



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ «ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΩΝ
ΜΗΤΡΩΩΝ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Ευάγγελος Μαρινάκης
Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2023



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ «ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΩΝ ΜΗΤΡΩΩΝ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Ευάγγελος Μαρινάκης

Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την Τριμελή Επιτροπή στις 19 Ιουνίου 2023

Ευάγγελος Μαρινάκης

Επίκουρος Καθηγητής

.....

Χρήστος Στεφανάτος

Επιστημονικό Προσωπικό

.....

Γεώργιος Στραβοδήμος

Επιστημονικό Προσωπικό

.....

ΑΘΗΝΑ ΙΟΥΝΙΟΣ 2023

.....
Αναστασίου Νικόλαος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Μηχανικός Υπολογιστών

Copyright © Αναστασίου Νικόλαος, Αθήνα Ιούνιος 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξερευνά την εξελισσόμενη χρήση της τεχνολογίας κατανεμημένων μητρώων στον ενεργειακό τομέα, εξετάζοντας διάφορα επιχειρηματικά μοντέλα που έχουν προκύψει σε αυτό το καινοτόμο πεδίο. Η τεχνολογία αυτή, που υλοποιείται συνήθως ως τεχνολογία blockchain, προσφέρει νέες ευκαιρίες για αποκεντρωμένες ενεργειακές συναλλαγές, διαφάνεια και διαχείριση δικτύου. Αυτές οι δυνατότητες έχουν γεννήσει μια ευρεία γκάμα επιχειρηματικών μοντέλων, το καθένα με ξεχωριστές στρατηγικές, προτάσεις αξίας και λειτουργικές δομές.

Στην εργασία αυτή εξετάζονται διάφορα αναδυόμενα επιχειρηματικά μοντέλα και παρουσιάζεται μια συγκριτική ανάλυση δύο μελετών περίπτωσης, της WePower και της PowerLedger, ώστε να προσδιοριστούν κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας και αποτυχίας των ενεργειακών start-ups που βασίζονται στην τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων.

Λέξεις κλειδιά: Τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων, ενεργειακά νομίσματα, επιχειρηματικά μοντέλα

Abstract

This thesis explores the evolving use of distributed ledger technology in the energy sector, examining various business models that have emerged in this innovative field. This technology, usually implemented as blockchain technology, offers new opportunities for decentralized energy transactions, transparency and network management. These capabilities have spawned a wide range of business models, each with distinct strategies, value propositions and operational structures.

This project examines various emerging business models and presents a comparative analysis of two case studies, WePower and PowerLedger, to identify critical success and failure factors of energy start-ups based on distributed ledger technology

Keywords: distributed ledger technology, blockchain, business models, energy tokens

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή Ε. Μαρινάκη για την καθοδήγηση και υποστήριξη του κατά τη διαδικασία επιλογής του θέματος της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου για τον Χ. Στεφανάτο και Γ. Στραβοδήμο για την καθοδήγηση και την βοήθειά τους κατά τη συγγραφή αυτής της εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου για την ακλόνητη στήριξή της κατά τη διάρκεια αυτής της ακαδημαϊκής πορείας

Αναστασίου Νικόλαος

Αθήνα, 2023

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή	11
Κεφάλαιο 2 - Έννοιες που χρησιμοποιήθηκαν - Ανάλυση θεωρητικού υπόβαθρου	13
2.1 Η τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων(Blockchain)	13
2.2 Bitcoin	16
2.3 Είδη Αρχιτεκτονικών Blockchain.....	18
2.4 Κατανεμημένοι αλγόριθμοι συναίνεσης.....	19
2.5 Proof of Work	21
2.6 Proof of Stake	23
2.7 Practical Byzantine Fault Tolerance	24
2.8 Federated Byzantine Agreement (FBA)	25
Κεφάλαιο 3 – Επιχειρηματικά μοντέλα στον τομέα της ενέργειας με τη χρήση της τεχνολογίας κατανεμημένων μητρώων	27
3.1 Διαφορετικά Επιχειρηματικά Μοντέλα.....	27
3.1.1 Peer-to-Peer (P2P) energy trading	27
3.1.2 Εμπορία πιστοποιητικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (REC)	28
3.1.3 Διαχείριση μικροδικτύων (Microgrid management)	30
3.1.4 Αντιστάθμιση άνθρακα(Carbon Offsetting)	31
3.1.5 Διαχείριση Δεδομένων.....	32
3.2 Χονδρεμπόριο ενέργειας	33
3.3 Ψηφιοποίηση και Διαδίκτυο των Πραγμάτων	35
3.4 Μικροδίκτυα	37
3.5 Ηλεκτρικά Οχήματα	38
3.6 Μελέτη Περίπτωσης: Το μικροδίκτυο του Μπρούκλιν	41
3.7 Το νόμισμα ATOM.....	44
Κεφάλαιο 4 – Μελέτη περίπτωσης της WePower	46
4.1 Επιχειρηματικό Μοντέλο	47
4.2 Πρόταση Αξίας.....	47
4.3 Μοντέλο Εσόδων.....	48
4.4 Πελάτες.....	48
4.5 Τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων και δημιουργία νομισμάτων	48
4.6 Η πλατφόρμα.....	49
4.7 Η δημοπρασία	50
4.8 Ενεργειακά Νομίσματα.....	50
4.9 WPR Tokens	51
4.10 Μοντέλο Πωλήσεων	52
4.11 Συνεργασίες.....	55
4.12 Ανταπόκριση Επενδυτών	56
4.13 Αποτίμηση.....	57
4.13.1 Αδυναμία προσέλκυσης κρίσιμης μάζας.....	57
4.13.2 Διαχείριση νομισμάτων και ICO.....	59
Κεφάλαιο 5 – Μελέτη Περίπτωσης Power Ledger	60
5.1 Περιγραφή	60
5.2 Εφαρμογές της Power Ledger.....	61
5.2.1 Peer-to-Peer Trading.....	61
5.2.2 Neo-Retailers	61
5.2.3 Microgrid network operator	62

5.2.4 Διακανονισμός για χονδρικό εμπόριο ενέργειας	62
5.2.5 Πίνακας Ελέγχου PPA	62
5.2.6 Ηλεκτρικά Οχήματα	62
5.2.7 Carbon Trading	63
5.3 Σημαντικές Επιτυχίες	63
5.4 Ανάλυση SWOT	65
5.4.1 Δυνατά σημεία	65
5.4.2 Αδυναμίες	65
5.4.3 Ευκαιρίες	66
5.4.4 Προκλήσεις	66
5.5 Σημαντικές Συνεργασίες- συμπράξεις	66
5.5.1 Σύμπραξη με Elia (Powerledger, 2023)	66
5.5.2 Συνεργασία με CESC και ISGF	67
5.5.3 Συνεργασία με την American PowerNet	68
5.6 Dual Token Ecosystem	69
5.6.1 POWR	69
5.6.2 Sparkz	70
5.7 Ανάλυση περίπτωσης χρήσης (Use Case)	71
5.8 Επέκταση	72
Κεφάλαιο 6 – Σύγκριση WePower και Power Ledger	74
6.1 Σκοπός	74
6.2 Τεχνολογία	74
6.3 Συστήματα Tokens	75
6.4 Προσέγγιση στην Αγορά	75
6.5 Συνεργασίες και Μοντέλα Επιχείρησης	75
Κεφάλαιο 7 – Παράγοντες κλειδιά για επιτυχία ενεργειακών start-ups που χρησιμοποιούν blockchain	77
7.1 Σαφές Όραμα και Στόχοι	78
7.2 Προσαρμοστικό Επιχειρηματικό Μοντέλο	78
7.3 Συνεργασίες	78
7.4 Σχεδιασμός φιλικός προς τον χρήστη	78
7.5 Τεχνολογική Καινοτομία	79
7.6 Σύστημα νομισμάτων	79
7.7 Εμπιστοσύνη της Κοινότητας	79
Κεφάλαιο 8 - Συμπεράσματα	80
Βιβλιογραφία	83

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Κεντροποιημένο και αποκεντροποιημένο σύστημα συναλλαγών (Andoni, et al., 2019)	16
Εικόνα 2: Χονδρικό εμπόριο ενέργειας (Andoni, et al., 2019)	34
Εικόνα 3: Μετασχηματισμός της αγοράς ενέργειας με το blockchain σύμφωνα με την PWC (global power & utilities, 2015)	35
Εικόνα 4: Διαχείριση κεφαλαίων της WePower	54
Εικόνα 5: Διανομή κεφαλαίων της WePower	55

Πίνακες

Πίνακας 1: Πρόβλεψη ανάπτυξης της WePower (WePower-Whitepaper, 2021)	52
Πίνακας 2: Διάθεση νομισμάτων WPR (WePower-Whitepaper, 2021)	53

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

Στον σύγχρονο κόσμο, η τεχνολογία και η ενέργεια είναι όλο και πιο αλληλένδετες, δημιουργώντας ένα δυναμικό τοπίο έτοιμο για καινοτομία και μετασχηματισμό. Στην πρωτοπορία αυτών των μετασχηματικών τεχνολογιών βρίσκεται η Τεχνολογία Κατανεμημένων μητρώων (Distributed Ledger Technology), γνωστή και ως blockchain. Με τις δυνατότητες δημιουργίας αποκεντρωμένων λειτουργιών, ενίσχυσης τη διαφάνειας και βελτιστοποίησης της διαχείρισης δικτύου, το blockchain επηρεάζει σημαντικά τον τομέα της ενέργειας.

Αυτή η εργασία έχει ως στόχο να αποκαλύψει τις λεπτομέρειες αυτού του σημείου επαφής μεταξύ blockchain και ενέργειας, προσφέροντας μια περιεκτική εξερεύνηση των διάφορων μοντέλων επιχειρηματικής λειτουργίας που έχουν προκύψει ως αποτέλεσμα. Για να επιτευχθεί αυτό, θεμελιώνεται μια ισχυρή βάση διασαφήνισης του θεωρητικού υπόβαθρου της τεχνολογίας κατανεμημένων μητρώων, του blockchain και άλλων σχετικών τεχνολογιών.

Βασιζόμενη σε αυτήν τη θεωρητική βάση, η μελέτη εξετάζει τα μοντέλα επιχειρηματικής λειτουργίας που προέρχονται από αυτήν την καινοτόμο σύγκλιση. Κάθε ένα από αυτά τα μοντέλα διαθέτει διαφορετικές στρατηγικές, μοναδικές προτάσεις αξίας και διαφορετικές λειτουργικές δομές, αντανακλώντας την ευρεία δυνατότητα του blockchain να αντιμετωπίσει πληθώρα θεμάτων και ευκαιριών εντός του σύγχρονου ενεργειακού τομέα.

Προκειμένου να εξερευνηθεί αυτή η μετασχηματική αλληλεπίδραση τεχνολογίας και ενέργειας περαιτέρω, η εργασία παρουσιάζει μια συγκριτική ανάλυση μελέτης περίπτωσης δύο πρωτοποριακών ενεργειακών εταιρειών που εκμεταλλεύονται την τεχνολογία blockchain: η WePower και η PowerLedger. Ως πρώιμοι υιοθετητές αυτής της αναδύομενης τεχνολογίας στην ενεργειακή αγορά, αυτές οι εταιρείες αποτελούν πλούσιες πηγές γνώσης για τις λεπτομέρειες, τις προ κλήσεις και τις ευκαιρίες που παρουσιάζονται σε αυτόν τον εξελισσόμενο τομέα.

Μέσω της εμπειριστατωμένης εξέτασης των επιχειρηματικών μοντέλων, των στρατηγικών και της αγοράς απόδοσης αυτών των εταιρειών, αλλά και αναλύοντας τους λόγους που η εταιρία WePower δεν πέτυχε τους στόχους της, αυτή η έρευνα αποσκοπεί να διακρίνει τους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας και αποτυχίας για τις ενεργειακές εταιρείες που αξιοποιούν την τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων. Με αυτόν τον τρόπο, το στόχος είναι να αντληθούν διδάγματα που μπορούν να

χρησιμεύσουν ως βοηθήματα για μελλοντικές εταιρείες start-ups που αναζητούν να αξιοποιήσουν την τεχνολογία blockchain για να διαμορφώσουν ένα πιο βιώσιμο, αποδοτικό και ανθεκτικό μέλλον ενέργειας.

Κεφάλαιο 2 - Έννοιες που χρησιμοποιήθηκαν - Ανάλυση θεωρητικού υπόβαθρου

2.1 Η τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων(Blockchain)

Το blockchain αποτελεί μια ψηφιακή δομή δεδομένων. Είναι μια κοινόχρηστη και κατανεμημένη βάση δεδομένων που περιέχει ένα συνεχώς αυξανόμενο αρχείο συναλλαγών μαζί με τη χρονολογική τους σειρά. Η δομή δεδομένων είναι με άλλα λόγια ένα μητρώο που μπορεί να περιέχει ψηφιακές συναλλαγές, εγγραφές δεδομένων και εκτελέσιμα προγράμματα. Οι συναλλαγές συγκεντρώνονται σε μεγαλύτερες μονάδες, που ονομάζονται μπλοκ, τα οποία φέρουν χρονοσήμανση και κρυπτογραφούνται σε σχέση με τα προηγούμενα μπλοκ, δημιουργώντας ένα αλυσιδωτό αρχείο που καθορίζει τη σειρά των γεγονότων ή το "blockchain". Η ορολογία του blockchain χρησιμοποιείται επίσης ευρέως στη βιβλιογραφία για να αναπαραστήσει ψηφιακές αρχιτεκτονικές συναίνεσης, αλγόριθμους ή τομείς εφαρμογών που κατασκευάζονται πάνω σε τέτοιες αρχιτεκτονικές.

