλλους βασικούς στόχους πολιτικής

που σχετίζονται με την οικονομική ανοχή της ενέργειας και τη ενεργειακή φτώχεια. Μια εμπορική έκθεση της Deloitte αναφέρει ότι οι ψηφιακές πλατφόρμες συναλλαγών που βασίζονται στη blockchain ,θα μπορούσαν να προσφέρουν μειώσεις λειτουργικού κόστους, αυξημένη αποδοτικότητα, γρήγορες και αυτοματοποιημένες διαδικασίες, διαφάνεια αλλά και δυνατότητα μείωσης των χρηματοδοτικών απαιτήσεων για τις εταιρείες ενέργειας. Από την άλλη πλευρά, οι τεχνολογίες blockchain πρέπει να αντιμετωπίσουν πολλά ζητήματα πριν αρχίσουν να εφαρμόζονται σε μεγάλη κλίμακα. Μια βασική πρόκληση είναι αυτή της επεκτασιμότητας και του κόστους, διατηρώντας παράλληλα τις επιθυμητές ιδιότητες αποκέντρωσης και ασφάλειας. Άλλα αναδυόμενα ζητήματα σχετίζονται με την ανωνυμία των χρηστών, το απόρρητο και τη διακυβέρνηση των συστημάτων blockchain, κάτι που συχνά αντίκειται στις παραδοσιακές πρακτικές που υιοθετούν οι κυβερνήσεις και η βιομηχανία. Οι προσπάθειες ανάπτυξης στον τομέα των blockchain και της ενέργειας συνεχίζονται και έχουν τεκμηριωθεί σε μια σειρά από βιομηχανικές λευκές βίβλους και εκθέσεις, που παράγονται κυρίως από καθιερωμένες εταιρείες συμβούλων.

3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ BLOCKCHAIN

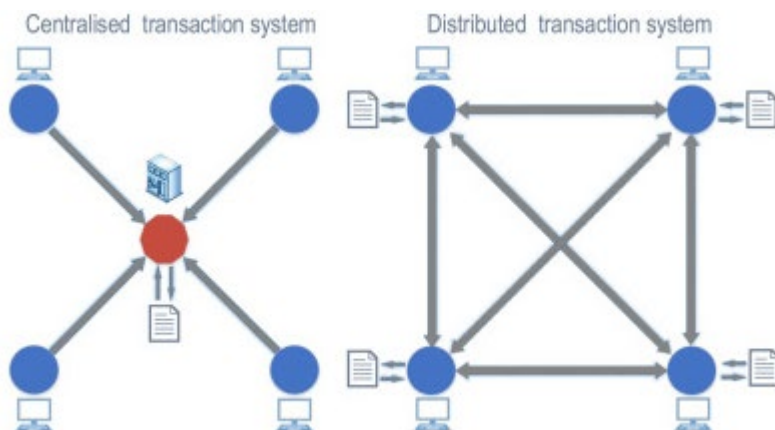
Η blockchain είναι μια δομή ψηφιακών δεδομένων, μια κοινή και κατανεμημένη βάση δεδομένων που περιέχει ένα συνεχώς διευρυνόμενο αρχείο καταγραφής συναλλαγών και τη χρονολογική τους σειρά. Η δομή δεδομένων είναι με άλλα λόγια μία καθολική δομή που μπορεί να περιέχει ψηφιακές συναλλαγές, εγγραφές δεδομένων και εκτελέσιμα στοιχεία. Οι συναλλαγές συγκεντρώνονται σε μεγαλύτερους σχηματισμούς, που ονομάζονται μπλοκ, τα οποία έχουν χρονική σήμανση και είναι κρυπτογραφικά συνδεδεμένα με προηγούμενα μπλοκ σχηματίζοντας μια αλυσίδα εγγραφών που καθορίζει τη σειρά αλληλουχίας των γεγονότων ή την «αλυσίδα μπλοκ». Εκτός από την περιγραφή της ίδιας της δομής δεδομένων, η ορολογία χρησιμοποιείται επίσης ευρέως στη βιβλιογραφία για να περιγράψει αρχιτεκτονικές ψηφιακής συναίνεσης,

αλγόριθμους ή τομείς εφαρμογών που χτίζονται πάνω από τέτοιες δομές. Τα blockchains λειτουργούν σε ψηφιακά δίκτυα και η μετάδοση δεδομένων σε τέτοια δίκτυα ισοδυναμεί με αντιγραφή δεδομένων από το ένα μέρος στο άλλο, π.χ. στον τομέα των κρυπτονομισμάτων αυτό ισοδυναμεί με την αντιγραφή ψηφιακών νομισμάτων από το ηλεκτρονικό πορτοφόλι ενός χρήστη σε ένα άλλο. Η κύρια πρόκληση έγκειται στο γεγονός ότι το σύστημα πρέπει να διασφαλίσει ότι τα νομίσματα δαπανώνται μόνο μία φορά και όχι παραπάνω φορές. Παραδοσιακά, η λύση δινόταν από μια κεντρική αρχή, όπως οι κεντρικές τράπεζες, που ενεργεί ως ο έμπιστος ενδιάμεσος μεταξύ των συναλλασσόμενων μερών και του οποίου η δουλειά είναι να αποθηκεύει, να προστατεύει την εγκυρότητα και να διατηρεί τα αρχεία ενημερωμένα. Σε πολλές περιπτώσεις, η κεντρική διαχείριση μπορεί να μην είναι εφικτή ή επιθυμητή, καθώς εισάγει ενδιάμεσες δαπάνες και απαιτεί από τους χρήστες του δικτύου να εμπιστεύονται ένα τρίτο μέρος για τη λειτουργία του συστήματος. Τα κεντρικά συστήματα έχουν επίσης σημαντικά μειονεκτήματα λόγω ενός μόνο σημείου αστοχίας, το οποίο τα καθιστά πιο ευάλωτα τόσο σε τεχνικές βλάβες όσο και σε κακόβουλες επιθέσεις.

Ο πρωταρχικός σκοπός των τεχνολογιών blockchain είναι να αφαιρέσουν την ανάγκη για τέτοιους μεσάζοντες και να τους αντικαταστήσουν με ένα κατακευματισμένο δίκτυο ψηφιακών χρηστών που συνεργάζονται για την επαλήθευση των συναλλαγών και τη διαφύλαξη της ακεραιότητας του συνόλου των συναλλαγών. Σε αντίθεση με τα κεντρικά συστήματα, κάθε μέλος του δικτύου blockchain διατηρεί το δικό του αντίγραφο με όλες τις συναλλαγές ή μπορεί να έχει πρόσβαση σε αυτό διαδικτυακά (βλέπε Εικόνα 1). Αυτό έχει ως συνέπεια οποιοσδήποτε στο δίκτυο μπορεί να έχει πρόσβαση στο ιστορικό αρχείο καταγραφής των συναλλαγών του συστήματος και να επαληθεύσει την εγκυρότητά τους, επιτρέποντας υψηλό επίπεδο διαφάνειας. Εάν αφαιρεθεί η κεντρική διαχείριση, η πρόκληση έγκειται στην εύρεση ενός αποτελεσματικού τρόπου ενοποίησης και συγχρονισμού πολλαπλών αντιγράφων του αρχείου συναλλαγών. Η ακριβής διαδικασία επικύρωσης και ενοποίησης του καθολικού αρχείου συναλλαγών ποικίλλει για διαφορετικούς τύπους blockchain, ωστόσο,

κυρίως τα μέλη του δικτύου συγκρίνουν τις εκδόσεις του καθολικού με μια διαδικασία που είναι παρόμοια με την κατανομημένη ψηφοφορία ,μέσω της οποίας επιτυγχάνεται συναίνεση για την έγκυρη κατάσταση του καθολικού αρχείου συναλλαγών. Η συνεργασία και η ειλικρινής συμπεριφορά των κατανομημένων κόμβων καθορίζονται από κίνητρα ή ανταμοιβές που βασίζονται στη θεωρία παιγνίων. Στην πραγματικότητα, τα blockchain μπορεί να είναι πολύ δύσκολο να παραβιαστούν, χωρίς ένα σημαντικό μέρος του δικτύου να έχει κάνει συμπαιγνία. Κατά συνέπεια, τα συστήματα blockchain μπορούν να είναι ασφαλή και ανθεκτικά σε παραβιάσεις.