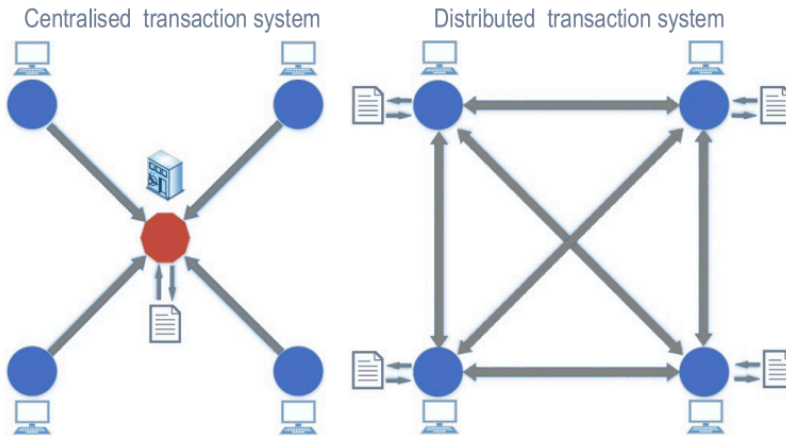
Οι αλυσίδες blockchain λειτουργούν σε ψηφιακά δίκτυα. Η μετάδοση δεδομένων σε τέτοια δίκτυα είναι ισοδύναμη με την αντιγραφή δεδομένων από ένα σημείο σε ένα άλλο, για παράδειγμα στον χώρο των κρυπτονομισμάτων αυτό είναι ισοδύναμο με την αντιγραφή ψηφιακών κερμάτων από το ηλεκτρονικό πορτοφόλι ενός χρήστη στο ηλεκτρονικό πορτοφόλι ενός άλλου. Η βασική πρόκληση έγκειται στο γεγονός ότι το σύστημα πρέπει να εξασφαλίζει ότι τα νομίσματα δαπανώνται μόνο μία φορά και δεν υπάρχει διπλή δαπάνη. Μια παραδοσιακή λύση είναι η χρήση ενός κεντρικού σημείου εξουσίας, όπως ένα κεντρικό τραπεζικό ίδρυμα, το οποίο δρα ως έμπιστος μεσολαβητής μεταξύ των συναλλασσομένων και έχει ως καθήκον να αποθηκεύει, να προστατεύει την έγκυρη κατάσταση του λογιστικού βιβλίου και να διατηρεί ενημερωμένα τα αρχεία. Εάν πολλαπλά μέρη χρειάζεται να γράψουν στο λογιστικό μητρώο ταυτόχρονα, μια κεντρική αρχή επίσης εφαρμόζει έλεγχο ταυτόχρονης εκτέλεσης και συγχωνεύει τις αλλαγές στο λογιστικό μητρώο. Σε αρκετές περιπτώσεις, η κεντρική διαχείριση μπορεί να μην είναι εφικτή ή επιθυμητή, καθώς εισάγει κόστη διαμεσολάβησης και απαιτεί από τους χρήστες του δικτύου να εμπιστεύονται έναν τρίτο για τη λειτουργία του συστήματος. Οι κεντροποιημένα συστήματα έχουν επίσης σημαντικά μειονεκτήματα καθώς είναι πιο ευάλωτα σε τεχνικές αποτυχίες και κακόβουλες επιθέσεις.

Ο βασικός σκοπός της τεχνολογίας κατανεμημένων μητρώων είναι να αφαιρεθεί η ανάγκη για μεσάζοντες και να αντικατασταθούν με ένα κατανεμημένο δίκτυο ψηφιακών χρηστών που συνεργάζονται για να επαληθεύουν συναλλαγές και να διασφαλίζουν την ακεραιότητα του λογιστικού μητρώου. Αντίθετα με τα κεντρικά συστήματα, κάθε μέλος του δικτύου blockchain κατέχει το δικό του αντίγραφο του μητρώου ή μπορεί να έχει πρόσβαση σε αυτό στο ανοιχτό νέφος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, οποιοσδήποτε στο δίκτυο να μπορεί να έχει πρόσβαση στο ιστορικό καταγραφής των συναλλαγών του συστήματος και να επαληθεύσει την εγκυρότητά τους, επιτρέποντας ένα υψηλό επίπεδο διαφάνειας. Εάν η κεντρική διαχείριση αφαιρεθεί, η πρόκληση βρίσκεται στο να βρεθεί ένας αποτελεσματικός τρόπος συγχώνευσης και συγχρονισμού των πολλαπλών αντιγράφων του καταλόγου. Η ακριβής διαδικασία επικύρωσης και συγχώνευσης του καταλόγου διαφέρει για διαφορετικούς τύπους blockchain, ωστόσο στη βάση της, τα μέλη του δικτύου συγκρίνουν τις εκδόσεις του καταλόγου τους μέσω μιας διαδικασίας που είναι αρκετά παρόμοια με την κατανεμημένη ψηφοφορία (Mattila, 2016), μέσω της οποίας επιτυγχάνεται συναίνεση για την έγκυρη κατάσταση του καταλόγου. Αυτοί οι μηχανισμοί επικύρωσης είναι γνωστοί ως αλγόριθμοι κατανεμημένης συναίνεσης. Η συνεργασία και η ειλικρίνεια των κατανεμημένων κόμβων καθιερώνονται μέσω κινήτρων ή ανταμοιβών βασισμένων στη θεωρία παιγνίων. Στην πραγματικότητα, οι αλυσίδες blockchain μπορεί να είναι πολύ δύσκολο να τροποποιηθούν, χωρίς ένα σημαντικό μέρος του δικτύου να συνεργαστεί, αυτό κάνει την τεχνολογία αυτή ασφαλή και ανθεκτική σε παραβιάσεις.

Άλλα στοιχεία που εξασφαλίζουν ενισχυμένη ασφάλεια είναι οι συναρτήσεις κατακερματισμού και η κρυπτογραφία με δημόσιο κλειδί. Οι κρυπτογραφικές συναρτήσεις κατακερματισμού είναι μαθηματικοί αλγόριθμοι ή μονοδρομικές συναρτήσεις που λαμβάνουν μια είσοδο και τη μετατρέπουν σε μια έξοδο συγκεκριμένου μήκους, για παράδειγμα μια σειρά από 256 bits, η οποία ονομάζεται hash output. Η λειτουργία τους βασίζεται στο γεγονός ότι είναι εξαιρετικά δύσκολο να ανακτηθούν τα αρχικά δεδομένα εισόδου από την έξοδο του κατακερματισμού(hash) μόνο (collision resistance). Επιπλέον, τα blockchains χρησιμοποιούν κρυπτογραφία με δημόσιο κλειδί, ένα πρωτόκολλο ασύμμετρης κρυπτογραφίας (ένα κλειδί για κρυπτογράφηση και ένα διαφορετικό κλειδί για την αποκρυπτογράφηση των δεδομένων). Κάθε χρήστης κατέχει δύο κρυπτογραφικά κλειδιά που αποτελούνται από αριθμητικούς ή αλφαριθμητικούς χαρακτήρες, ένα

μυστικό ιδιωτικό κλειδί και ένα δημόσιο κλειδί, το οποίο μπορεί να μοιραστεί με άλλους χρήστες στο δίκτυο. Τα κλειδιά σχετίζονται μαθηματικά με τέτοιο τρόπο ώστε η πληροφορία που κρυπτογραφείται από ένα μέρος να μπορεί να αποκρυπτογραφηθεί μόνο από το αντίστοιχο του. Η χρήση της κρυπτογραφίας δημόσιου-ιδιωτικού κλειδιού εξασφαλίζει την αυθεντικοποίηση, δηλαδή ότι μια συναλλαγή ξεκινά από την πηγή που υποστηρίζει ότι έρχεται και την εξουσιοδότηση, δηλαδή ότι οι ενέργειες πραγματοποιούνται 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 τον ιδιωτικό κλειδί του αποστολέα). Ένα μήνυμα που επεξεργάζεται με το δημόσιο κλειδί ενός χρήστη μπορεί να αποκρυπτογραφηθεί μόνο από τον παραλήπτη που κατέχει το μυστικό ιδιωτικό κλειδί. Αυτά και άλλα κοινά χαρακτηριστικά επικοινωνίας, όπως η εγκυρότητα και η ασφάλεια των δεδομένων, επιτυγχάνονται σε συστήματα blockchain με τη χρήση ομότιμης, peer-to-peer (P2P) επικοινωνίας και προηγμένων κρυπτογραφικών τεχνικών.

Η τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων (blockchain) μπορεί να αξιοποιηθεί πλήρως μόνο όταν συνδυάζεται με έξυπνα συμβόλαια (smart contracts), δηλαδή προγράμματα που ορίζουν τους κανόνες εγγραφής στα μητρώα. Τα έξυπνα συμβόλαια είναι εκτελέσιμα προγράμματα που πραγματοποιούν αλλαγές στο μητρώο και μπορούν να ενεργοποιηθούν αυτόματα αν πληρούνται συγκεκριμένες συνθήκες, όπως αν τηρείται μια συμφωνία μεταξύ των διενεργούμενων συναλλαγών. Οι όροι του συμβολαίου καταγράφονται σε γλώσσα υπολογιστή που κωδικοποιεί τους νομικούς περιορισμούς και τους όρους της συμφωνίας. Τα έξυπνα συμβόλαια είναι αυτοεκτελούμενα και ανθεκτικά σε παρεμβολές, φέρνοντας σημαντικά οφέλη, όπως η κατάργηση των ενδιάμεσων αρχών και η μείωση των κόστων συναλλαγών, συμβατολογίας, επιβολής και συμμόρφωσης. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι ότι οι συναλλαγές χαμηλής αξίας μπορούν να γίνουν οικονομικά αποδοτικές, ενώ οι αλυσίδες blockchain μπορούν να εξασφαλίσουν τη συμβατότητα μεταξύ των συστημάτων συναλλαγής.



Εικόνα 1: Κεντροποιημένο και αποκεντροποιημένο σύστημα συναλλαγών (Andoni, et al., 2019)

Στη συνέχεια για να γίνει πιο κατανοητή η τεχνολογία αποκεντρωμένων μητρώων, θα εξεταστούν δύο χαρακτηριστικές περιπτώσεις εφαρμογών που χρησιμοποιούν την τεχνολογία αυτή, το bitcoin και το ethereum.

2.2 Bitcoin

Το Bitcoin αποτελεί ένα κατανεμημένο ηλεκτρονικό σύστημα πληρωμής με ψηφιακό νόμισμα που χρησιμοποιεί ομότιμη (P2P) επικοινωνία ανώνυμων και άγνωστων χρηστών του Διαδικτύου. Το ψηφιακό νόμισμα που μεταφέρεται μεταξύ των χρηστών δεν εκδίδεται ή ελέγχεται από την κεντρική τράπεζα, αλλά από ένα δίκτυο υπολογιστών που λειτουργούν σε συνεργασία και χρησιμοποιούν κρυπτογραφία για να εξασφαλίσουν την ασφάλεια (Nakamoto, 2008).

Κάθε χρήστης στο σύστημα Bitcoin κατέχει ένα ψηφιακό πορτοφόλι, όπου αποθηκεύονται νομίσματα, ένα ιδιωτικό και ένα δημόσιο κλειδί. Το πορτοφόλι μπορεί να προσπελαστεί μόνο με το μυστικό ιδιωτικό κλειδί του χρήστη. Η διεύθυνση του πορτοφολιού ή διεύθυνση Bitcoin προέρχεται από το δημόσιο κλειδί του χρήστη και χρησιμοποιείται για την αναγνώριση του χρήστη, παρέχοντας ψευδωνυμία.

Πριν από την εκκίνηση μιας συναλλαγής σε Bitcoin, οι συναλλασσόμενες πλευρές πρέπει να γνωρίζουν τις δημόσιες διευθύνσεις η μία της άλλης. Ο αποστολέας δημιουργεί μια εξερχόμενη συναλλαγή, εάν υπάρχουν αρκετά νομίσματα αποθηκευμένα στο πορτοφόλι το. Μια συναλλαγή περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με το ποσό των νομισμάτων που ανταλλάσσονται και τις διευθύνσεις των συναλλασσόμενων πλευρών. Η συναλλαγή στο Bitcoin κρυπτογραφείται με το δημόσιο κλειδί του παραλήπτη, υπογράφεται ψηφιακά από τον αποστολέα και στη συνέχεια μεταδίδεται στο δίκτυο Bitcoin. Ειδικοί κόμβοι συγκεντρώνουν όλες τις

εξερχόμενες συναλλαγές του τελευταίου δεκαλέπτου σε ένα μόνο μπλοκ. Αυτοί οι κόμβοι είναι επίσης υπεύθυνοι για την ρύθμιση της διαδικασίας επικύρωσης, ώστε κατά μέσο όρο ένα μπλοκ να απαιτεί περίπου 10 λεπτά για να επικυρωθεί και να περιληφθεί στο blockchain. Στη συνέχεια, οι κόμβοι επικύρωσης, γνωστοί γενικά ως miners, ξεκινούν να ανταγωνίζονται μεταξύ τους για να λύσουν ένα κρυπτογραφικό παζλ και να κερδίσουν το δικαίωμα να προσθέσουν το μπλοκ στον υπάρχοντα λογαριασμό και να λάβουν μια οικονομική ανταμοιβή που αποτελείται από δύο μέρη: μια αμοιβή που συμφωνείται από όλα τα μέλη του δικτύου και προμήθειες συναλλαγής που προσφέρονται από τις διαχειριζόμενες συναλλαγές. Ο επιτυχής miner επιλέγεται από μια διαδικασία τυχαίας επιλογής βασισμένη στον υπολογιστικό κόπο που απαιτείται, γνωστό γενικά ως "απόδειξη εργασίας" (proof-of-work).

Όταν ένας miner επιτυγχάνει, η λύση μεταδίδεται στο δίκτυο και άλλοι miners αρχίζουν να εργάζονται στο επόμενο μπλοκ. Τα επόμενα μπλοκ περιέχουν την κατακερματισμένη έξοδο (Hash Output) του επικυρωμένου μπλοκ και τις σχετικές συναλλαγές του. Οι χρήστες μπορούν να είναι βέβαιοι ότι ένα μπλοκ είναι έγκυρο καθώς απαιτείται υπολογιστική ισχύς για τη δημιουργία του και συνδέεται με τα προηγούμενα μπλοκ. Συνήθως ένα μπλοκ παράγεται περίπου κάθε 10 λεπτά. Η διαδικασία επικύρωσης τρέχει παράλληλα από πολλούς miners, οπότε μια συναλλαγή μπορεί να συμπεριληφθεί σε δύο ή περισσότερα μπλοκ, οδηγώντας σε πολλαπλές αλυσίδες που πρέπει να συγχωνευτούν. Η τελική δομή του blockchain είναι ένα δέντρο μπλοκ και η συναίνεση αναφέρεται στο έγκυρο μονοπάτι του δέντρου από τη ρίζα (το αρχικό μπλοκ) έως το φύλλο (το μπλοκ που περιέχει τις πιο πρόσφατες συναλλαγές).

Η λύση σε αυτό το ζήτημα είναι η αποθήκευση πολλαπλών αλυσίδων από το δίκτυο, αλλά τελικά τα μέλη του δικτύου θεωρούν τη μακρύτερη αλυσίδα που σχηματίζεται να είναι η πιο ακριβής. Οποιοσδήποτε αλλαγές σε ένα μόνο μπλοκ θα απαιτούσαν επαναληπτική υπολογιστική προσπάθεια και απόδειξη εργασίας για όλα τα επόμενα μπλοκ. Έτσι, μια κακόβουλη μειοψηφία, παραμένει πίσω σε υπολογιστική ισχύ σε σχέση με όλους τους άλλους έντιμους κόμβους, κάτι που καθιστά το Bitcoin πολύ ανθεκτικό σε κακόβουλες επιθέσεις.

Ενώ το Bitcoin αντιπροσωπεύει τη μεγαλύτερη και πλέον εδραιωμένη εφαρμογή blockchain μέχρι σήμερα, το Ethereum έχει κυριαρχήσει στις εφαρμογές blockchain πέρα από τα κρυπτονομίσματα. Το Ethereum (Ethereum blockchain app platform, 2023)] είναι μια καινοτόμος εικονική μηχανή που βασίζεται στο blockchain.

Αποτελεί μια πλατφόρμα Cloud 2.0 που διαθέτει ενσωματωμένη γλώσσα προγραμματισμού επιτρέποντας στους χρήστες να δημιουργούν τις δικές τους εφαρμογές που τρέχουν πάνω από αρχιτεκτονικές blockchain.

Το Ethereum επιτρέπει τη δημιουργία έξυπνων συμβολαίων από τους χρήστες και έχει ως στόχο να δημιουργήσει μια πλατφόρμα τεχνολογίας γενικής χρήσης, στην οποία μπορούν να κατασκευαστούν εφαρμογές βασισμένες σε συναλλαγές. Σύμφωνα με έκθεση του Eurelectric, της Ένωσης της βιομηχανίας ηλεκτρισμού, πάνω από 1000 έργα χρησιμοποιούν αυτή τη στιγμή το Ethereum.

2.3 Είδη Αρχιτεκτονικών Blockchain

Ένα δίκτυο ή σύστημα blockchain μπορεί να ακολουθεί διαφορετικούς κανόνες και αρχιτεκτονικές συστημάτων, ανάλογα με την επιθυμητή λειτουργία και τη συγκεκριμένη χρήση. Τα συστήματα blockchain αποτελούνται συνήθως από χρήστες και επικυρωτές (miners) δικτύου. Οι κόμβοι χρηστών μπορούν να ξεκινήσουν ή να λάβουν συναλλαγές και κρατούν ένα αντίγραφο του λογαριασμού. Εκτός από τα δικαιώματα πρόσβασης ανάγνωσης, οι επικυρωτές είναι υπεύθυνοι για την έγκριση τροποποιήσεων του λογαριασμού και την επίτευξη συναίνεσης σε όλο το δίκτυο όσον αφορά την έγκυρη κατάσταση του λογαριασμού. Ανάλογα με τη διαμόρφωση του συστήματος, μπορεί να ισχύουν μερικά ή καθολικά δικαιώματα πρόσβασης και δικαιώματα επικύρωσης. Όλοι οι χρήστες του διαδικτύου μπορούν να συμμετέχουν σε ένα δημόσιο σύστημα blockchain. Αντίθετα, στα ιδιωτικά blockchains η πρόσβαση περιορίζεται μόνο στους εξουσιοδοτημένους συμμετέχοντες. Τα δημόσια συστήματα κατανεμημένων μητρώων είναι πλήρως κατανεμημένες και ανθεκτικές στη λογοκρισία καθώς οποιοσδήποτε μέλος του δικτύου μπορεί να συνεισφέρει στην έγκριση συναλλαγών. Αντίθετα, στα ιδιωτικά συστήματα κατανεμημένων μητρώων μόνο κάποιοι επικυρωτικοί κόμβοι διατηρούν δικαιώματα εγγραφής για τροποποίηση του blockchain.

Σε δημόσια blockchains, οι χρήστες και οι επικυρωτές είναι εντελώς άγνωστοι μεταξύ τους, επομένως η συνεργατική προσπάθεια και η εμπιστοσύνη που απαιτούνται για τη διαχείριση του λογιστικού μητρώου προκαλούνται από ισορροπίες και ανταμοιβές της θεωρίας παιγνίων. Η δομή των κινήτρων συνήθως περιλαμβάνει τη δαπάνη πόρων, όπως υπολογιστική εργασία και ηλεκτρικό ρεύμα ή ποινές που στοχεύουν στην αποτροπή εγωιστικής συμπεριφοράς.

Στα ιδιωτικά blockchains, η ταυτότητα των χρηστών είναι γνωστή, με πρακτικές όπως η γνώρισε-το-πελάτη-know your customer (KYC). Οι κόμβοι επικύρωσης είναι γνωστοί και έχουν εμπιστοσύνη και συμπεριφέρονται τίμια, επομένως δεν απαιτούνται τεχνητά κίνητρα για να εγγυηθούν τη λειτουργία του συστήματος. Ως εκ τούτου, τα ιδιωτικά καναμεμημένα μητρώα μπορούν να είναι πιο γρήγορα, ευέλικτα και αποδοτικά, ωστόσο, αυτό συνεπάγεται μείωση και της ανθεκτικότητας στη λογοκρισία. Επιπλέον υπάρχουν και αρχιτεκτονικές blockchain που αποτελούν υβρίδια δημόσιας και ιδιωτικής αρχιτεκτονικής.

Οι αλυσίδες blockchain μπορούν επίσης να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τον σκοπό τους, δηλαδή σε αλυσίδες γενικού ή ειδικού σκοπού. Τα τυπικά παραδείγματα είναι το Ethereum, σχεδιασμένο για να φιλοξενεί μια ευρεία γκάμα περιπτώσεων χρήσης και εφαρμογών, και το Bitcoin, σχεδιασμένο ειδικά για τις συναλλαγές κρυπτονομισμάτων. Ως προς τη διακυβέρνηση και τους κανόνες πρωτοκόλλου λειτουργίας του συστήματος, οι αλυσίδες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως ανοιχτού κώδικα ή κλειστού κώδικα. Οι αρχιτεκτονικές ανοιχτού κώδικα είναι ανοικτές για όλα τα μέλη του δικτύου και μπορούν να επωφεληθούν από συνεχή και διαφανή ανασκόπηση από άλλους συναδέλφους, δημόσιο διάλογο και κοινοτική λήψη αποφάσεων.

Οι αλυσίδες blockchain κλειστού κώδικα λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο με ιδιωτικές επιχειρήσεις, όπου οι αλλαγές στους κανόνες λειτουργίας του συστήματος αποφασίζονται στο ιδιωτικό χώρο. Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό, ότι μια αρχιτεκτονική λύση blockchain δεν εφαρμόζεται σε όλες τις εφαρμογές και περιπτώσεις χρήσης, επομένως μπορούν να εξεταστούν υβριδικές προσεγγίσεις που κινούνται παντού στο φάσμα μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών blockchain και έχουν διάφορους βαθμούς κεντρικοποίησης. Η αρχιτεκτονική του συστήματος και ο αλγόριθμος συναίνεσης που εφαρμόζεται στο περιβάλλον του συστήματος είναι κοινά υπεύθυνα για τα βασικά χαρακτηριστικά απόδοσης, όπως η ταχύτητα, η επεκτασιμότητα και η αποδοτικότητα των δαπανηθέντων πόρων.

2.4 Κατανεμημένοι αλγόριθμοι συναίνεσης

Υπάρχουν αρκετοί αλγόριθμοι κατανεμημένης συναίνεσης, καθένας από τους οποίους παρέχει διακριτά χαρακτηριστικά, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την επίτευξη συναίνεσης στα δίκτυα blockchain καθορίζει σε μεγάλο βαθμό βασικά χαρακτηριστικά επιδόσεων, όπως η

επεκτασιμότητα, η ταχύτητα των συναλλαγών, η ασφάλεια και η δαπάνη πόρων, όπως η ηλεκτρική ενέργεια.

Σε γενικές γραμμές, κάθε μέθοδος απαιτεί μια διαδικασία για τη δημιουργία και τη μετέπειτα αποδοχή ενός μπλοκ. Ένα μπλοκ μπορεί να δημιουργηθεί ή προταθεί από κάποιον κόμβο του δικτύου και κωδικοποιεί έναν αριθμό συναλλαγών (π.χ. σε ένα σύστημα κρυπτονομισμάτων, πρόκειται για νομισματικές συναλλαγές μεταξύ διαφορετικών λογαριασμών). Στη συνέχεια, ένα βασικό βήμα για το προτεινόμενο μπλοκ είναι να γίνει αποδεκτό από τα μέλη του δικτύου, μια διαδικασία που ονομάζεται επίτευξη συναίνεσης. Μόλις ένα μπλοκ γίνει αποδεκτό, γίνεται μέρος της αλυσίδας μπλοκ και τα νέα μπλοκ που δημιουργούνται συνδέονται κρυπτογραφικά με αυτό. Μετά από ένα χρονικό διάστημα (ανάλογα με τον αλγόριθμο συναίνεσης που χρησιμοποιείται), το μπλοκ γίνεται μόνιμο μέρος της αλυσίδας μπλοκ, δηλ. φτάνει στην οριστικοποίησή του. Το γεγονός ότι το μπλοκ έχει οριστικοποιηθεί δεν αποκλείει την ύπαρξη μικρής στατιστικής πιθανότητας το μπλοκ να αντιστραφεί, ως μέρος μιας μελλοντικής διακλάδωσης, που συμβαίνει είτε από σχεδιασμό είτε ως αποτέλεσμα επίθεσης. Ωστόσο, αυτή η πιθανότητα μειώνεται με κάθε νέο μπλοκ που προστίθεται, και για ένα καθιερωμένο σύστημα blockchain, γίνεται απειροελάχιστα μικρή.

Η επίτευξη συναίνεσης σχετικά με το ποια μπλοκ συναλλαγών θα γίνονται δεκτά ως έγκυρα σε ένα κατανεμημένο σύστημα αποτελεί πρόκληση. Οι αλγόριθμοι συναίνεσης πρέπει να είναι ανθεκτικοί σε αστοχίες κόμβων, καθυστερήσεις μηνυμάτων και κακόβουλα μηνύματα, καθώς και σε αναξιόπιστους, και σκόπιμα κακόβουλους κόμβους. Για το πρόβλημα της συναίνεσης, έχουν αναπτυχθεί διάφοροι αλγόριθμοι που βασίζονται σε κληρώσεις και ψηφοφορίες καθώς και σε πιο σύνθετες προσεγγίσεις που περιλαμβάνουν στοιχεία και από τις δυο κατηγορίες.

Οι προσεγγίσεις που βασίζονται σε κληρώσεις, περιλαμβάνουν δημόσιες αλυσίδες μπλοκ με απόδειξη εργασίας-proof of work (PoW) (που χρησιμοποιούνται από τα περισσότερα συστήματα κρυπτονομισμάτων, όπως το Bitcoin και το Ethereum). Στα συστήματα PoW ο αλγόριθμος ανταμείβει τους συμμετέχοντες που λύνουν κρυπτογραφικούς γρίφους προκειμένου να επικυρώσουν συναλλαγές και να δημιουργήσουν νέα μπλοκ.

Μια άλλη εναλλακτική λύση είναι τα συστήματα proof-of-stake στα οποία οι επικυρωτές επιλέγονται είτε τυχαία ή μέσω ενός μηχανισμού κυκλικής ψηφοφορίας, αλλά το βάρος της "ψηφου" κάθε επικυρωτή εξαρτάται από το μέγεθος του

"μεριδίου" του στο σύστημα - που ορίζεται, για παράδειγμα, ως το ποσό του κρυπτονομίσματος που κατέχει.

Κάθε μία από αυτές τις μεθόδους παρουσιάζει συμβιβασμούς μεταξύ ενός συνόλου πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων. Οι μέθοδοι που βασίζονται σε διαδικασίες τυχαίας επιλογής λειτουργούν αποδοτικά σε μεγάλες αλυσίδες. Αυτό σημαίνει ότι ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να χειριστεί αυξημένο αριθμό μπλοκ συναλλαγών μέσα σε εύλογο χρονικό διάστημα και για αυξημένο αριθμό χρηστών/κόμβων δικτύου.

Ωστόσο, τα συστήματα που βασίζονται στην κλήρωση μπορεί να οδηγήσουν σε πολλαπλές αλυσίδες σε διαφορετικούς κόμβους του δικτύου που πρέπει να ενοποιηθούν και να επιλυθούν πριν να οριστικοποιηθούν. Αυτό μπορεί επίσης να επηρεάσει την ταχύτητα καταγραφής των συναλλαγών στην αλυσίδα μπλοκ. Αντίθετα, οι μέθοδοι που βασίζονται στην ψηφοφορία είναι γρηγορότεροι, αλλά μπορεί να χρειαστούν περισσότερο χρόνο για την επίτευξη συναίνεσης για έναν μεγάλο αριθμό κόμβων στο δίκτυο, επειδή οι κόμβοι πρέπει να ανταλλάξουν μηνύματα μεταξύ τους και η ψηφοφορία μπορεί να διαρκέσει πολλούς γύρους μέχρι να επιτευχθεί συμφωνία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα έναν συμβιβασμό μεταξύ επεκτασιμότητας και ταχύτητας.

2.5 Proof of Work

Κατά τη μέθοδο proof of work, η οποία χρησιμοποιείται στο Bitcoin, οι επαληθευτές(miners) ανταγωνίζονται μεταξύ τους για να προσθέσουν ένα νέο μπλοκ στην υπάρχουσα blockchain αλυσίδα, λύνοντας ένα κρυπτογραφικό παζλ που συνίσταται στο να δημιουργηθεί μια κατακερματισμένη λύση (hash output) που αρχίζει με έναν αριθμό συνεχόμενων μηδενικών στις πιο σημαντικές θέσεις.