Εικόνα 1: Κεντρικές και κατανομημένες πλατφόρμες συναλλαγών: μια ενιαία αξιόπιστη αρχή διαχειρίζεται το καθολικό σε αντίθεση με κάθε μέλος που έχει αντίγραφο του καθολικού. *



Άλλα στοιχεία που διασφαλίζουν βελτιωμένη ασφάλεια είναι οι λειτουργίες κατακερματισμού και η κρυπτογράφηση δημόσιου κλειδιού. Οι κρυπτογραφικές συναρτήσεις κατακερματισμού είναι μαθηματικοί αλγόριθμοι ή μονόδρομες συναρτήσεις που λαμβάνουν μια εισροή και τη μετατρέπουν σε εκροή

συγκεκριμένου μήκους, π.χ. μια σειρά 256 bit, που ονομάζεται εκροή κατακερματισμού. Η λειτουργία τους βασίζεται στο γεγονός ότι είναι εξαιρετικά δύσκολο να αναδημιουργηθούν τα αρχικά δεδομένα εισροής μόνο από την εκροή κατακερματισμού (αντίσταση σύγκρουσης). Επιπλέον, οι αλυσίδες μπλοκ χρησιμοποιούν κρυπτογραφία δημόσιου κλειδιού, ένα πρωτόκολλο ασύμμετρης κρυπτογραφίας. Κάθε χρήστης έχει δύο κρυπτογραφικά κλειδιά που αποτελούνται από αριθμητικούς ή αλφαριθμητικούς χαρακτήρες, ένα μυστικό ιδιωτικό κλειδί και ένα δημόσιο κλειδί, τα οποία μπορούν να μοιραστούν με άλλους χρήστες στο δίκτυο. Τα κλειδιά συνδέονται μαθηματικά με τέτοιο τρόπο ώστε οι πληροφορίες που είναι κρυπτογραφημένες από ένα μέρος μπορούν να αποκρυπτογραφηθούν μόνο από το αντίστοιχο. Η χρήση κρυπτογραφίας δημόσιου-ιδιωτικού κλειδιού διασφαλίζει τον έλεγχο ταυτότητας, που σημαίνει ότι μια συναλλαγή ξεκινά από την πηγή από την οποία ισχυρίζεται ότι προέρχεται, και την εξουσιοδότηση, που σημαίνει ότι οι ενέργειες εκτελούνται από χρήστες που έχουν το δικαίωμα να το κάνουν. Για παράδειγμα, το δίκτυο μπορεί να επαληθεύσει την ταυτότητα του αποστολέα, καθώς μόνο το δημόσιο κλειδί του αποστολέα μπορεί να αποκρυπτογραφήσει το αρχικό μήνυμα (κρυπτογραφημένο και ψηφιακά υπογεγραμμένο από το ιδιωτικό κλειδί του αποστολέα). Ένα μήνυμα που υποβάλλεται σε επεξεργασία με το δημόσιο κλειδί κάποιου μπορεί να αποκρυπτογραφηθεί μόνο από τον προβλεπόμενο παραλήπτη που κατέχει το μυστικό ιδιωτικό κλειδί. Αυτά και άλλα τυπικά χαρακτηριστικά επικοινωνίας, όπως η εγκυρότητα και η ασφάλεια των δεδομένων, επιτυγχάνονται σε συστήματα blockchain με τη χρήση επικοινωνίας P2P και προηγμένων τεχνικών κρυπτογράφησης. Σημαντική είναι και η συμβολή των έξυπνων συμβολαίων τα οποία είναι εκτελέσιμα προγράμματα που κάνουν αλλαγές στο καθολικό αρχείο συναλλαγών και μπορούν να ενεργοποιηθούν αυτόματα εάν πληρούνται μια συγκεκριμένη προϋπόθεση, όπως εάν τηρηθεί μια συμφωνία μεταξύ των μερών που συναλλάσσονται.

3.2 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ BLOCKCHAIN ΣΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων του ενεργειακού τομέα και οι εταιρείες κοινής ωφέλειας έχουν επισημάνει ότι οι blockchains θα μπορούσαν ενδεχομένως να προσφέρουν λύσεις σε διάφορες προκλήσεις στον κλάδο της ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια, τα ενεργειακά συστήματα υφίστανται μια μετασχηματιστική αλλαγή που προκαλείται από την πρόοδο των καταναμημένων ενεργειακών πόρων και των τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνιών. Μία από τις κύριες προκλήσεις είναι η αναδυόμενη αποκέντρωση και ψηφιοποίηση του ενεργειακού συστήματος, η οποία απαιτεί την εξέταση, την εξερεύνηση και την υιοθέτηση νέων παραδειγμάτων και καταναμημένων τεχνολογιών. Λόγω της εγγενούς φύσης τους, τα blockchains θα μπορούσαν να παρέχουν μια πολλά υποσχόμενη λύση για τον έλεγχο και τη διαχείριση όλο και πιο αποκεντρωμένων σύνθετων ενεργειακών συστημάτων και μικροδικτύων. Η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μικρής κλίμακας, της καταναμημένης παραγωγής, των υπηρεσιών ευελιξίας και της συμμετοχής των καταναλωτών στην αγορά ενέργειας είναι ένα απαιτητικό έργο. Ωστόσο, οι blockchains μπορούν να ενεργοποιήσουν τοπικές αγορές ή μικροδίκτυα που αφορούν την ενέργεια και τους καταναλωτές και στοχεύουν στην υποστήριξη της τοπικής παραγωγής και κατανάλωση ενέργειας. Ένα από τα σημαντικότερα οφέλη αυτής της προσέγγισης είναι η μείωση των απωλειών μεταφοράς και η αναβολή των πολυέξοδων αναβαθμίσεων του δικτύου. Από την άλλη πλευρά, η ενέργεια εξακολουθεί να παρέχεται μέσω του φυσικού δικτύου, καθώς η ζήτηση και η προσφορά πρέπει να αντιμετωπίζονται προσεκτικά και να ελέγχονται ώστε να συμμορφώνονται με πραγματικούς τεχνικούς περιορισμούς και τη σταθερότητα του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Τα blockchains μπορούν να καταγράψουν με ασφάλεια την ιδιοκτησία και την προέλευση της ενέργειας που καταναλώνεται ή παρέχεται. Αυτό έχει ως συνέπεια, οι λύσεις blockchain να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για έξυπνες ρυθμίσεις χρέωσης και κοινή χρήση πόρων, π.χ. κοινοτική αποθήκευση, αλλά και για εφαρμογές αποθήκευσης δεδομένων σε έξυπνα δίκτυα και για ασφάλεια στον κυβερνοχώρο. Μια βασική πρόκληση καθώς η εξάπλωση των ΑΠΕ

επιταχύνεται, είναι η διατήρηση της ασφάλειας του εφοδιασμού και η βελτίωση της ανθεκτικότητας του δικτύου. Διευκολύνοντας και επιταχύνοντας τις εφαρμογές IoT και επιτρέποντας πιο αποτελεσματικές και ευέλικτες αγορές, οι blockchains θα μπορούσαν να βελτιώσουν την ανθεκτικότητα του δικτύου και την ασφάλεια του εφοδιασμού. Χάρη στα πλεονεκτήματα που προσφέρονται, οι blockchains θα μπορούσαν πιθανά να προσφέρουν λύσεις σε όλο το ενεργειακό φάσμα όπως: θα μπορούσαν να μειώσουν το κόστος βελτιστοποιώντας τις ενεργειακές διαδικασίες, να βελτιώσουν την ενεργειακή ασφάλεια σε ότι αφορά την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, αλλά και να λειτουργήσουν υποστηρικτικά κάτι το οποίο θα μπορούσε να βελτιώσει την ασφάλεια του εφοδιασμού και τελικά να προωθήσει την αειφορία με τη διευκόλυνση της παραγωγής ανανεώσιμων πηγών και λύσεων χαμηλών εκπομπών άνθρακα.