Η μέθοδος χρησιμοποιεί έναν τυχαίο αριθμό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο μία φορά, στο μπλοκ (nonce), και υπολογίζει την έξοδο κατακερματισμού (hash output) της επικεφαλίδας του μπλοκ. Η επικεφαλίδα μπλοκ (block header) περιέχει πληροφορίες όπως ο κατακερματισμός(hash) του προηγούμενου μπλοκ που έχει επικυρωθεί και έναν ειδικό κατακερματισμό όλων των συναλλαγών που περιέχονται στο μπλοκ (Merkle tree). Ο στόχος για όλους τους επικυρωτές (miners) είναι να επιτύχουν μια έξοδο κατακερματισμού που είναι χαμηλότερη από έναν καθορισμένο στόχο. Οι ανθρακωρύχοι δεν έχουν κανένα τρόπο να προβλέψουν ή να επηρεάσουν το αποτέλεσμα, οπότε η μόνη εφικτή ενέργεια είναι αυτή της δοκιμής και του

σφάλματος. Αυτή η διαδικασία απαιτεί υπολογιστική προσπάθεια που αυξάνεται εκθετικά με τον αριθμό των μηδενικών που ακολουθούν. Όταν μια σωστή έξοδος κατακερματισμού επιτευχθεί, το μπλοκ επιστρέφεται στο δίκτυο Bitcoin και είναι αποδεκτό από τους άλλους κόμβους, εάν όλες οι συναλλαγές είναι έγκυρες και ο επιτυχημένος επικυρωτής(miner) λαμβάνει μια οικονομική ανταμοιβή. Οι άλλοι επικυρωτές αποδέχονται το νεοδημιουργηθέν μπλοκ ξεκινώντας την εργασία τους στο διαδοχικό μπλοκ.

Όλα τα επόμενα μπλοκ περιέχουν τα hash output από όλα τα προηγούμενα μπλοκ. Καθώς η παραγωγή εξόδων κατακερματισμού είναι τυχαία και εκτελείται παράλληλα από πολλούς επικυρωτές, πολλαπλές αλυσίδες μπορούν να εμφανιστούν. Σε αυτή την περίπτωση, το δίκτυο αποθηκεύει όλες τις αλυσίδες που προκύπτουν. Τα μέλη του δικτύου εγκαταλείπουν τελικά όλες τις άλλες αλυσίδες εκτός από τη μεγαλύτερη, η οποία θεωρείται ότι έχει παραχθεί με την μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύς και επομένως αντιπροσωπεύει την πιο έγκυρη κατάσταση του μητρώου. Ως αποτέλεσμα, οι κακόβουλοι επιτιθέμενοι δεν μπορούν να ξεπερνούν το έντιμο τμήμα του δικτύου, εκτός αν μπορούν να ελέγξουν περισσότερο από το 51% της υπολογιστικής ισχύος του δικτύου. Στην περίπτωση μιας επίθεσης 51%, οι κακόβουλοι κόμβοι θα μπορούσαν δυνητικά να ξαναγράψουν όλο το ιστορικό των συναλλαγών.

Παραβιάσεις στην ασφάλεια μπορούν να πραγματοποιηθούν από χρήστες, επικυρωτές, χάκερ ή man-in-the-middle επιθέσεις. Αρχικά, η εξόρυξη Bitcoin βασίστηκε στην υπολογιστική ισχύ των τυπικών υπολογιστών, οπότε ο καθένας μπορούσε να γίνει επικυρωτής. Από το 2014 η εξόρυξη(mining) κυριαρχείται από ειδικά σχεδιασμένα τσιπ υπολογιστών, γνωστά ως ολοκληρωμένα κυκλώματα ειδικών εφαρμογών (ASIC) (Nirupama Devi Bhaskar, 2015). Οι εξορύκτες έχουν εντάσσονται όλο και περισσότερο σε ομάδες προκειμένου να περιορίσουν τους κινδύνους και να μεγιστοποιήσουν τις αποδόσεις. Ως αποτέλεσμα, η ισχύς της εξόρυξης γίνεται συνεχώς όλο και περισσότερο συγκεντρωτική σε καρτέλ ή "ομάδες εξόρυξης". Για τον περιορισμό του φαινομένου αυτού γίνονται προσπάθειες να αναπτυχθούν τεχνικές που να αποθαρρύνουν τη δημιουργία συγκεντρωτικών καρτέλ και να περιορίσει την επιρροή τους στο σύστημα.

Οι στρατηγικές PoW έχουν αποδείξει ότι μπορούν να κλιμακωθούν σε μεγάλο αριθμό χρηστών, ωστόσο οι ρυθμοί συναλλαγών μπορεί να μην είναι κατάλληλες για ορισμένες περιπτώσεις χρήσης. Για παράδειγμα, η αρχική έκδοση του Bitcoin μπορεί

να επεξεργαστεί περίπου 7 συναλλαγές ανά δευτερόλεπτο (μέγεθος μπλοκ 1 MB και μερικές χιλιάδες συναλλαγές ανά μπλοκ), 1 μπλοκ κάθε 10 λεπτά και μπορεί να απαιτήσει κατά μέσο όρο έως και 1 ώρα για να επιτύχει την "οριστικοποίηση". Στην πραγματικότητα όμως, ο χρόνος επιβεβαίωσης εξαρτάται από την ποσότητα της δραστηριότητας του δικτύου και των τελών συναλλαγής. Οι κόμβοι πρέπει να αποθηκεύουν πολλαπλές αλυσίδες όταν εμφανίζονται, ωστόσο όσο παλαιότερο είναι ένα μπλοκ στην αλυσίδα, τόσο πιο απίθανο είναι να αντιστραφεί. Ένας τυπικός αριθμός επιβεβαιώσεων που γίνεται αποδεκτός από την πλειοψηφία της κοινότητας του Bitcoin και παρόχους πορτοφολιών είναι 6 επιβεβαιώσεις, δηλαδή χρειάζεται περίπου 1 ώρα για το μπλοκ να γίνει αποδεκτό (Buchko, 2023). Οι πρώτες αλυσίδες μπλοκ που αναπτύχθηκαν στην πλατφόρμα Ethereum που χρησιμοποιούν PoW μπορούν να διεκπεραιώνουν το πολύ 20 συναλλαγές ανά δευτερόλεπτο. Από την άλλη πλευρά, η Visa εκτιμάται ότι είναι σε θέση να υποστηρίξει 24.000 συναλλαγές ανά δευτερόλεπτο (σημερινός μέσος όρος 1700 συναλλαγές ανά δευτερόλεπτο). Οι προγραμματιστές συστημάτων blockchain εργάζονται συνεχώς για τη βελτίωση της ταχύτητας και της επεκτασιμότητας. Οι λύσεις σε αυτά τα ζητήματα που διερευνώνται, όπως η αύξηση του μεγέθους των μπλοκ ή η αξιοποίηση του τεμαχισμού (sharding) και των sidechains.

Τέτοιες λύσεις έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν σημαντικά τους ρυθμούς συναλλαγών, ωστόσο, αυτό θέτει μεγαλύτερο βάρος στους επικυρωτές, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητο συγκεντρωτισμό.

Η μέθοδος της απόδειξης εργασίας (PoW) έχει δεχθεί κριτική για την σπατάλη μεγάλων ποσοτήτων πραγματικών πόρων όπως ηλεκτρικό ρεύμα. Για παράδειγμα, υποστηρίζεται ότι το Bitcoin και το Ethereum καίνε πάνω από \$1 εκατομμύριο ηλεκτρικού ρεύματος και κόστους υλικού κάθε μέρα για τη λειτουργία τους μηχανισμού συναίνεσης.

2.6 Proof of Stake

Η τεχνολογία Proof of Stake (PoS) αποτελεί μια εναλλακτική αρχιτεκτονική συναίνεσης στο blockchain. Στην πραγματικότητα, χρησιμοποιείται σε κάποια κρυπτονομίσματα ως μια μέθοδος επικύρωσης των συναλλαγών στο δίκτυο του κρυπτονομίσματος. Η κύρια διαφορά από το σύστημα Proof of Work (PoW) είναι ότι η επιβράβευση των νέων νομισμάτων δεν βασίζεται στην επίλυση μιας

προκαθορισμένης υπολογιστικής αποστολής, αλλά στον σταθερό αριθμό νομισμάτων που κατέχει ο κάθε χρήστης.

Συγκεκριμένα, στο σύστημα PoS, οι χρήστες του κρυπτονομίσματος στοιχηματίζουν τον αριθμό των νομισμάτων που κατέχουν για να επιβεβαιώσουν συναλλαγές στο δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι όσο περισσότερα νομίσματα έχει κάποιος, τόσο πιο πιθανό είναι να επιλεγεί για την επιβεβαίωση των συναλλαγών. Αυτό δίνει στους χρήστες ένα κίνητρο για να κρατήσουν τα νομίσματά τους και να συμμετέχουν στο δίκτυο του κρυπτονομίσματος.

Οι λεπτομέρειες του PoS μπορεί να διαφέρουν ανάμεσα σε διαφορετικές υλοποιήσεις blockchain, αλλά η γενική διαδικασία περιλαμβάνει μερικά βασικά βήματα. Πρώτον, οι επαληθευτές πρέπει να καταθέσουν μια συγκεκριμένη ποσότητα κρυπτονομίσματος για να γίνουν επαληθευτές. Αυτό το ποσό λειτουργεί ως ενέχυρο και οι επαληθευτές κινδυνεύουν να το χάσουν αν ενεργήσουν κακόβουλα ή αν αποτύχουν να εκπληρώσουν τις ευθύνες τους.

Στη συνέχεια, ο αλγόριθμος συναίνεσης επιλέγει επαληθευτές για να δημιουργήσουν νέα μπλοκ και να επαληθεύσουν συναλλαγές βάσει διαφόρων παραγόντων, όπως η μέγεθος του ενέχυρου και ο χρόνος που λειτουργούν ως επαληθευτές. Αυτός ο αλγόριθμος σχεδιάστηκε για να είναι τυχαίος, αλλά με βάρος, ώστε οι μεγαλύτεροι κάτοχοι να έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να επιλεγούν, αλλά και οι μικρότεροι να έχουν μια ευκαιρία να συμμετάσχουν.

2.7 Practical Byzantine Fault Tolerance

Οι αλγόριθμοι Βυζαντινής Ανοχής Σφάλματος (Byzantine Fault Tolerance - BFT) έχουν την προέλευσή τους στην έρευνα για τα Βυζαντινά σφάλματα, που πρωτοχαρακτηρίστηκαν από τους Lamport κ.ά. (Leslie Lamport, 2019).

Συνοπτικά, το πρόβλημα αφορά ένα σύνολο Βυζαντινών στρατηγών (ή κόμβων σε μια κατάσταση blockchain), που συμφωνούν σε μια κοινή στρατηγική δράσης. Για τους Βυζαντινούς στρατηγούς, η κοινή δράση συνίσταται στο συντονισμό των διαφορετικών μερών μιας στρατιάς για να επιτεθούν σε μια φρούρα ταυτόχρονα (στην περίπτωση των blockchains, αυτό αντιστοιχεί στο να επιτευχθεί συναίνεση για το εάν πρέπει να επικυρωθεί ένα block/σύνολο συναλλαγών). Η πρόκληση είναι ότι τα μηνύματα μεταξύ των στρατηγών πρέπει να διασχίσουν την περιοχή του εχθρού και μπορεί να χαθούν χωρίς ειδοποίηση του αποστολέα / παραλήπτη (δηλαδή να ταξιδεύουν σε ένα αναξιόπιστο, κατανεμημένο δίκτυο).

Επιπλέον, ορισμένοι από τους στρατηγούς μπορεί να είναι προδότες και να ενδιαφέρονται να περάσουν μηνύματα που θα σαμποτάρουν το σχέδιο της μάχης, αποστέλλοντας ψευδή ή παραμορφωμένα μηνύματα, ή ακόμα και να μην απαντούν σε μηνύματα καθόλου. Η πρόκληση είναι να διασφαλιστεί ότι οι πιστοί στρατηγοί μπορούν να επιτύχουν συναίνεση σχετικά με το σχέδιο επίθεσης, και ότι ένας μικρός αριθμός προδοτών δεν θα τους οδηγήσει στο να εγκρίνουν ένα κακό σχέδιο. Στον όρολογία των blockchains, ένας μικρός αριθμός αναξιόπιστων ή δυνητικά κακόβουλων κόμβων δεν πρέπει να μπορεί να προκαλέσει την επικύρωση ενός κακού block / συνόλου συναλλαγών.

Ο αριθμός των κακόβουλων κόμβων που μπορούν να ανεχθούν με ασφάλεια διαφέρει, αλλά οι Lamport κ.ά. (Leslie Lamport, 2019) δείχνουν ότι μπορούν να παρέχουν εγγυήσεις αν δεν υπερβαίνει το 1/3 του συνολικού αριθμού. Οι Castro και Liskov (Castro & Liskov, 2002) πρότειναν την πρώτη πρακτική προσέγγιση που επιτρέπει τη χρήση αλγορίθμων BFT με χαμηλά έξοδα, το οποίο ονομάζουν Practical Byzantine Fault Tolerance (Castro & Liskov, 2002) (PBFT). Ο αλγόριθμος PBFT προτείνει την έννοια των πρωτεύοντων και δευτερευόντων αντιγράφων, όπου τα δευτερεύοντα αντίγραφα ελέγχουν την ορθότητα και τη ζωντάνια (ικανότητα να παράγουν απόκριση σε δεδομένο χρόνο) του πρωτεύοντος και μπορούν να αλλάξουν σε ένα νέο πρωτεύον αν το αρχικό είναι επηρεασμένο από κακόβουλη επίθεση.

Οι αλγόριθμοι PBFT αποτελούν καίριο κομμάτι των περισσότερων σύγχρονων συστημάτων blockchain που χρησιμοποιούν την προσέγγιση συναίνεσης βασισμένης σε ψηφοφορία. Οι συναλλαγές επιβεβαιώνονται και υπογράφονται ξεχωριστά από γνωστούς κόμβους επικυρωτές, καθιστώντας το PBFT καταλληλότερο για χρήση σε αξιόπιστα περιβάλλοντα, αντί για εφαρμογές δημόσιων μητρώων. Όταν μαζευτεί αρκετός αριθμός υπογραφών, οι συναλλαγές θεωρούνται έγκυρες και επιτυγχάνεται συναίνεση. Το PBFT παρέχει αμεσότητα, καθώς τα μπλοκ που έχουν επαληθευτεί παγκοσμίως δεν μπορούν να αναιρεθούν. Ωστόσο, ο αλγόριθμος απαιτεί τουλάχιστον το 2/3 του δικτύου να συμπεριφέρεται ειλικρινώς και το overhead μηνυμάτων μπορεί να αυξηθεί σημαντικά καθώς αυξάνεται το μέγεθος του δικτύου, επηρεάζοντας τόσο την ταχύτητα όσο και την κλιμακωση.

2.8 Federated Byzantine Agreement (FBA)

Με το FBA, οι συμμετέχοντες βασίζονται σε ένα μικρό σύνολο επικυρωτών που κάθε μέλος θεωρεί αξιόπιστο (MAZIERES, 2015). Τα μέλη αποδέχονται

συναλλαγές που έχουν προηγουμένως αποδεχτεί οι επικυρωτές που εμπιστεύονται. Το Ripple και το Stellar είναι δύο πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν παραλλαγές του μοντέλου FBA. Με το Ripple, η συναίνεση συμβαίνει σε πολλαπλούς γύρους. Οι χρήστες δημιουργούν ένα "σύνολο υποψηφίων" συναλλαγών και το μεταδίδουν στο δίκτυο. Άλλοι κόμβοι ψηφίζουν για τις συναλλαγές και προσαρμόζουν το σύνολο υποψηφίων τους ανάλογα με την πλειοψηφία των ψήφων. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι το σύνολο των υποψηφίων να ολοκληρωθεί και να λάβει περισσότερες από 80% των συνολικών ψήφων. Μια παρόμοια παραλλαγή χρησιμοποιείται από το Stellar. Ένα μπλοκ γίνεται αποδεκτό αν υπογραφεί από ένα συγκεκριμένο γκρούπ επαληθευτών, το οποίο καθορίζεται ως ένα επαρκές σύνολο κόμβων που απαιτούνται για την επίτευξη συναίνεσης.

Κεφάλαιο 3 – Επιχειρηματικά μοντέλα στον τομέα της ενέργειας με τη χρήση της τεχνολογίας κατανεμημένων μητρώων

Τα τελευταία χρόνια, εταιρίες και οργανισμοί που δραστηριοποιούνται στον τομέα της ενέργειας αναζητούν τρόπους να αξιοποιήσουν τις νέες τεχνολογίες και ειδικά την τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων. Η τεχνολογία αυτή, η οποία παρέχει ένα ασφαλές και διαφανές σύστημα για συναλλαγές και αποθήκευση δεδομένων, έχει τη δυνατότητα να διαταράξει και να μετασχηματίσει την ενεργειακή βιομηχανία επιτρέποντας πιο αποτελεσματικές και ασφαλείς λειτουργίες, μειώνοντας το κόστος και βελτιώνοντας την εμπειρία των πελατών (Burger C, 2016).

3.1 Διαφορετικά Επιχειρηματικά Μοντέλα

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα διαφορετικά επιχειρηματικά μοντέλα των εταιριών ενέργειας που αξιοποιούν την τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων για να μετασχηματίσουν τον ενεργειακό τομέα.

3.1.1 Peer-to-Peer (P2P) energy trading

Το Peer-to-Peer trading δηλαδή οι συναλλαγές μεταξύ ομότιμων χρηστών αποτελεί μια αυξανόμενη τάση στον ενεργειακό τομέα, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων. Το μοντέλο αυτό επιτρέπει στους καταναλωτές να αγοράζουν και να πωλούν ενέργεια απευθείας μεταξύ τους, χωρίς να χρειάζονται ενδιάμεσοι μεσάζοντες, όπως επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας ή εταιρίες ενέργειας. Το μοντέλο αυτό έχει ιδιαίτερη απήχηση καθώς οι καταναλωτές έχουν περισσότερο έλεγχο στη χρήση της ενέργειας και στο κόστος τους. Επιπλέον, το γεγονός ότι τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) γίνονται όλο και πιο διαδεδομένα και σε οικιακούς ακόμα χρήστες συμβάλει προς την κατεύθυνση αυτή.

Η βασική ιδέα του εμπορίου ενέργειας P2P είναι ότι οι παραγωγοί ενέργειας, που μπορεί να είναι ιδιοκτήτες κατοικίας με εγκατεστημένο φωτοβολταϊκό στη στέγη, μπορούν να πουλήσουν την πλεονάζουσα ενέργεια που παράγουν πίσω στο δίκτυο και οι καταναλωτές μπορούν να αγοράσουν την ενέργεια αυτή απευθείας από αυτούς, αντι από μια επιχείρηση κοινής ωφέλειας. Αυτό επιτρέπει στους καταναλωτές να έχουν πρόσβαση σε καθαρότερη, φθηνότερη ενέργεια, παρέχοντας παράλληλα μια νέα πηγή εσόδων για τους παραγωγούς ενέργειας.

Η τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων είναι η βασική τεχνολογία που επιτρέπει την εμπορία ενέργειας μεταξύ ομότιμων χρηστών. Παρέχει έναν ασφαλή και διαφανή τρόπο για τους παραγωγούς και τους καταναλωτές ενέργειας να συναλλάσσονται μεταξύ τους, χωρίς να χρειάζονται μεσάζοντες. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει επίσης την παρακολούθηση και την επαλήθευση ενεργειακών συναλλαγών σε πραγματικό χρόνο, διασφαλίζοντας ότι οι παραγωγοί ενέργειας αποζημιώνονται με δίκαιο τρόπο για την ενέργεια που παράγουν, και ταυτόχρονα ότι οι καταναλωτές λαμβάνουν την ενέργεια για την οποία πληρώνουν.

Υπάρχουν αρκετές εταιρίες ενέργειας που χρησιμοποιούν ήδη το Peer-to-Peer trading ως επιχειρηματικό μοντέλο. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αποτελεί η Αυστραλιανή start-up Power Ledger (Power Ledger, 2023), η οποία παρέχει έναν μηχανισμό συναλλαγών και εκκαθάρισης που βασίζεται στην τεχνολογία του blockchain. Ιδιοκτήτες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν τη δυνατότητα να πωλούν την πλεονάζουσα ενέργεια τους σε μια επιλεγμένη τιμή εντός ενός τοπικού δικτύου (microgrid) ή μέσω του δικτύου διανομής. Οι διαχειριστές διανομής εισπράττουν έσοδα για την ενέργεια που διακινείται μέσω του δικτύου διανομής.

Το μοντέλο Peer-to-Peer trading για την ενέργεια έχει πολλά οφέλη για τους καταναλωτές και τους παραγωγούς ενέργειας. Για τους καταναλωτές παρέχει πρόσβαση σε καθαρότερη, φθηνότερη ενέργεια και τους επιτρέπει να έχουν περισσότερο έλεγχο στη χρήση της ενέργειας και στο κόστος τους. Για τους παραγωγούς, παρέχεται μια επιπλέον πηγή εισοδήματος αξιοποιώντας έτσι το πλεόνασμα ενέργειας που παράγουν.

Υπάρχουν, ωστόσο, και ορισμένες προκλήσεις στην ευρεία υιοθέτηση του μοντέλου Peer-to-Peer trading. Μία από τις σημαντικότερες είναι τα ρυθμιστικά εμπόδια, καθώς πολλές χώρες έχουν αυστηρούς κανονισμούς που διέπουν την πώληση και τη διανομή ενέργειας. Μια άλλη πρόκληση είναι η ανάγκη για διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών ενεργειακών συστημάτων και τεχνολογιών η οποία μπορεί να εμφανίσει τεχνικές δυσκολίες και να είναι περίπλοκο να επιτευχθεί.

3.1.2 Εμπορία πιστοποιητικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (REC)

Η εμπορία πιστοποιητικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Renewable energy certificate) αποτελεί μια προσπάθεια για την προώθηση της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και τη μείωση των εκπομπών

αερίων του θερμοκηπίου. Περιλαμβάνει τη δημιουργία και το εμπόριο πιστοποιητικών που αντιπροσωπεύουν τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές και οι σχετικές μειώσεις εκπομπών. Η εμπορία REC επιτρέπει σε εταιρίες να αγοράζουν πιστώσεις για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για να αντισταθμίζουν τις εκπομπές άνθρακα και να επιτύχουν τους στόχους βιωσιμότητας, παρέχοντας παράλληλα μια νέα ροή εσόδων για τους παραγωγούς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Παράδειγμα εταιρίας που αξιοποιεί επιτυχημένα το συγκεκριμένο επιχειρηματικό μοντέλο είναι η Renewable Choice Energy[56] η οποία αποτελεί πλέον μέρος της Schneider electric, και παρέχει λύσεις πράσινης ενέργειας και αντιστάθμισης άνθρακα σε επιχειρήσεις και οργανισμούς. Η εταιρία παρέχει επίσης υπηρεσίες αγοράς και παρακολούθησης REC, δίνοντας τη δυνατότητα στους πελάτες της να αγοράζουν πιστοποιητικά από μια ποικιλία πράσινων έργων. Η Renewable Choice Energy αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους μεσίτες REC στις ΗΠΑ.

Μια άλλη επιτυχημένη εταιρία στον χώρο των συναλλαγών REC αποτελεί η EcoAct (eco-act, 2023). Η EcoAct, είναι μια ευρωπαϊκή εταιρία συμβούλων βιωσιμότητας που προσφέρει λύσεις αντιστάθμισης άνθρακα και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε επιχειρήσεις. Συνεργάζεται με παραγωγούς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την ανάπτυξη νέων έργων και την πώληση REC, σε επιχειρήσεις που επιδιώκουν να αντισταθμίσουν τις εκπομπές άνθρακα. Η εταιρία έχει παρουσία σε περισσότερες από 20 χώρες και έχει διευκολύνει την αγορά άνω των 10 εκατομμυρίων πιστοποιητικών από την ίδρυσή της.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της εμπορίας REC περιλαμβάνουν την προώθηση της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Παράλληλα αποτελεί ένα νέο έσοδο για παραγωγούς ΑΠΕ και έναν τρόπο ώστε επιχειρήσεις να επιτύχουν τους στόχους βιωσιμότητάς τους μέσω ενός οικονομικά αποδοτικού τρόπου. Επίσης, το εμπόριο REC, δίνει τη δυνατότητα στις εταιρίες ώστε να επιδείξουν τη δέσμευσή τους για βιωσιμότητα και να διαφοροποιηθούν στην αγορά. Επιπλέον, η διαφάνεια του συστήματος συναλλαγών πράσινων

πιστοποιητικών , παρέχουν στους καταναλωτές τη σιγουριά ότι οι αγορές τους συμβάλλουν στη μετάβαση προς ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό σύστημα.

Αυτό το επιχειρηματικό μοντέλο αντιμετωπίζει όμως και ορισμένες προκλήσεις για την ευρεία υιοθέτηση του. Μια από τις κύριες προκλήσεις είναι η έλλειψη τυποποίησης και διαφάνειας στην αγορά REC, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε σύγχυση και λανθασμένη περιγραφή των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επιπλέον, η πολυπλοκότητα της παρακολούθησης και επαλήθευσης REC μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο για μικρότερα έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

3.1.3 Διαχείριση μικροδικτύων (Microgrid management)

Η διαχείριση μικροδικτύων είναι ένα επιχειρηματικό μοντέλο που χρησιμοποιεί τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων για τη διαχείριση της προσφοράς και ζήτησης ενέργειας ενός τοπικού δικτύου καταναλωτών ενέργειας. Τα μικροδίκτυα (Microgrids) αποτελούν μικρής κλίμακας ενεργειακά συστήματα που μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα ή παράλληλα με το κύριο δίκτυο και γίνονται όλο και πιο δημοφιλή ως μέσο αύξησης της ενεργειακής ασφάλειας, αξιοπιστίας και βιωσιμότητας. Αξιοποιώντας το blockchain οι εταιρίες ενέργειας μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη διαχείριση των μικροδικτύων, μειώνοντας το κόστος και αυξάνοντας την αποδοτικότητα. Η LO3 Energy, μια start up με έδρα το Μπρούκλιν στις Ηνωμένες Πολιτείες χρησιμοποιεί την τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων για τη διαχείριση μικροδικτύων. Η εταιρία έχει αναπτύξει μια πλατφόρμα, η οποία επιτρέπει στους καταναλωτές να αγοράζουν και να πωλούν ενέργεια μέσα σε ένα τοπικό δίκτυο, παρακάμπτοντας τις παραδοσιακές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας ενέργειας. Αυτό όχι μόνο μειώνει το κόστος συναλλαγής, αλλά επιτρέπει επίσης μεγαλύτερο έλεγχο της κατανάλωσης και της παραγωγής ενέργειας, με αποτέλεσμα ένα πιο αποδοτικό και βιώσιμο ενεργειακό σύστημα.

Στις προκλήσεις αυτού του επιχειρηματικού μοντέλου περιλαμβάνεται η πολυπλοκότητα της εφαρμογής τεχνολογιών κατανεμημένων μητρώων στα υπάρχοντα ενεργειακά συστήματα, πράγμα που απαιτεί σημαντικές επενδύσεις σε υποδομές και τεχνογνωσία.

3.1.4 Αντιστάθμιση άνθρακα(Carbon Offsetting)

Η αντιστάθμιση άνθρακα είναι ένα ολοένα και πιο δημοφιλές επιχειρηματικό μοντέλο που χρησιμοποιείται από εταιρείες ενέργειας για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των λειτουργιών τους. Βασίζεται στην ιδέα, ότι η εταιρεία επενδύει σε ένα έργο αντιστάθμισης άνθρακα που μειώνει τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και στη συνέχεια πουλά τις πιστώσεις άνθρακα που προκύπτουν σε πελάτες που θέλουν να αντισταθμίσουν τις δικές τους εκπομπές.

Οι ενεργειακές εταιρείες μπορούν να επενδύσουν σε έργα αντιστάθμισης άνθρακα, όπως έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενεργειακής απόδοσης ή αναδάσωσης. Αυτά τα έργα δημιουργούν πιστώσεις άνθρακα, οι οποίες αντιπροσωπεύουν μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που επιτεύχθηκε με το έργο. Η ενεργειακή εταιρεία μπορεί στη συνέχεια να πουλήσει αυτές τις πιστώσεις άνθρακα σε πελάτες που θέλουν να αντισταθμίσουν τις δικές τους εκπομπές, όπως άτομα ή επιχειρήσεις που θέλουν να μειώσουν το αποτύπωμα άνθρακα. Τα έσοδα που παράγονται από την πώληση πιστώσεων άνθρακα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη χρηματοδότηση πρόσθετων έργων αντιστάθμισης άνθρακα ή για την υποστήριξη άλλων πρωτοβουλιών βιωσιμότητας.