Όπως προαναφέρθηκε, οι τεχνολογίες blockchain θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε ποικίλες περιπτώσεις που σχετίζονται με τις λειτουργίες και τις επιχειρηματικές διαδικασίες των ενεργειακών εταιρειών. Στην υπάρχουσα βιβλιογραφία έχουν αναφερθεί ορισμένες πτυχές των επιχειρηματικών μοντέλων που ενδέχεται να επηρεαστούν όπως:

-Η χρέωση όπου μέσω των blockchains και της έξυπνης μέτρησης, μπορεί να πραγματοποιηθεί αυτοματοποιημένη χρέωση για τους καταναλωτές και τις κατανεμημένες γεννήτριες. Οι εταιρείες κοινής ωφέλειας ενδέχεται να επωφεληθούν από τη δυνατότητα για μικροπληρωμές ενέργειας, λύσεις pay as you go ή πλατφόρμες πληρωμής για προπληρωμένους μετρητές.

-Οι πωλήσεις και το μάρκετινγκ: το ενεργειακό προφίλ των καταναλωτών, οι ατομικές προτιμήσεις και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες τους μπορούν να διαμορφώσουν τις πρακτικές των πωλήσεων. Οι αλυσίδες μπλοκ, σε συνδυασμό με τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης (AI), μπορούν να παρέχουν προσαρμοσμένα και προστιθέμενης αξίας ενεργειακά προϊόντα, «γνωρίζοντας» τις ενεργειακές συνήθειες των καταναλωτών.

-Ο Αυτοματισμός όπου οι blockchains θα μπορούσαν να συνεισφέρουν στην βελτίωση και στον έλεγχο των αποκεντρωμένων ενεργειακών συστημάτων και

των μικροδικτύων. Η υιοθέτηση τοπικών ενεργειακών αγορών που αντιπροσωπεύονται από τοπικές πλατφόρμες εμπορίας ενέργειας P2P ή κατακευματισμένες πλατφόρμες, ενδέχεται να αυξήσουν σε μεγάλο ποσοστό την ιδιοπαραγωγή και την ιδιοκατανάλωση ενέργειας, με αποτέλεσμα την αύξηση των εσόδων και κερδών.

-Οι εφαρμογές έξυπνου δικτύου και μεταφορά δεδομένων: Οι αλυσίδες μπλοκ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επικοινωνία έξυπνων συσκευών, τη μετάδοση δεδομένων ή την αποθήκευση. Οι έξυπνες συσκευές και το έξυπνο δίκτυο αποτελούνται από έξυπνους μετρητές, προηγμένους αισθητήρες, εξοπλισμό παρακολούθησης δικτύου, συστήματα ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας, αλλά και έξυπνους οικιακούς ελεγκτές ενέργειας και συστήματα παρακολούθησης κτιρίων.

-Η διαχείριση δικτύου όπου μέσω των blockchains ,θα μπορούσε να επιτευχθεί καλύτερη διαχείριση αποκεντρωμένων δικτύων και διαχείριση περιουσιακών στοιχείων.

-Η διαχείριση της ασφάλειας και της ταυτότητας: Η προστασία των συναλλαγών και η ασφάλεια μπορούν να επωφεληθούν από κρυπτογραφικές τεχνικές.

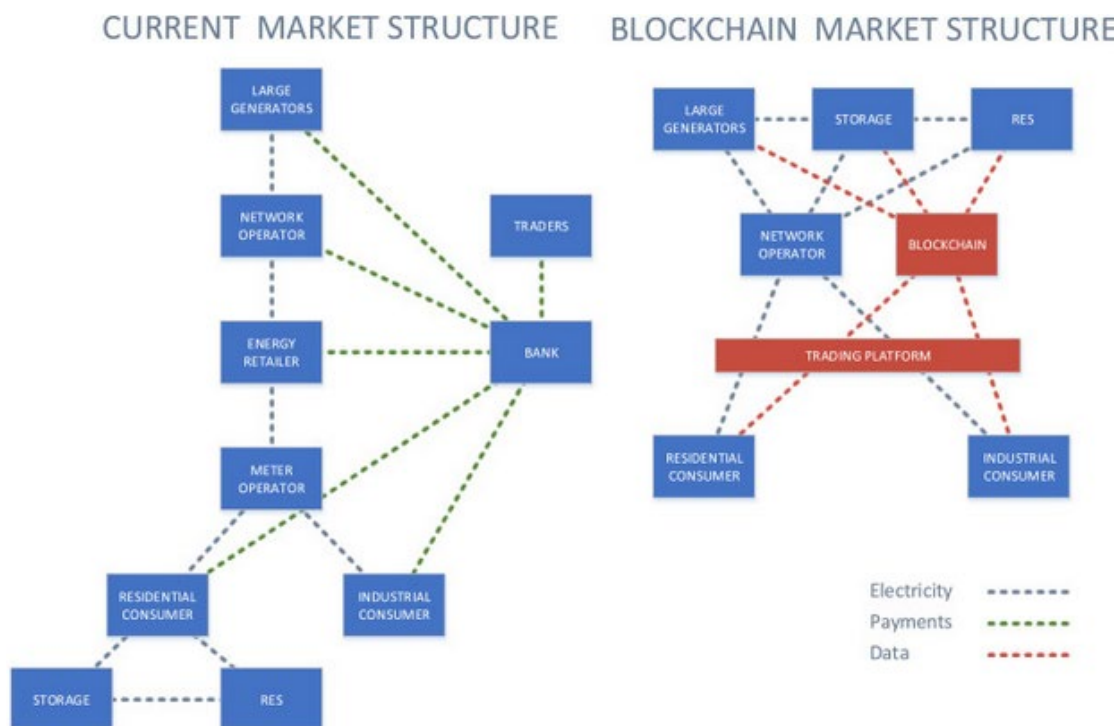
-Ο ανταγωνισμός μέσω των έξυπνων συμβολαίων που ενδέχεται να απλοποιήσουν και να επιταχύνουν την αλλαγή προμηθευτών ενέργειας. Η ενισχυμένη κινητικότητα στην αγορά θα μπορούσε να βελτιώσει τον ανταγωνισμό και πιθανώς να μειώσει τα ενεργειακά τιμολόγια.

-Η Διαφάνεια: Τα αμετάβλητα αρχεία και οι διαφανείς διαδικασίες μπορούν να ενισχύσουν σημαντικά τον έλεγχο και τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς.