Η χρήση του DLT συμβάλλει στο να γίνει πιο αποτελεσματική και διαφανής η διαδικασία αντιστάθμισης άνθρακα. Μια πλατφόρμα που βασίζεται σε blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός ασφαλούς και διαφανούς μητρώου πιστώσεων άνθρακα, επιτρέποντας στους ενδιαφερόμενους να παρακολουθούν την προέλευση και την ιδιοκτησία των πιστώσεων άνθρακα. Αυτό μπορεί να αποτρέψει τη διπλή καταμέτρηση ή την απάτη και να εξασφαλίσει την ακεραιότητα των έργων αντιστάθμισης άνθρακα. Μια πλατφόρμα που βασίζεται στην τεχνολογία αυτή, μπορεί επίσης να αυτοματοποιήσει τη διαδικασία επαλήθευσης, επικύρωσης και απόσυρσης των πιστώσεων άνθρακα, καθιστώντας την, ταχύτερη, φθηνότερη και πιο αξιόπιστη. Αυτό μπορεί να μειώσει το διοικητικό φόρτο της διαχείρισης των πιστώσεων άνθρακα και να επιτρέψει στις ενεργειακές εταιρείες να επεκτείνουν πιο εύκολα τις εργασίες αντιστάθμισης άνθρακα.

Επιπλέον, το DLT μπορεί να επιτρέψει στις ενεργειακές εταιρείες να παρέχουν πιο λεπτομερείς πληροφορίες στους πελάτες σχετικά με τις

περιβαλλοντικές επιπτώσεις των επενδύσεών τους. Οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα κοινωνικά οφέλη των έργων αντιστάθμισης άνθρακα, όπως η ποσότητα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που έχουν αποφευχθεί, ο αριθμός των δέντρων που έχουν φυτευτεί ή ο αριθμός των τοπικών θέσεων εργασίας που έχουν δημιουργηθεί. Αυτό μπορεί να αυξήσει τη διαφάνεια και τη λογοδοσία και να επιτρέψει στους πελάτες να λαμβάνουν πιο ενημερωμένες αποφάσεις σχετικά με τις επενδύσεις αντιστάθμισης άνθρακα.

Η IBM έχει αναπτύξει την πλατφόρμα IBM Blockchain Environmental Intelligence (BEI), η οποία βασίζεται στο blockchain, και δίνει τη δυνατότητα σε εταιρίες να παρακολουθούν το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα και τις εκπομπές άνθρακα. Η πλατφόρμα επιτρέπει στις εταιρίες να αγοράζουν πιστώσεις άνθρακα από διάφορα έργα σε όλο τον κόσμο, όπως ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αναδασώσεων. Παρέχει επίσης διαφάνεια και ιχνηλασιμότητα των πιστώσεων άνθρακα. Η IBM χρησιμοποιεί την πλατφόρμα αυτή, τόσο εσωτερικά για να μειώσει το δικό της αποτύπωμα άνθρακα, όσο και ως υπηρεσία σε πελάτες.

3.1.5 Διαχείριση Δεδομένων

Η τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων (DLT) παρέχει έναν ασφαλή, διαφανή και αποτελεσματικό τρόπο διαχείρισης και ανταλλαγής ενεργειακών δεδομένων. Χρησιμοποιώντας το DLT, οι εταιρίες ενέργειας μπορούν να δημιουργήσουν μια αποκεντρωμένη πλατφόρμα για τη διαχείριση ενεργειακών δεδομένων, επιτρέποντας στους ενδιαφερόμενους να έχουν πρόσβαση και να μοιράζονται ενεργειακά δεδομένα με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα.

Η διαχείριση ενεργειακών δεδομένων περιλαμβάνει τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων από διάφορες πηγές ενέργειας, όπως ηλιακούς συλλέκτες, ανεμογεννήτριες και συστήματα αποθήκευσης ενέργειας. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας, τη μείωση της σπατάλης ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Ωστόσο, η διαχείριση αυτών των δεδομένων μπορεί να είναι περίπλοκη και χρονοβόρα, καθώς περιλαμβάνει πολλούς ενδιαφερόμενους

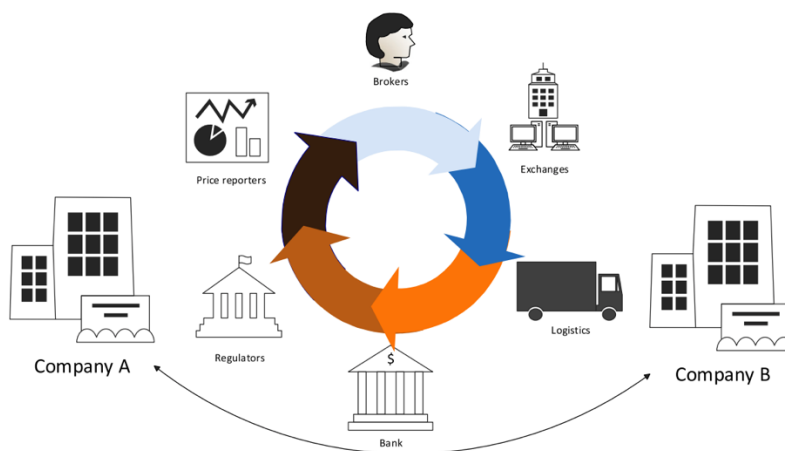
φορείς, συμπεριλαμβανομένων παρόχων ενέργειας, καταναλωτών, ρυθμιστικών αρχών και τρίτων παρόχων υπηρεσιών.

Χρησιμοποιώντας το DLT, είναι δυνατή η δημιουργία αποκεντρωμένης πλατφόρμας για τη διαχείριση ενεργειακών δεδομένων, όπου όλοι οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να έχουν πρόσβαση και να μοιράζονται ενεργειακά δεδομένα με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα. Το DLT παρέχει έναν ασφαλή και ασφαλή τρόπο αποθήκευσης και κοινής χρήσης ενεργειακών δεδομένων, ο οποίος διασφαλίζει διαφάνεια και υπευθυνότητα. Επιτρέπει επίσης τη δημιουργία αυτοματοποιημένων έξυπνων συμβολαίων, τα οποία μπορούν να εκτελούν ενεργειακές συναλλαγές αυτόματα, βάσει προκαθορισμένων κανόνων.

Μια εταιρία που αξιοποιεί το παραπάνω μοντέλο είναι η Power Ledger (Power Ledger, 2023) η οποία χρησιμοποιεί την τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων για να δημιουργήσει μια αποκεντρωμένη πλατφόρμα διαχείρισης ενεργειακών δεδομένων, ώστε να είναι δυνατή η αυτόματη εκτέλεση ενεργειακών συναλλαγών με βάσει τα ενεργειακά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.

3.2 Χονδρεμπόριο ενέργειας

Ένα επιχειρησιακό μοντέλο που βρίσκει επίσης χρήση το blockchain είναι αυτό του εμπορίου ενέργειας μεταξύ εταιριών. Το εμπόριο χονδρικής είναι αρκετά περίπλοκο και απαιτεί την συμμετοχή πολλών ενδιάμεσων όπως τράπεζες, πράκτορες, ρυθμιστικές αρχές.



Εικόνα 2: Χονδρικό εμπόριο ενέργειας (Andoni, et al., 2019)

Στην εικόνα 1[1] φαίνονται όλες οι εμπλεκόμενοι στο χονδρεμπόριο ενέργειας. Οι τρέχουσες διαδικασίες περιλαμβάνουν μη αυτοματοποιημένες διαδικασίες και χρονοβόρες επικοινωνίες για την ενοποίηση των πληροφοριών που διατηρούνται χωριστά από το κάθε τμήμα της συναλλαγής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι διαδικασίες να είναι αργές και χρονοβόρες, καθώς κάθε στάδιο της συναλλαγής πρέπει να επαληθεύεται από την προετοιμασία μέχρι την τελική διευθέτηση. Οι χρονοβόρες αυτές διαδικασίες των συναλλαγών οδηγούν σε κόστη τα οποία κάνουν το εμπόριο ενέργειας απαγορευτικό για μικρούς παραγωγούς.

Η τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων και τα έξυπνα συμβόλαια επιτρέπουν σε μονάδες παραγωγής ενέργειας να συναλλάσσονται και να πωλούν απευθείας την ενέργεια που παράγουν σε καταναλωτές, μέσω αυτόνομων εμπορικών πρακτόρων, παρακάμπτοντας τους μεσάζοντες.

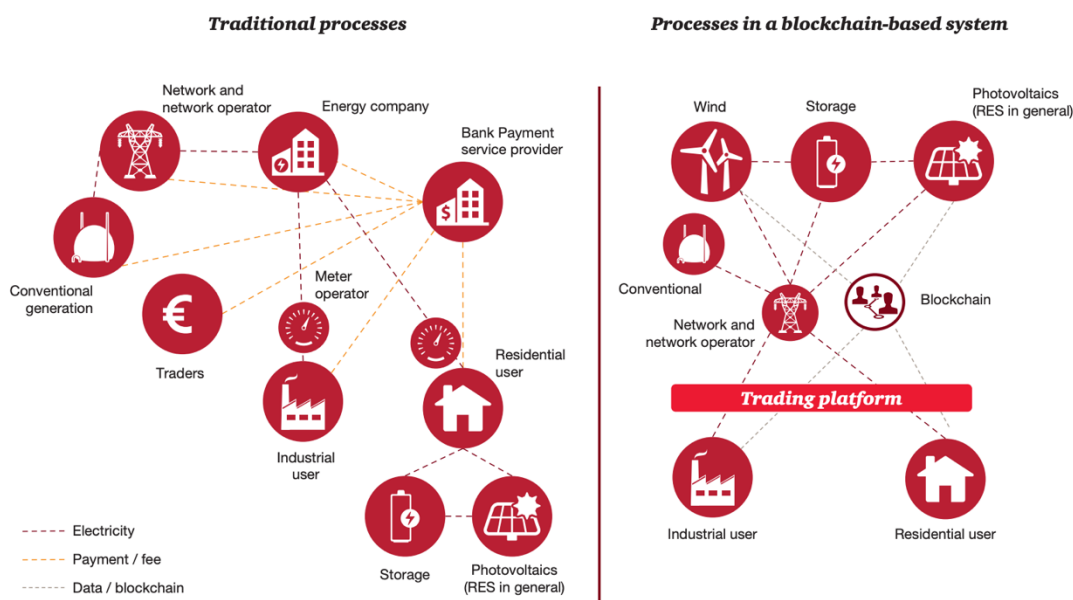
Ο πράκτορας αναζητά την καλύτερη προσφορά στην αγορά που ικανοποιεί την προβλεπόμενη ζήτηση του καταναλωτή για μια δεδομένη χρονική περίοδο. Η συναλλαγή καταγράφεται με ασφάλεια στο blockchain και εκτελείται αυτόματα την καθορισμένη ώρα παράδοσης. Τη στιγμή της παράδοσης γίνεται αυτόματα και η πληρωμή. Τα δεδομένα των συναλλαγών είναι διαθέσιμα σε όλα τα εμπλεκόμενα μέρη καθώς και στον διαχειριστή του συστήματος μέσω του συστήματος κατανεμημένων μητρώων.

Περιπτώσεις σαν και αυτή που περιεγράφηκε παραπάνω θα απαιτούσαν θεμελιώδεις αλλαγές στις κανονιστικές ρυθμίσεις με σοβαρές επιπτώσεις στον ρόλο των διαμεσολαβητών, όπως μεσίτες, και χρηματιστήρια. Η δυνατότητα της τεχνολογίας κατανεμημένων μητρώων να μετασχηματίσει την χονδρική αγορά ενέργειας επισημαίνεται σε εκθέσεις μεγάλων συμβουλευτικών (global power & utilities, 2015), υπάρχουν ωστόσο ορισμένες σημαντικές προκλήσεις.

Αρχικά, ο αριθμός των συναλλαγών που μπορούν να εκκαθαριστούν με τη χρήση των blockchains, και ειδικά αυτών που χρησιμοποιούν αλγορίθμους Proof of Work, είναι πολύ μικρότερος σε σύγκριση με αυτόν, των συμβατικών ηλεκτρονικών πληρωμών. Για παράδειγμα το δίκτυο του Bitcoin, ένα από τα μεγαλύτερα κρυπτονομίσματα που βασίζονται στο blockchain, μπορεί να εκκαθαρίσει μερικές δεκάδες συναλλαγές ανά δευτερόλεπτο, ενώ

τα ηλεκτρονικά συστήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα από τις τράπεζες εκκαθαρίζουν χιλιάδες συναλλαγές ανά δευτερόλεπτο.

Μία άλλη πρόκληση, αποτελεί το γεγονός ότι θα χρειαστεί αρκετός χρόνος και προσπάθεια ώστε να επιτευχθεί ο μετασχηματισμός της ενεργειακής αγοράς.



Εικόνα 3: Μετασχηματισμός της αγοράς ενέργειας με το blockchain σύμφωνα με την PWC (global power & utilities, 2015)

3.3 Ψηφιοποίηση και Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Η τεχνολογία blockchain έχει επίσης εφαρμογές σε άλλους αναπτυσσόμενους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των πλατφορμών δικτύων πραγμάτων (IoT) και της ανάπτυξης της πληροφορικής, όπως στα έξυπνα σπίτια (Stojkoska & Trivodaliev, 2016). Επιτρέποντας τις ψηφιακές ομότιμες συναλλαγές (Peer-to-Peer), οι αλυσίδες μπλοκ μπορούν να διευκολύνουν την επικοινωνία μεταξύ μηχανών και την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ έξυπνων συσκευών. Ο αυξανόμενος αριθμός συνδεδεμένων έξυπνων συσκευών, που αναμένεται να φθάσει τα 24,4 δισεκατομμύρια έως το 2024, παρουσιάζει ευκαιρίες για καινοτομία στον τομέα της ενέργειας, καθώς οι έξυπνοι μετρητές και ο εξοπλισμός πληροφορικής υιοθετούνται όλο και περισσότερο στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας (Jaradat, Jarrah, Bousselham, Jararweh, & Al-Ayyoub, 2015).