3.3 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ BLOCKCHAIN ΣΤΟ ΧΟΝΔΡΙΚΟ ΕΜΠΟΡΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι χονδρικές αγορές ενέργειας διέπονται από πολύπλοκες διαδικασίες που προϋποθέτουν μεσάζοντες, πράκτορες συναλλαγών, χρηματιστήρια,

ανταποκριτές τιμών, παρόχους logistics, τράπεζες και ρυθμιστικές αρχές. Οι σημερινές τρέχουσες διαδικασίες έχουν να κάνουν με χειροκίνητη μετά-επεξεργασία και ανάγκη για αυξημένη επικοινωνία για την ενοποίηση των πληροφοριών που διατηρούνται χωριστά από κάθε μέρος της συναλλαγής. Αυτό έχει ως συνέπεια οι τρέχουσες διαδικασίες να είναι αργές και χρονοβόρες, καθώς οι συναλλαγές πρέπει να επαληθεύονται και να ακολουθούν ένα συγκεκριμένο πλαίσιο από την εκκίνηση έως τον τελικό διακανονισμό. Οι τεχνολογίες blockchain μπορούν να επιτρέψουν σε μια μονάδα παραγωγής να πραγματοποιεί απευθείας συναλλαγές με έναν καταναλωτή ή έναν προμηθευτή λιανικής ενέργειας μέσω αυτόνομων εμπορικών πρακτόρων που αποκλείουν τον μεσάζοντα. Ο αντιπρόσωπος θα αναζητούσε την καλύτερη προσφορά στην αγορά που ικανοποιεί την προβλεπόμενη ζήτηση του καταναλωτή για μια δεδομένη χρονική περίοδο. Οι πληρωμές θα πραγματοποιούνται αυτόματα κατά τη στιγμή της παράδοσης, όπως ορίζεται στη συμφωνημένη σύμβαση. Η δυνατότητα της blockchain να διαμορφώσει την τρέχουσα δομή της αγοράς ενέργειας έχει επισημανθεί σε διάφορες πηγές (βλ. Διάγραμμα 3). Ωστόσο, για την υλοποίηση αυτού του οράματος στην πράξη, είναι αναγκαίο να ξεπεραστούν μια σειρά από σημαντικά εμπόδια και τεχνικές προκλήσεις.



Διάγραμμα 3: Διαμόρφωση της αγοράς ενέργειας μέσω blockchain σύμφωνα με την PWC [30]

Αρχικά, ο αριθμός των συναλλαγών που μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσω blockchains είναι συχνά μια τάξη μεγέθους μικρότερη από αυτό που είναι δυνατό μέσω συμβατικών ηλεκτρονικών πληρωμών, ειδικά εκείνων που χρησιμοποιούν αλγόριθμους απόδειξης εργασίας για την επίτευξη συναίνεσης. Επίσης, είναι κοινώς αποδεκτό πως είναι δύσκολο να μεταμορφωθούν ριζικά οι υπάρχουσες δομές της αγοράς ενέργειας σε σύντομο χρονικό διάστημα. Για αυτόν τον λόγο, σήμερα πολλά υπάρχοντα έργα blockchain έχουν επικεντρωθεί σε συγκεκριμένα τμήματα της συνολικής αγοράς ενέργειας.

Από την άλλη πλευρά, έχουμε παρατηρήσει τα τελευταία χρόνια πολλές εφαρμογές που εντοπίζονται στο αναδυόμενο πεδίο του IoT και γενικά της πληροφορικής όπως εφαρμογές σε «έξυπνα» σπίτια. Τα blockchains διευκολύνουν τις ψηφιακές συναλλαγές P2P, επομένως μπορούν δυνητικά να επιτρέψουν την επικοινωνία μηχανής με μηχανή (M2M) και τις ανταλλαγές δεδομένων μεταξύ έξυπνων συσκευών. Αυτό το γεγονός μαζί με τη δύναμη του

αυτοματισμού και των αναλύσεων μεγάλων δεδομένων , μπορεί δυνητικά να μεταμορφώσει την αλυσίδα αξίας στον ενεργειακό τομέα. Χρήσιμες πληροφορίες από αυτά δεδομένα μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση του συστήματος ισχύος κάτι το οποίο μπορεί να επιφέρει μείωση κόστους. Η ψηφιοποίηση επιπλέον, θα μπορούσε να μειώσει το κόστος διαχείρισης των γεννητριών ΑΠΕ μικρότερης κλίμακας μέσω της απομακρυσμένης συντήρησης και ελέγχου που επιτυγχάνονται από την έξυπνη ενσωμάτωση υλικού, λογισμικού, αισθητήρων, δεδομένων, αναλυτικών στοιχείων και συνδεσιμότητας νέφους. Τέλος, η λήψη αποφάσεων σε τοπικό επίπεδο και ο κατανομημένος έλεγχος μπορούν να μειώσουν την ανάγκη για υπολογιστικούς πόρους που απαιτούνται για τη βέλτιστη λειτουργία μελλοντικών συστημάτων ισχύος.

4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΜΕΣΩ ΕΞΥΠΝΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Αν και έχουν αναφερθεί αρκετοί ορισμοί κατά καιρούς για την κυκλική οικονομία, γενικά προσδιορίζεται ως ένα αναγεννητικό οικονομικό σύστημα στο οποίο η εισροή πόρων και τα απόβλητα, οι εκπομπές και η διαρροή ενέργειας ελαχιστοποιούνται με την επιβράδυνση, το κλείσιμο και τον περιορισμό των βρόχων υλικού και ενέργειας. Η κυκλική οικονομία αποτελεί ένα αποτελεσματικό και υπεύθυνο μοντέλο για την σημερινή κοινωνία μας, καθώς και ένα αναγκαίο μέτρο για την αντιμετώπιση της Κλιματικής Αλλαγής, αφού μέσω αυτής επιτυγχάνεται η εξάλειψη της σπατάλης και η ενίσχυση της χρησιμότητας των φυσικών πόρων. Η κύρια πρόκληση για την παγκόσμια οικονομία την σημερινή εποχή ,έχει να κάνει με την αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης από τους περιορισμένους φυσικούς πόρους. Μέσω ορισμένων βασικών δράσεων όπως η επαναχρησιμοποίηση, κοινή χρήση,

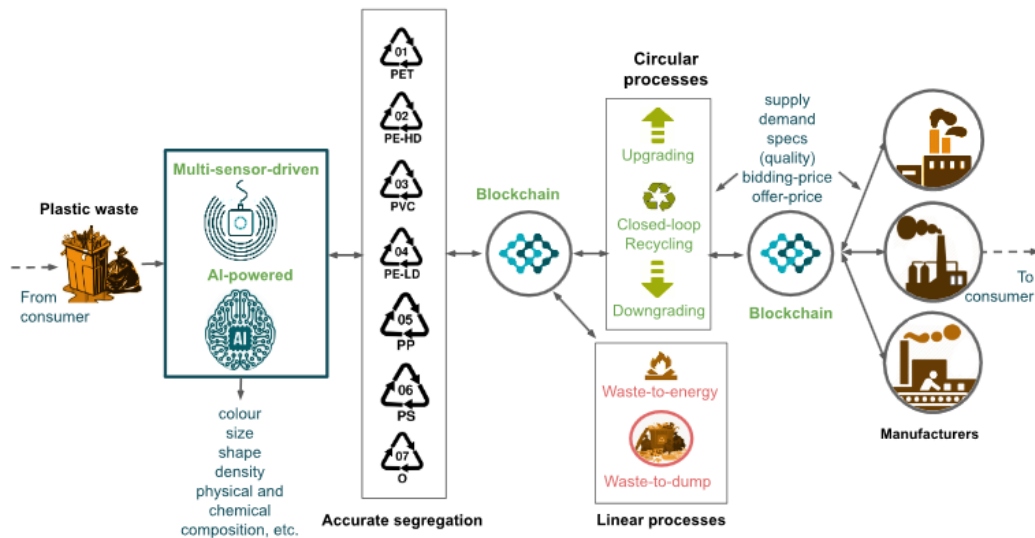
επισκευή, ανακαίνιση, ανακατασκευή, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση – μπορεί η οικονομία να λειτουργήσει με τέτοιο τρόπο ώστε να επεκταθεί ο κύκλος ζωής των προϊόντων, του εξοπλισμού και των υποδομών. Αυτό θα επιφέρει την βελτίωση της χρησιμότητας των πόρων μειώνοντας τα απόβλητα και την κατανάλωση ενέργειας. Από την άλλη πλευρά, η ενεργειακή μετάβαση θα συμβάλλει στην αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων ως πηγή ενέργειας σε πηγές μηδενικού άνθρακα. Παρ' όλα αυτά, τα έργα κυκλικής οικονομίας και ενεργειακής μετάβασης μπορούν να ωφεληθούν σε μεγάλο βαθμό από τη χρήση έξυπνων τεχνολογιών που υποστηρίζουν την ανάπτυξη σχετικών πλαισίων πολιτικής και μέσων της αγοράς.

Οι βιομηχανικές εκπομπές άνθρακα αποτελούν ένα μείζον πρόβλημα για το κλίμα αλλά αυτό μπορεί να αντισταθμιστεί εάν αυτές χρησιμοποιηθούν έξυπνα. Στην περίπτωση αυτή υπάρχουν διαφορετικές τεχνολογίες δέσμευσης και χρήσης άνθρακα (CCU- carbon capture and utilisation) που μετατρέπουν τις εκπομπές άνθρακα σε διάφορα αξιοποιήσιμα προϊόντα, όπως καύσιμα, πολυμερή και άλλα χημικά. Οι τεχνολογίες δέσμευσης και χρήσης άνθρακα μπορούν επίσης να συνεισφέρουν σε μια νέα οικονομία που αξιοποιεί πλήρως τις εκπομπές από τις βιομηχανίες. Κάποιες διαδικασίες έχουν να κάνουν με την ανακύκλωση διοξειδίου άνθρακα (CO₂) από βιομηχανικές εκπομπές και μέσω της ηλεκτρόλυσης (από ΑΠΕ), παράγονται προϊόντα προστιθέμενης αξίας (π.χ. «πράσινα» καύσιμα κ.α.). Χρησιμοποιώντας αυτές τις βιομηχανικές εκπομπές άνθρακα για την παραγωγή καυσίμων -και με την υποστήριξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας- υπάρχει η δυνατότητα επίτευξης της πράσινης κυκλικής οικονομίας.

Το πλαστικό, παρ' όλο που είναι ένα ανθρωπογενές υλικό και αποτέλεσε μια καινοτομία τα προηγούμενα χρόνια, είναι υπεύθυνο για την μεγάλη ρύπανση που μαστίζει τον πλανήτη. Το χάος που έχει δημιουργηθεί από την μεγάλη ποσότητα πλαστικού είναι απίστευτο και ενοχλητικό και σίγουρα δεν υπάρχει κάποιος απλός τρόπος να απαλλαγούμε από αυτό. Οφείλουμε σαν κοινωνία να κατανοήσουμε και να επιλύσουμε κάποιες δομικές προκλήσεις, ώστε να ενθαρρύνουμε τους εαυτούς μας στην ανακύκλωση αλλά και στην

επαναχρησιμοποίηση των πλαστικών απορριμμάτων. Το μεγαλύτερο πρόβλημα έγκειται στην έλλειψη αξιόπιστων πληροφοριών σχετικά με την ποιότητα και την καταλληλότητα του ανακυκλωμένου πλαστικού. Χωρίς αυτές τις αξιόπιστες πληροφορίες, οι κατασκευαστές δεν έχουν κίνητρο να προμηθευτούν ανακυκλωμένη πρώτη ύλη για την παραγωγή των προϊόντων τους ((Eriksen, Damgaard, Boldrin, & Astrup, 2018). Για αυτόν τον λόγο, έχουν αναπτυχθεί ορισμένα εργαλεία- πολλαπλοί αισθητήρες τεχνητής νοημοσύνης (AI) και με την χρήση blockchain, όπου διαμέσου αυτών παρέχονται οι σωστές πληροφορίες για την βελτίωση των διαδικασιών της κατανομής και ανακύκλωσης των πλαστικών απορριμμάτων (Patil et al., 2020), (βλ. εικόνα 2). Επιπλέον, με την χρήση της πλατφόρμας blockchain υπάρχει δυνατότητα ανταλλαγής και επικύρωσης πολύτιμων πληροφοριών (ψηφιακές συναλλαγές) μεταξύ των φορέων κατανομής πλαστικών απορριμμάτων, των φορέων ανακύκλωσης και των αγοραστών πρώτης ύλης (κατασκευαστές). Μέσω των πληροφοριών αυτών, γίνονται γνωστά και δεδομένα που αφορούν την προσφορά, τη ζήτηση, τις προδιαγραφές (ποιότητα) καθώς και την τιμή προσφοράς της ανακυκλωμένης πρώτης ύλης. Ως αποτέλεσμα των προαναφερθέντων εργαλείων, είμαστε σε θέση να ελαχιστοποιήσουμε την ποσότητα των πλαστικών απορριμμάτων που αποτεφρώνονται και να καταστήσουμε μια κυκλική οικονομία του πλαστικού που προστατεύει το περιβάλλον και υποστηρίζει την ενεργειακή μετάβαση με τρεις τρόπους:

1. Περιορίζει την εξάρτησή μας από το παρθένο πλαστικό που προέρχεται από ορυκτά καύσιμα
2. Ελαχιστοποιεί την εκπομπή άνθρακα από τις μονάδες αποτέφρωσης
3. Αποφεύγεται η ρύπανση που προκαλείται από τους χώρους υγειονομικής ταφής.



Εικόνα 2: Εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης και blockchain που βασίζονται σε πολλούς αισθητήρες για αποτελεσματικό διαχωρισμό και ανακύκλωση πλαστικών απορριμμάτων. **

5. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Την σημερινή εποχή, η ενέργεια θεωρείται ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την οικονομική ανάπτυξη. Εξ' αιτίας της αστάθειας της τιμής του πετρελαίου, της εξάντλησης των ορυκτών καυσίμων, της υπερθέρμανσης του πλανήτη και της τοπικής ρύπανσης, των γεωπολιτικών εντάσεων και της αύξησης της ζήτησης ενέργειας, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η αποτελεσματική χρήση των ορυκτών καυσίμων έχουν γίνει επιτακτική ανάγκη όσο τίποτα άλλο. Οι εθνικές και διεθνείς ενεργειακές/ περιβαλλοντικές κρίσεις και συγκρούσεις συνδυάζονται έτσι ώστε να ενθαρρύνουν μια δραματική μετάβαση από τα ορυκτά καύσιμα σε αξιόπιστα, καθαρά και αποδοτικά καύσιμα. Παρ' όλο που οι ΑΠΕ φαίνονται να είναι μια αξιόπιστη λύση, υπάρχουν κάποιες σοβαρές ανησυχίες για την εφαρμογή τους όπως το κόστος κεφαλαίου και οι συνθήκες κατά τις οποίες παράγεται η ενέργεια μέσω ΑΠΕ (ο ρυθμός παραγωγής της

αιολικής και ηλιακής ενέργειας μεταβάλλεται ανάλογα με τις εποχές). Τα ζητήματα κόστους εξαρτώνται κυρίως από τον τρόπο με τον οποίο η έρευνα και η ανάπτυξη μπορεί να πραγματοποιηθεί με επιτυχία σε αυτούς τους τομείς. Απαιτούνται εκτεταμένες δημόσιες και ιδιωτικές έρευνες και προσπάθειες ανάπτυξης για την επίτευξη τεχνολογικών καινοτομιών για την εμπορική ωριμότητα αυτών των τεχνολογιών. Ως εκ τούτου, προκειμένου οι ΑΠΕ να καταστούν απολύτως αξιόπιστες ως πρωτογενείς πηγές ενέργειας, είναι σημαντικό να αναπτυχθεί ο τομέας της αποθήκευσης ενέργειας.