Μέσω της δύναμης του αυτοματισμού και της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, οι χρήσιμες πληροφορίες δεδομένων μπορούν να βελτιώσουν την

απόδοση του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας οδηγώντας σε μείωση του κόστους. Οι επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να επωφεληθούν από την ψηφιοποίηση βελτιώνοντας την αποδοτικότητα του δικτύου, τις διαδικασίες τιμολόγησης και την αλυσίδα εφοδιασμού, ενώ παράλληλα διερευνούν νέες πηγές καινοτομίας και επιχειρηματικά μοντέλα. Η αξιοποίηση των δεδομένων μπορεί να βελτιστοποιήσει τις υπηρεσίες συγκέντρωσης της ζήτησης, την απόκριση της ζήτησης και να διευκολύνει τους εικονικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οδηγώντας στην ενεργό συμμετοχή των καταναλωτών και την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η ψηφιοποίηση μπορεί επίσης να μειώσει το κόστος διαχείρισης των μικρότερης κλίμακας παραγωγών ΑΠΕ, που ενεργοποιείται από την έξυπνη ενσωμάτωση υλικού, λογισμικού, αισθητήρων, δεδομένων, αναλύσεων και συνδεσιμότητας στο νέφος (MattilaJuri, et al., 2016). Το όραμα του έξυπνου δικτύου προβλέπει διασυνδεδεμένες έξυπνες συσκευές που συντονίζονται και αντιδρούν σε σήματα τιμών, διαθεσιμότητας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή σταθερότητας του δικτύου, προσαρμόζοντας την κατανάλωση ισχύος. Οι συγκεντρωτικές προσεγγίσεις καθίστανται αναποτελεσματικές όταν κλιμακώνονται σε μεγάλο αριθμό συσκευών που παράγουν μεγάλο όγκο δεδομένων σε υψηλή συχνότητα. Η τοπική λήψη αποφάσεων (edge computing) και ο κατανεμημένος έλεγχος μπορούν να μειώσουν την ανάγκη για υπολογιστικούς πόρους για τη βέλτιστη λειτουργία των μελλοντικών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Οι εφαρμογές blockchain μπορούν να διευκολύνουν τις πλατφόρμες IoT, ενώ οι πλατφόρμες blockchain ανοικτού κώδικα, μπορούν να διασφαλίσουν τη διαλειτουργικότητα στις εφαρμογές IoT.

Ένα παράδειγμα μιας πλατφόρμας IoT με δυνατότητα blockchain παρουσιάζεται από τους Mattila κ.ά. (MattilaJuri, et al., 2016), οπτικοποιώντας μια τοπική αυτόνομη αγορά μιας κοινωνίας κατοικιών με φωτοβολταϊκά στην οροφή, έξυπνες και ευέλικτες συσκευές, ηλεκτροκίνητα οχήματα, ένα σύστημα ενέργειας με μπαταρίες και έξυπνους μετρητές. Οι αλυσίδες μπλοκ μπορούν να διακρίνουν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από κάθε συσκευή, επιτρέποντας την εμπορία ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ διαφορετικών μηχανημάτων. Οι αυτόνομοι πράκτορες συναλλαγών που αποτελούν αναπόσπαστο μέρος όλων των έξυπνων

συσκευών μπορούν να αποφασίζουν τις βέλτιστες στρατηγικές υποβολής προσφορών για την εμπορία ενέργειας μέσω της πλατφόρμας με βάση τις προτιμήσεις των χρηστών και την προθυμία πληρωμής. Οι προσφορές που γίνονται από κάθε συσκευή καταγράφονται σε αξιόπιστα και απαραβίαστα λογιστικά βιβλία. Οι ιδιωτικές αλυσίδες μπλοκ που περιορίζουν την πρόσβαση στους κατοίκους της οικιστικής κοινωνίας θα ήταν πιο κατάλληλες για την εφαρμογή αυτή. Ωστόσο, πρέπει να αντιμετωπιστούν σημαντικές προκλήσεις, όπως η ανάπτυξη ηλεκτρονικών ισχύος με χαμηλή ταχύτητα αλληλεπίδρασης με το σύστημα blockchain, καθώς και η αντίσταση των καταναλωτών λόγω ανησυχιών για την προστασία της ιδιωτικής ζωής. Η καταγραφή πληροφοριών στο μητρώο για τη διατήρηση της ιδιωτικότητας και της ανωνυμίας των μεμονωμένων οικιακών και βιομηχανικών καταναλωτών θα μπορούσε να αποδειχθεί βασικό ζήτημα στις εφαρμογές blockchain των συστημάτων IoT.

3.4 Μικροδίκτυα

Τα τοπικά και κοινοτικά ενεργειακά έργα, καθώς και τα μικροδίκτυα, αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερη σημασία στα ενεργειακά συστήματα. Σύμφωνα με τους Berka και Creamer (Berka & Creamer, 2018), τα τοπικής ιδιοκτησίας ενεργειακά έργα έχουν πολλές δυνατότητες να προσφέρουν κοινωνικοοικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη στις εμπλεκόμενες κοινότητες. Τα μικροδίκτυα είναι διασυνδεδεμένα συστήματα κατανεμημένων γεννητριών, συσκευών αποθήκευσης, μη ελεγχόμενων και ελεγχόμενων φορτίων που μπορούν να λειτουργούν συγχρονισμένα με το κύριο δίκτυο ή ανεξάρτητα σε νησιωτική λειτουργία. Τα μικροδίκτυα μπορούν να λειτουργούν ως ένα ενιαίο σύστημα που έχει διακριτά ηλεκτρικά όρια σε σχέση με το κύριο δίκτυο. Τα δίκτυα αυτά, μπορούν να προωθήσουν την τοπική παραγωγή, μειώνοντας τις απώλειες διανομής και μεταφοράς. Όταν συνδυάζονται με βιώσιμους πόρους, τα μικροδίκτυα μπορούν να διευκολύνουν την περαιτέρω ενσωμάτωση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα τοπικά μικροδίκτυα μπορούν να βελτιώσουν την ανθεκτικότητα του δικτύου, να παρέχουν επικουρικές υπηρεσίες, όπως η υποστήριξη της συχνότητας και της τάσης, και να παρέχουν ενεργειακές υπηρεσίες στους καταναλωτές σε περίπτωση απρόβλεπτων καταστάσεων του δικτύου.

Συναλλαγές σε περιβάλλοντα μικροδικτύων έχουν επίσης προταθεί από αρκετούς ερευνητές, όπως στο (Lamparter, Becher, & Fischer, 2018), όπου παρουσιάζεται μια ευέλικτη αγορά για το συντονισμό των ιδιοτελών χρηστών ενέργειας, των προμηθευτών και των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας σε ένα πλαίσιο έξυπνου δικτύου. Η εμπορία σε περιβάλλοντα μικροδικτύων πρέπει να αντιμετωπίσει σημαντικές προκλήσεις, όπως ο υπολογισμός ενός μεγάλου αριθμού ανεξάρτητων και ιδιοτελών φορέων, η καταγραφή της παραγωγής και της κατανάλωσης ενέργειας σε διαφορετικά σημεία του μικροδικτύου, ο συντονισμός μεταξύ πολλαπλών πηγών και η εξισορρόπηση της ζήτησης και της προσφοράς ανά πάσα στιγμή. Η κοινωνική αποδοχή είναι επίσης ένα ζήτημα που πρέπει να αντιμετωπίσουν τα τοπικά ή κοινοτικά ενεργειακά συστήματα.

Η τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων στις ενεργειακές αγορές είναι ένας νέος ερευνητικός τομέας που διερευνάται. Για παράδειγμα, οι Mihaylov κ.ά. (Mihaylov, et al., 2014) πρότειναν τη χρήση κρυπτονομισμάτων για τις ενεργειακές συναλλαγές P2P, όπου η ενέργεια που εγχέεται στο δίκτυο μετατρέπεται σε εικονικό νόμισμα (NRGcoins) που επιτρέπει τις τοπικές ενεργειακές συναλλαγές των prosumers (καταναλωτές - παραγωγοί). Η εμπορία ενέργειας για μικροδίκτυα στον αναπτυσσόμενο κόσμο συζητείται επίσης στο (Seppälä, 2016), όπου οι μονάδες ηλιακών μπαταριών αποτελούν τους κόμβους επικύρωσης του δικτύου blockchain. Οι αλυσίδες μπλοκ στις τοπικές αγορές ενέργειας μπορούν να δώσουν κίνητρα για τη συμμετοχή των τελικών καταναλωτών και οι αυτοπαραγωγικοί prosumers που έχουν επενδύσει σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να συμμετέχουν στις τοπικές αγορές ενέργειας, με αποτέλεσμα την πιθανή εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους για όλους τους ενδιαφερόμενους. Οι συναλλαγές P2P στις τοπικές ενεργειακές αγορές μπορούν να παρέχουν κοινωνικοοικονομικά κίνητρα που προωθούν την τοπική παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και αποτελούν εναλλακτικό κίνητρο για τους υποψήφιους prosumers.

3.5 Ηλεκτρικά Οχήματα

Η τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων έχει επίσης χρήσεις και στον τομέα των ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Η αποκεντρωμένη φύση της μετακίνησης, η οποία περιλαμβάνει πολλά μέρη όπως οχήματα, οδηγούς,

σταθμούς φόρτισης, επιβάτες και πλατφόρμες πχ Uber, ταιριάζει απόλυτα με τις εφαρμογές του blockchain. Πλεονέκτημα της αποκέντρωσης στην περίπτωση αυτή περιλαμβάνουν: i) Εξάλειψη της ανάγκης μιας κεντρικά διαχειριζόμενης υποδομής φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ii) ανοχή σε σφάλματα iii) εξάλειψη συντεχνιών στον καθορισμό των τιμών μεταξύ σταθμών φόρτισης ή παρόχων μεταφορών.

Και σε αυτή την εφαρμογή ωστόσο, θα πρέπει να ξεπεραστούν σοβαρές ανησυχίες σχετικά με την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια. Η τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων αποτελεί κίνητρο για την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης οχημάτων από ιδιώτες. Έτσι μπορούν να αποκτήσουν μεγαλύτερη διαφάνεια στις χρεώσεις ενέργειας και ενδεχομένως να έχουν περισσότερες επιλογές οσον αφορά την προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, αυτό που προσφέρει η τεχνολογία αυτή ως πλεονέκτημα έναντι άλλων λύσεων, είναι μια μοναδική πλατφόρμα επαλήθευσης και επικοινωνίας, η οποία μπορεί να λειτουργεί σε διαφορετικές τοποθεσίες, συμπεριλαμβανομένων των διασυνοριακών ταξιδιών.

Για διαχειριστές δικτύων, το blockchain μπορεί να προσφέρει μια λύση για βελτιστοποιημένη διαχείριση και συντονισμό της φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Ένα παράδειγμα τέτοια εταιρίας είναι το Share&Charge, το οποίο αποτελεί μέρος της Energy Web, είναι μια πλατφόρμα P2P που επιτρέπει στους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων (EV) να διενεργούν συναλλαγές με ιδιόκτητες υποδομές φόρτισης EV. Αναπτύχθηκε από την Innogy Motionwerk και την Slock.it και λειτουργεί σε δημόσιο Ethereum και έξυπνα συμβόλαια (smart contracts). Οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση σε πραγματικού χρόνου πληροφορίες σχετικά με τις τιμές και τις συναλλαγές εντός του δικτύου μέσω ενός ηλεκτρονικού πορτοφολιού. Οποιοδήποτε μέλος του δικτύου μπορεί να παρακολουθήσει και να καταγράψει όλες τις συναλλαγές, ενώ επιτυγχάνεται αυτοματοποιημένη χρέωση. Οι ιδιωτικοί σταθμοί φόρτισης μπορούν να αποτελέσουν επιπλέον πηγή εσόδων, προωθώντας έτσι την κατασκευή υποδομών φόρτισης ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων. Η Share&Charge έχει επίσης συνεργαστεί με την Oxygen Initiative, μια εταιρεία με έδρα τις ΗΠΑ, ώστε να χρησιμοποιηθεί η πλατφόρμα της Share&Charge για πληρωμές σε πραγματικό χρόνο στους σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών

οχημάτων. Οι τιμολογήσεις μπορεί να είναι οριζόντιες, βασισμένες στο χρόνο ή να βασίζονται στην κατανάλωση kWh. Οι κάτοχοι των σταθμών φόρτισης μπορούν επίσης να καθορίσουν ειδικούς τιμοκαταλόγους για οικογένεια και φίλους. Η Πρωτοβουλία Oxygen, σχεδιάζει να επεκτείνει την πλατφόρμα για τη εξόφληση των διοδίων και την κοινή χρήση αυτοκινήτων (car sharing) (oxygen, 2023) Η Enelx (πρώην eMotorwerks) (enelx, 2023), μια εταιρεία με έδρα την Καλιφόρνια, ξεκίνησε ένα πιλοτικό έργο για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων τον Ιούλιο του 2017, το οποίο χρησιμοποιεί επίσης το Share&Charge. Η eMotorwerks προσφέρει το JuiceBox, ένα έξυπνο φορτιστή ηλεκτρικών οχημάτων που συνδέεται με wifi και μπορεί να ελεγχθεί μέσω μιας κινητής εφαρμογής. Οι καταναλωτές μπορούν να έχουν μεγαλύτερο έλεγχο στα μοντέλα φόρτισης, το κόστος και το μείγμα παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη φόρτιση.

Στην Ολλανδία, η Alliander διεξάγει δοκιμές σε δυναμικές συμβάσεις πελατών για τις διευθετήσεις φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (Alliander, 2023). Οι εμπορικές διευθετήσεις πελατών επιτυγχάνονται μέσω έξυπνων συμβολαίων που βασίζονται στην πλατφόρμα Ethereum. Η λύση της Alliander, στοχεύει στο να επιτρέπει στους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων να επιλέγουν και να πληρώνουν αυτόματα τον επιθυμητό τους πάροχο ενέργειας σε κάθε σταθμό φόρτισης, παρέχοντας ταυτόχρονα διαφάνεια στις τιμές της ενέργειας και τους όρους της σύμβασης.

Η Car eWallet, με έδρα τη Γερμανία, έχει αναπτύξει μια πλατφόρμα συναλλαγών blockchain που ενσωματώνει αρκετές υπηρεσίες του τομέα των μεταφορών, όπως φόρτιση αυτοκινήτων από διαφορετικούς πάροχους ενέργειας και σταθμούς φόρτισης, στάθμευση, κοινή χρήση αυτοκινήτων και ενοικίαση αυτοκινήτων, με οχήματα και υποδομές. Η Car eWallet καταργεί την ανάγκη για κεντρική αξιόπιστη αρχή χρησιμοποιώντας ένα κοινό λογιστικό μητρώο που αναπτύχθηκε με τεχνολογία Hyperledger. Οι πληρωμές μπορούν να επεξεργαστούν αυτόματα ή χειροκίνητα ανάλογα με την επιλογή του πελάτη (Car eWallet, 2023). Η Energo Labs συμμετέχει στην ανάπτυξη σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων για τον συντονισμό της φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων και τις αυτόματες πληρωμές μέσω ψηφιακών πορτοφολιών με τη βοήθεια τεχνολογιών blockchain.