Ουσιαστικά η πλεονάζουσα ενέργεια που παράγεται από τις ΑΠΕ, θα πρέπει να αποθηκεύεται και όταν χρειάζεται να απελευθερώνεται. Θεωρείται επίσης ότι η αποθήκευση ενέργειας μπορεί να είναι πολλαπλά ωφέλιμη τόσο για τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας όσο και για τους πελάτες τους όσον αφορά:

- I. Την βελτιωμένη απόδοση στην λειτουργία ενός συστήματος
- II. Την μειωμένη χρήση πρωτογενούς καυσίμου με εξοικονόμηση ενέργειας
- III. Την παροχή ασφάλειας στον ενεργειακό εφοδιασμό
- IV. Τις μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η αποθήκευση ενέργειας σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να οριστεί ως μια εγκατάσταση ή μέθοδος που συνήθως ελέγχεται ανεξάρτητα και μέσω της οποίας είναι δυνατή η αποθήκευση ενέργειας που παράγεται στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αυτό μόλις κριθεί αναγκαίο. Από αυτόν τον ορισμό, συνεπάγεται πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους: φόρτιση, αποθήκευση και αποφόρτιση. Σε κάθε μια από αυτές τις τρεις καταστάσεις, θα πρέπει να διατηρηθεί μια ισορροπία μεταξύ ισχύος και ενέργειας στο σύστημα έτσι ώστε η αποθήκευση ενέργειας να έχει την κατάλληλη ισχύ και ενεργειακή ικανότητα. Η διάρκεια κάθε κατάστασης (φόρτιση, αποθήκευση και αποφόρτιση), ο

χρόνος μεταγωγής και η αποθηκευτική αποδοτικότητα , υπόκεινται στις απαιτήσεις του συστήματος ισχύος. Επιπροσθέτως, είναι γεγονός πως διαφορετικές τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας συνυπάρχουν γιατί τα χαρακτηριστικά τους τις καθιστούν ελκυστικές για διαφορετικές εφαρμογές. Γενικά ,είναι γνωστό ότι τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να περιγραφούν είτε ως ηλεκτρικά είτε ως θερμικά. Η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα τεχνολογιών, οι οποίες είτε άμεσα είτε έμμεσα επιτρέπουν την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ηλεκτρικής εισόδου και εξόδου. Οι κύριες τεχνολογίες είναι:

- i. ηλεκτροχημικά συστήματα (που περιλαμβάνουν μπαταρίες)
- ii. συστήματα αποθήκευσης κινητικής ενέργειας, που συνήθως αναφέρονται ως αποθήκευση ενέργειας σφονδύλου
- iii. δυναμική αποθήκευση ενέργειας με τη μορφή είτε αντλούμενης υδροηλεκτρικής είτε αποθήκευσης πεπιεσμένου αέρα.

Απ' την άλλη πλευρά ,τα συστήματα αποθήκευσης θερμικής ενέργειας χρησιμοποιούν είτε τις θερμοχημικές αντιδράσεις, την αισθητή ή τη λανθάνουσα θερμική ικανότητα των υλικών για να παρέχουν μια πηγή θέρμανσης ή ψύξης, η οποία μπορεί να αναπληρωθεί όπως απαιτείται.

Η αποθήκευση θερμικής ενέργειας (ΑΘΕ) αναγνωρίζεται ευρέως ως μέσο για την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ότι αφορά την πλευρά της παραγωγής, ενώ είναι επίσης δυνατή και η εφαρμογή της στην πλευρά της ζήτησης. Τις τελευταίες δεκαετίες, τα συστήματα ΑΘΕ έχουν επιδείξει την ικανότητα να μετατοπίζουν ηλεκτρικά φορτία από ώρες υψηλής αιχμής σε ώρες με χαμηλότερη κατανάλωση, έτσι ώστε να έχουν τη δυνατότητα να γίνουν ένα ισχυρό εργαλείο σε προγράμματα διαχείρισης από την πλευρά της ζήτησης. Η θερμική αποθήκευση είναι μια τεχνολογία που διασφαλίζει την ενεργειακή ασφάλεια, την απόδοση και είναι φιλική στο περιβάλλον. Η αποθήκευση θερμικής ενέργειας μπορεί επίσης να προσδιοριστεί ως η προσωρινή αποθήκευση θερμικής

ενέργειας σε υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες. Τα συστήματα ΑΘΕ έχουν την δυνατότητα να ευνοήσουν την αποτελεσματική χρήση του εξοπλισμού θερμικής ενέργειας και να διευκολύνουν την μεταγωγή μεγάλης κλίμακας. Συνήθως είναι χρήσιμα για τη διόρθωση της αναντιστοιχίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης ενέργειας. Συγκεκριμένα η ΑΘΕ έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και σημασία στη χρήση της τεχνικής για ηλιακές θερμικές εφαρμογές όπως θέρμανση, ζεστό νερό, ψύξη, κλιματισμός κ.λπ., εξ' αιτίας της διαλείπουσας φύσης της. Σε αυτή την περίπτωση, ένα σύστημα ΑΘΕ θα πρέπει να είναι σε θέση να διατηρήσει την ενέργεια που απορροφάται για τουλάχιστον μερικές ημέρες, προκειμένου να παρέχει την ενέργεια που απαιτείται σε συνεφιασμένες ημέρες όταν η εισροή ενέργειας είναι χαμηλή. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή, υπάρχουν διάφορες κατηγορίες τεχνολογιών αποθήκευσης θερμικής ενέργειας. Εάν το κριτήριο βασίζεται στο επίπεδο θερμοκρασίας της αποθηκευμένης θερμικής ενέργειας, οι λύσεις θερμικής αποθήκευσης μπορούν να χωριστούν σε «αποθήκευση θερμικής ενέργειας χαμηλής θερμοκρασίας» και «αποθήκευση θερμικής ενέργειας σε υψηλή θερμοκρασία». Η αποθήκευση θερμικής ενέργειας χαμηλής θερμοκρασίας λειτουργεί σε θερμοκρασίες κάτω των 200 °C και έχει διερευνηθεί και αναπτυχθεί εκτενώς. Αυτές οι εφαρμογές υπάρχουν στη θέρμανση και ψύξη κτιρίων στην ηλιακή μαγειρική, σε ηλιακούς λέβητες νερού, συστήματα θέρμανσης αέρα και σε ηλιακά θερμοκήπια. Η ΑΘΕ υψηλής θερμοκρασίας συμβάλλει σημαντικά στον τομέα των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλά και στην ανάκτηση της σπατάλης θερμότητας. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών εφαρμογών όπου η θερμότητα που σπαταλείται μπορεί να ανακτηθεί, ειδικά στην εξόρυξη δομικών υλικών και γενικά στη μεταλλουργική βιομηχανία. Σήμερα ωστόσο, η αποθήκευση θερμικής ενέργειας σε υψηλή θερμοκρασία επικεντρώνεται περισσότερο σε εφαρμογές ηλιακής θερμικής ενέργειας.

Τα ορυκτά καύσιμα εκτός του ότι αποτελούν συγκεντρωμένες πηγές ενέργειας, έχουν δύο σημαντικά χαρακτηριστικά. Τα καύσιμα μπορούν να αποθηκευτούν για όσο διάστημα χρειαστεί και μπορούν να μεταφερθούν

σιδηροδρομικώς, οδικώς ή με αγωγούς στο σημείο όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Αντίθετα, το μεγαλύτερο μέρος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (εκτός από βιομάζα και υδροηλεκτρικά) δεν μπορεί να αποθηκευτεί και δεν μπορεί να μεταφερθεί στον τόπο χρήσης, παρά μόνο με τη μετατροπή τους σε ηλεκτρική ενέργεια. Συνεπώς, η ηλεκτρική ενέργεια είναι η πιο ευέλικτη και προτιμώμενη μορφή ενέργειας για πολλές εφαρμογές και είναι γεγονός ότι οι ΑΠΕ συνδέονται άμεσα με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, η ηλεκτρική ενέργεια μεταδίδεται εύκολα σε μεγάλες αποστάσεις και διανέμεται στους καταναλωτές μέσω δικτύου καλωδίων, αλλά συχνά υπάρχει το πρόβλημα της ισορροπίας ανάμεσα στην κάλυψη της ζήτησης και της προσφοράς. Αυτό θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί με την ανάπτυξη και εφαρμογή συστημάτων για την αποτελεσματική αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας είναι η ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η απελευθέρωσή της για χρήση σε άλλες περιόδους όπου θεωρείται πιο επωφελής. Η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει όλες τις τεχνολογίες και τα συστήματα όπου η εξωτερική διεπαφή είναι ηλεκτρική. Η ηλεκτρική διεπαφή είναι ένα κρίσιμο στοιχείο των συστημάτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας και παρέχεται από ένα σύστημα μετατροπής ισχύος (το οποίο αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 25% του συνολικού κόστους ενός πλήρους συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας). Σημαντικό είναι να επισημανθεί ότι η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί άμεσα ή έμμεσα με μεθόδους όπως:

- μηχανικά με άντληση νερού, συμπίεση αέρα ή αύξηση της ταχύτητας περιστροφής των ηλεκτρομαγνητικών σφονδύλων
- χημικά με παραγωγή ή μετατροπή υλικών σε χημικά συστήματα, όπως μπαταρίες
- και με τροποποίηση ηλεκτρικών ή μαγνητικών πεδίων σε πυκνωτές ή υπεραγώγιμους μαγνήτες.

6. ΕΠΙΛΟΓΟΣ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αντιμετώπιση της Κλιματικής Αλλαγής αποτελεί την πιο σημαντική πρόκληση για τα επόμενα χρόνια και αφορά όλες τις κυβερνήσεις και τους πολίτες. Ο κύριος καθοδηγητικός παράγοντας για τις κυβερνήσεις είναι η δέσμευση για την μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, η οποία θα συνοδεύεται και από υποχρεώσεις αύξησης της διείσδυσης των ΑΠΕ ,έτσι ώστε να επιτευχθεί η κλιματική ουδετερότητα έως το 2050. Επίσης ,θα εξαρτηθεί από το κάθε κράτος εάν θα επενδύσει στην ανάπτυξη των ΑΠΕ και αν θα δώσει κίνητρα για την ενσωμάτωσή τους στο ενεργειακό μίγμα, με στόχο την ενεργειακή ασφάλεια, ανεξαρτησία αλλά και την επίτευξη ενός ενεργειακού συστήματος χαμηλών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, με βαθιές τομές στο πεδίο της εξοικονόμησης ενέργειας. Πρόκειται για ένα εγχείρημα το οποίο δεν είναι καθόλου εύκολο οικονομικά, ρυθμιστικά και τεχνικά ,και θα χρειαστεί συνεχή παρακολούθηση και εφαρμογή πλήθους κινήτρων και μέτρων πολιτικής. Από την άλλη πλευρά, σε προηγούμενα μέρη της εργασίας επισημάνθηκε η πολλά υποσχόμενη τεχνολογία των έργων blockchain και των ερευνητικών πρωτοβουλιών σε ένα ευρύ πεδίο υπηρεσιών και χρήσης στον τομέα της ενέργειας. Μολονότι αυτές οι τεχνολογίες αποτελούν καινοτόμες λύσεις για την διαμόρφωση του κλάδου της ενέργειας και την ενεργειακή μετάβαση τα επόμενα χρόνια, θα πρέπει να αποδείξουν ότι μπορούν να προσφέρουν την επεκτασιμότητα, την ταχύτητα και την ασφάλεια που απαιτούνται για την ομαλή λειτουργία του δικτύου ενέργειας. Τέλος, είναι αναγκαίο να τονιστεί πως οι προαναφερθείσες προτάσεις για την ενεργειακή μετάβαση έχουν επί του παρόντος υψηλό κόστος ανάπτυξης, κάτι που σημαίνει ότι μπορούν να υλοποιηθούν με τη βοήθεια των οικονομικά εύρωστων κρατών και του ιδιωτικού τομέα.

Παράρτημα:

*Εικόνα από Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., ... & Peacock, A. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and sustainable energy reviews*, 100, 143-174.

** Εικόνα από Sankaran, K. (2019). Carbon emission and plastic pollution: how circular economy, blockchain, and artificial intelligence support energy transition?. *Journal of Innovation Management*, 7(4), 7-13.

Βιβλιογραφικές Αναφορές:

1. Δημήτριος Γ. Αγγελόπουλος (2019). ΚΕΦΑΛΑΙΟ, Π. Π. 2.2 Κλιματική Αλλαγή, Ενεργειακή Μετάβαση & Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Πολιτική. *Ολοκληρωμένη Μεθοδολογία Προώθησης Επενδύσεων σε Έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας*, 16.
2. Sankaran, K. (2019). Carbon emission and plastic pollution: how circular economy, blockchain, and artificial intelligence support energy transition?, *Journal of Innovation Management*, 7(4), 7-13.
3. ΟΕλληνικός Ενεργειακός Τομέας- Ετήσια Έκθεση 2019, IENE <https://www.iene.gr/articlefiles/file/meletes/iene-meleti-2019.pdf> (assessed 4/6/2022)
4. https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/el/FTU_2.4.9.pdf
5. Νίκος Βέπτας, Svetoslav Danchev, Γιώργος Μανιάτης, Νίκος Παρατσιώκας, Κώστας Βαλάσκας (2021), Ο Τομέας Ενέργειας στην Ελλάδα: Τάσεις, Προοπτικές και Προκλήσεις, IOBE.
6. European Commission, Public consultation on the governance framework for the European day-ahead market coupling, 28 November 2011
7. L. Lin (2012), **Research on international carbon finance market development and risk in low carbon economy**, *Contemp. Finance Econ.*, 2, pp. 51-58
8. T. Lu (2016), **Study on development status of China carbon finance market, international experience and counter measures**, *Meteorol. Environ. Res.*, 7 (5), pp. 32-35
9. X. Meng, F. An, Z. He (2009), **Overview of global carbon emissions trading market**
Petrol. Petrochem. Today, 17 (12), pp. 20-23
10. S. Labatt, R.R. White (2007), **Carbon finance: the financial implications of climate change** *Trans. Cryog. Eng. Conf.—cec: Adv. Cryog. Eng.*, pp. 1223-1230

11. Zhou, K., & Li, Y. (2019). Carbon finance and carbon market in China: Progress and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 214, 536-549.
12. Ahsan U, Bais A. (2017), Distributed big data management in smart grid. In: *Wirel Opt Commun Conference (WOCC)*, IEEE, 2017, pp. 1–6.
13. Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., ... & Peacock, A. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and sustainable energy reviews*, 100, 143-174.
14. Mattila J, Seppälä T, Naucier C, Stahl R, Tikkanen M, Bådenlid A, et al. (2016), Industrial blockchain platforms: An exercise in use case development in the energy industry. <https://www.etla.fi/julkaisut/industrial-blockchain-platforms-an-exercise-in-use-case-development-in-the-energy-industry/> ,(accessed 10/8/2022)
15. European Commission (2006). European Smart Grids Technology Platform: Vision and strategy for Europe's electricity networks of the future, https://ec.europa.eu/research/energy/pdf/smartgrids_en.pdf ,(accessed 10/8/2022)
16. HM Government (2015). Cutting the cost of keeping warm - a fuel poverty strategy for England, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/408644/cutting_the_cost_of_keeping_warm.pdf,(accessed 10/8/2022)
17. Grewal- Carr V, Marshall S. Blockchain enigma paradox opportunity (2016). <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/Innovation/deloitte-uk-blockchain-full-report.pdf> ,(accessed 10/8/2022)
18. M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, A.D. Joseph, R. Katz, A. Konwinski, et al. (2010), **A view of cloud computing** ,Commun ACM, 53 (4) pp. 50-58
19. Mattila J. (2016), The blockchain phenomenon-the disruptive potential of distributed consensus architectures. <http://www.brie.berkeley.edu/wpcontent/uploads/2015/02/Juri-Mattila-.pdf> , [accessed 12/8/2022]
20. Back A, Corallo M, Dashjr L, Friedenbach M, Maxwell G, Miller A, et al.(2014), Enabling blockchain innovations with pegged sidechains. <http://www.opensciencereview.com/papers/123/enablingblockchain-innovations-with-pegged-sidechains> , [accessed 12/8/2022]
21. W. Diffie, M. Hellman (1976) ,**New directions in cryptography** ,IEEE Trans Inf Theory, 22 (6), pp. 644-65
22. Swan M. (2015), *Blockchain: Blueprint for a new economy*. O'Reilly Media Inc.
23. Burger C, Kuhlmann A, Richard P, Weinmann J. (2016) ,Blockchain in the energy transition a survey among decision-makers in the German energy industry. https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/9165_Blockchain_in_der_Energiewende_englisch.pdf , [accessed 14/8/2022]

24. Konashevych O. Advantages and current issues of blockchain use in microgrids (2016) ,<https://ssrn.com/abstract=2662660> , [accessed 14/8/2022]
25. Pinson P, Baroche T, Moret F, Sousa T, Sorin E, You S (2018), The emergence of consumer-centric electricity markets. <http://pierrepinson.com/docs/pinsonetal17consumercentric.pdf> , [accessed 14/8/2022]
- 26.M. Mylrea, S.N.G. Gourisetti (2017), **Cybersecurity and optimization in smart 'autonomous' buildings** ,W. Lawless, R. Mittu, D. Sofge, S. Russell (Eds.), *Autonomy and Artificial Intelligence: A Threat or Savior?*, Springer International Publishing , pp. 263-294
27. Indigo Advisory Group. Blockchain in energy and utilities use cases, vendor activity, market analysis (2017) , <<https://www.indigoadvisorygroup.com/blockchain>> , [accessed 17/8/2022]
- 28.Dal Canto D. Enel. 2017, Blockchain: which use cases in the energy industry, CIRED Glasgow, Round table discussion.
- 29.Ernst & Young 2017, Overview of blockchain for energy and commodity trading, <<http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-overview-of-blockchain-for-energy-and-commodity-trading/FILE/ey-overview-of-blockchain-for-energy-and-commodity-trading.pdf>> , [accessed 17/8/2022]
- 30.PwC global power & utilities (2016), Blockchain - an opportunity for energy producers and consumers?.<https://www.pwc.com/gx/en/industries/assets/pwc-blockchain-opportunity-for-energy-producers-and-consumers.pdf>> , [accessed 17/8/2022]
- 31.B.L.R. Stojkoska, K.V. Trivodaliev (2017),**A review of Internet of Things for smart home: challenges and solutions** ,J Clean Prod, 140, pp. 1454-1464
32. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy—A new sustainability paradigm ?. *Journal of cleaner production*, 143, 757-768.
- 33.Hunt, A. J., Sin, E. H. K., Marriott, R., & Clark, J. H. (2010). Generation, capture, and utilization of industrial carbon dioxide. *Chemistry & Sustainability Energy& Materials*, 3(3),306–322. doi:10.1002/cssc.200900169
- 34.Jiang, Z., Xiao, T., Kuznetsov, V. L., & Edwards, P. P. (2010). Turning carbon dioxide into fuel. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 368(1923), 3343– 3364. doi: 10.1098/rsta.2010.0119
- 35.Kousksou, T., Bruel, P., Jamil, A., El Rhafiki, T., &Zeraouli, Y. (2014). Energy storage: Applications and challenges. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 120, 59-80.
- 36.International Energy Agency, (2007). World Energy Outlook-2006 ,IEA.

37. U. Daim, X. Li, J. Kim, S. (2012). **Simulation of energy storage technologies for integration with renewable electricity: quantifying expert opinions**, Environmental Innovation and Societal Transitions, 3 (2012), pp. 29-49
38. N.K.C. Nair, N. Garimella (2010), **Battery energy storage systems: assessment for small-scale renewable energy integration**, Energy and Buildings, 42 pp. 2124-2130
39. J. Baker (2008), **New technology and possible advances in energy storage** Energy Policy, 36 pp. 4368-4373
40. D. Fernandes, F. Pitié, G. Cáceres, J. Baeyens (2012), **Thermal energy storage: how previous findings determine current research priorities**, Energy, 39 pp. 246-257
41. I. Dincer, M.A. Rosen (2002), **Thermal Energy Storage, Systems and Applications**, Wiley, New York
42. S.M. Hasnain (1998), **Review on sustainable thermal energy storage technologies, part I: heat storage materials and techniques**, Energy Conversion and Management, 39 pp. 1127-1138
43. R. Tamme, T. Bauer, J. Buschle, D. Laing, H. Müller-Steinhagen, W.D. Steinmann (2008), **Latent heat storage above 120_C for applications in the industrial process heat sector and solar power generation**, International Journal of Energy Research, 32 pp. 264-271
44. M. Medrano, A. Gil, I. Martorell, X. Potau, L.F. Cabeza (2010), **State of the art on high temperature thermal energy storage for power generation. Part 2 – case studies**, Renewable Sustainable Energy Review, 14 pp. 56-72
45. A.I. Fernandez, M. Martinez, M. Segarra, I. Martorell, L.F. Cabeza (2010), **Selection of materials with potential in sensible thermal energy storage**, Solar Energy Materials & Solar Cells, 94 pp. 1723-1729
46. N.L. Panwar, S.C. Kaushik, S. Kothari (2011), **Role of renewable energy sources in environmental protection: a review**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15 pp. 1513-1524
47. R.A. Huggins (2010), **Energy Storage**, Springer Science LLC, USA
48. P. Denholm, E. Ela, B. Kirby, M. Milligan (2010) , **Role of Energy Storage with Renewable Electricity Generation**, NREL/TP-6A2e47187, National Renewable Energy Laboratory
49. J. Baker (2008), **New technology and possible advances in energy storage**, Energy Policy, 12 (36), pp. 4368-4373