Αν και υπάρχουν σημαντικά πλεονεκτήματα από τη χρήση της τεχνολογίας κατανεμημένων μητρώων στην ηλεκτροκίνηση, υπάρχουν ορισμένες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Τα blockchain είναι κατά φύση δημόσια έγγραφα, οπότε οι πληροφορίες σχετικά με την καθημερινή τοποθεσία και την κίνηση των χρηστών των ηλεκτρικών οχημάτων θα πρέπει να είναι ανώνυμες για την προστασία της ιδιωτικότητάς τους. Επιπλέον, τα blockchain στα συστήματα ηλεκτροκίνησης θα πρέπει να είναι αδιάβλητα για να αποτραπεί η επικίνδυνη ενέργεια κακόβουλων παραγόντων που θα μπορούσε να βλάψει την ασφάλεια των ηλεκτρικών οχημάτων. Τέλος, δεδομένου ότι τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να αλληλεπιδρούν με τα συστήματα ισχύος και να φορτίζουν σε διάφορες τοποθεσίες, η ανάπτυξη προτύπων για τη διαλειτουργικότητα είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη των πλεονεκτημάτων που μπορούν να προσφέρουν τα blockchain σε αυτόν τον τομέα.

3.6 Μελέτη Περίπτωσης: Το μικροδίκτυο του Μπρούκλιν

Το μικροδίκτυο του Μπρούκλιν (Brooklyn MicroGrid) (Community Powered Energy., 2023) αποτελεί μια πλατφόρμα εμπορίας ενέργειας peer-to-peer (P2P) βασισμένη σε blockchain, που λειτουργεί από την Transactive Grid, μια εταιρική σύμπραξη μεταξύ της LO3 Energy, της Consensus, της Siemens (Breuer, 2023) και της Centrica. Το microgrid βρίσκεται στις κοινότητες Gowanus και Park Slope στο Brooklyn της Νέας Υόρκης και έχει ολοκληρώσει μια δοκιμαστική περίοδο για την εμπορία ενέργειας P2P μεταξύ των μελών της κοινότητας. Μια λεπτομερής ανάλυση της λειτουργίας αυτής της μελέτης περίπτωσης μπορεί να βρεθεί στο (Mengelkamp, et al., 2018). Συγκεκριμένα, οι παραγωγοί-καταναλωτές (prosumers) μπορούν να πουλήσουν το πλεόνασμα ενέργειάς τους απευθείας στους γείτονές τους με τη χρήση smart contracts που βασίζονται στο Ethereum και τη συναίνεση PBFT (Practical Byzantine Fault Tolerance), που εφαρμόζεται από το Tendermint. Η πρώτη δοκιμή περιελάμβανε 5 παραγωγούς-καταναλωτές και 5 γειτονικούς καταναλωτές και οδήγησε στην πρώτη παγκόσμια ενεργειακή συναλλαγή που καταγράφηκε σε blockchain.

Το πλεόνασμα ενέργειας μετρείται από ειδικά σχεδιασμένους έξυπνους μετρητές που μπορούν να χειριστούν φυσικές μετρήσεις ενέργειας και δεδομένα, και μετατρέπονται σε ισοδύναμα ενεργειακά νομίσματα tokens που μπορούν να διαπραγματευτούν στην τοπική αγορά. Τα tokens δείχνουν ότι

ένα συγκεκριμένο ποσό ενέργειας παρήχθη από τα ηλιακά πάνελ και μπορούν να μεταφερθούν από το πορτοφόλι του παραγωγού στο πορτοφόλι των τελικών καταναλωτών μέσω της τεχνολογίας του blockchain. Τα tokens διαγράφονται από τη συσκευή μέτρησης του καταναλωτή όταν αγοράζει ενέργεια για χρήση στο σπίτι. Οι χρήστες του δικτύου αλληλεπιδρούν με την πλατφόρμα δηλώνοντας τις ατομικές τους προτιμήσεις τιμών και την προθυμία τους να πληρώσουν ή να πουλήσουν ηλεκτρική ενέργεια. Η πλατφόρμα μπορεί να εμφανίζει τιμές ενέργειας σε πραγματικό χρόνο για συγκεκριμένες τοποθεσίες.

Στην αρχική φάση του έργου, οι χρήστες ενεργοποιούν χειροκίνητα ένα συμβόλαιο στην πλατφόρμα, οι όροι του οποίου καταγράφονται στο blockchain. Το μητρώο καταγράφει τους όρους της σύμβασης, τα συμβαλλόμενα μέρη, τον όγκο ενέργειας που εισήχθη και καταναλώθηκε, σύμφωνα με τις μετρήσεις από συσκευές μέτρησης και, σημαντικότερα, τη χρονική σειρά των συναλλαγών. Επιπλέον, οι πληρωμές ενεργοποιούνται αυτόματα από αυτοεκτελούμενες συμβάσεις. Κάθε μέλος της κοινότητας έχει πρόσβαση σε όλες τις ιστορικές συναλλαγές στο βιβλίο καταγραφής και μπορεί να επαληθεύσει τις συναλλαγές.

Περισσότερα από 300 σπίτια και μικρές επιχειρήσεις, συμπεριλαμβανομένων περίπου 50 παραγωγών ηλιακής ενέργειας και μιας μικρής ανεμογεννήτριας, έχουν υπογράψει για την επόμενη φάση ανάπτυξης, η οποία στοχεύει στην επίτευξη πλήρως αυτοματοποιημένων συναλλαγών. Μελλοντικά, τα μέλη του μικροδικτύου θα μπορούν όχι μόνο να αποφασίζουν από ποιον να αγοράσουν και να πουλήσουν ενεργειακά νομίσματα (tokens) με βάση τις τιμές που προτιμούν, αλλά και με βάση άλλα κριτήρια που αντικατοπτρίζουν τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές τους αξίες. Για παράδειγμα, ένας καταναλωτής μπορεί να καθορίσει τη μέγιστη τιμή που είναι διατεθειμένος να δαπανήσει για την τοπική παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, αλλά μπορεί επίσης να δηλώσει άλλες προτιμήσεις, όπως το ποσοστό της ενέργειας που είναι διατεθειμένος να αγοράσει από την τοπική ανανεώσιμη ενέργεια ή το κύριο δίκτυο. Οι χρήστες μπορούν επίσης να επιλέξουν να δίνουν προτεραιότητα στην αγοραπωλησία ενέργειας μεταξύ φίλων, μελών της οικογένειάς τους ή απλά ένα συγκεκριμένο γείτονα.

Η πλατφόρμα του μικροδικτύου λειτουργεί με τρόπο παρόμοιο με αυτόν που λειτουργούν οι χρηματιστηριακές αγορές. Συγκεκριμένα:

- καταγράφει το ενδιαφέρον των αγοραστών και των πωλητών σε ένα βιβλίο παραγγελιών.
- Οι χρήστες μπορούν να αλλάζουν τις τιμολογιακές τους προτιμήσεις σε πραγματικό χρόνο.
- Η ενέργεια που παράγεται στην τοπική αγορά διατίθεται αρχικά στους υψηλότερους προσφέροντες.
- Η χαμηλότερη προσφερόμενη τιμή αντιπροσωπεύει την τιμή εκκαθάρισης της αγοράς για κάθε χρονική χρονική περίοδο, που καθορίζεται σε διαστήματα 15 λεπτών.
- Οι χρήστες θα μπορούν στο μέλλον να συλλέγουν ιστορικές πληροφορίες σχετικά με τις τιμές, και επομένως να μαθαίνουν και να προσαρμόζουν τις στρατηγικές τους προσφοράς.

Το έργο Brooklyn MicroGrid αποσκοπεί στο να λειτουργήσει ως πειραματικό χώρο για την εξερεύνηση νέων επιχειρηματικών μοντέλων που προωθούν τη συμμετοχή των καταναλωτών σε κοινοτικά έργα. Το εμπόριο ενέργειας σε τοπικό επίπεδο ανοίγει νέες δυναμικές για εξοικονόμηση κόστους ενέργειας, ωστόσο υπάρχουν προκλήσεις που δεν έχουν ακόμα αντιμετωπιστεί. Καταρχάς, πρέπει να διερευνηθεί η σημασία και το μέγεθος των τοπικών αγορών εμπορίας ενέργειας. Μόνο μέσω της υλοποίησης μεγάλης κλίμακας έργων που αντιπροσωπεύουν ποικίλες συνθήκες στις αγορές ενέργειας και τις κοινωνικές ομάδες, θα καθοριστεί η προθυμία των καταναλωτών να συμμετάσχουν σε παρόμοιες αρχιτεκτονικές αγορών. Η τιμολόγηση στις αγορές πλευράς πελάτη καθορίζεται από τους νόμους της ζήτησης και προσφοράς, με πιθανό αποτέλεσμα τη σημαντική αστάθεια των τιμών ή ακόμα και υψηλότερων τιμολογίων από αυτά που προσφέρονται από το κυρίως δίκτυο. Για το λόγο αυτό πρέπει να παρθούν μέτρα για τη συμμετοχή και προστασία των ηλικιωμένων, των κοινωνικά αποκλεισμένων και των ευάλωτων από την τιμολογιακή αστάθεια. Επιπλέον, η κατάσταση ισορροπίας των τιμών δεν θα προκύψει μόνο από απλές συναρτήσεις κόστους αλλά και από κοινωνικές αξίες και συμπεριφορά. Συνεπώς, οι ατομικές προτιμήσεις και η κοινωνική συμπεριφορά των συμμετεχόντων στην αγορά απαιτούν περαιτέρω έρευνα προκειμένου να αναπτυχθούν αποδοτικά σχέδια αγοράς και μηχανισμοί τιμολόγησης.

Ένα άλλο κρίσιμο ζήτημα είναι η ισορροπία μεταξύ ζήτησης και προσφοράς. Αυτή τη στιγμή, η υπάρχουσα υποδομή δικτύου χρησιμοποιείται όχι μόνο για τη διανομή και παροχή της ενέργειας που εμπίπτει στο εμπόριο και στην αγορά, αλλά και για την επίλυση ζητημάτων που προκαλούνται από την αστάθεια των ΑΠΕ και την ισορροπία φορτίου. Στο μέλλον, το έργο αποσκοπεί να εξερευνήσει πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί το blockchain για την διαχείριση του δικτύου διανομής. Αρχικά, η ενέργεια που παράγεται από τους τοπικούς προσωπικούς παραγωγούς μπορεί να υποστηρίξει την ισορροπία του υποσταθμού.

Η συγκέντρωση πολλαπλών χρηστών blockchain για τη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις αξιοπιστίας του δικτύου αποτελεί μια τεχνική πρόκληση, καθώς μπορεί να αυξήσει την αβεβαιότητα και το κόστος των υπηρεσιών ισορροπίας (Mylrea, E., Gourisetti, & Gur., 2017). Η ανάπτυξη συστημάτων αποκεντρωμένης αποθήκευσης και η υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων μπορούν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Επιπλέον, αν τα συστήματα ενέργειας εξελιχθούν προς μια πιο τοπική και αποκεντρωμένη προσέγγιση, οι παραδοσιακοί ρόλοι των εταιρειών ενέργειας, όπως οι προμηθευτές ενέργειας ή οι διαχειριστές δικτύου, μπορεί να διαταραχθούν σοβαρά.

Η αύξηση της αυτάρκειας στην ενέργεια μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των εσόδων, ενώ ταυτόχρονα οι δαπάνες που σχετίζονται με τη λειτουργία και τη συντήρηση του δικτύου ισχύος μπορεί να αυξηθούν, καθώς η χρήση του δικτύου μειώνεται. Αυτό το ζήτημα πρέπει να αντιμετωπιστεί μαζί με μια πιο δίκαιη και διαφανή κατανομή των χρεώσεων διανομής του δικτύου στους καταναλωτές, ένα σημαντικό ζήτημα που μπορεί να είναι ηθικά και πολιτικά περίπλοκο για να επιλυθεί.

3.7 Το νόμισμα ATOM

Το ψηφιακό νόμισμα ενέργειας ATOM που προτάθηκε από τους. (Marinakis, Doukas, Koasidis, & Albuflasa, 2022), ανταμείβει τους τελικούς χρήστες για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την υιοθέτηση πιο ενεργειακά αποδοτικών συμπεριφορών. Η αξία του διακυμαίνεται καθημερινά βάσει εσωτερικών υπολογισμών δυναμικής τιμολόγησης, θεωρώντας ότι ένα νόμισμα ισοδυναμεί με 1 kWh ενέργειας. Αυτή η διακύμανση αντικατοπτρίζει τη συλλογική αποδοτικότητα της κοινότητας σε σχέση με έναν στόχο ενεργειακής αποδοτικότητας που έχει τεθεί για επίτευξη εντός ενός προϋπολογισμού.

Μια επέκταση του μοντέλου αυτού περιγράφεται από τους (Koasidis, et al., 2022) περιλαμβάνει διακυμάνσεις τιμολόγησης ανά ώρα. Επιτρέποντας έτσι εφαρμογές διαχείρισης ενέργειας όπως η μεταφορά φορτίου (load shifting), δηλαδή η μετάθεση της κατανάλωσης ενέργειας σε ώρα εκτός της μέγιστης ζήτησης. Όταν συμβαίνει αυτό και δεδομένου ότι οι άλλοι χρήστες της κοινότητας δεν κάνουν ακραία χρήση, η τιμή του ATOM αυξάνεται, παρέχοντας οικονομικά κέρδη για τον χρήστη αυτό.

Η αξία του ATOM συνδέεται με την ενέργεια που αντιπροσωπεύει, και εμφανίζει διακυμάνσεις βάσει της αποδοτικότητας των χρηστών. Ο υπολογισμός της διακύμανσης λαμβάνει υπόψη και την μακροπρόθεσμη απόδοση, που περιλαμβάνει όλες τις προηγούμενες ημέρες, και την βραχυπρόθεσμη απόδοση, που λαμβάνει υπόψη μόνο τις τελευταίες πέντε ημέρες. Αυτή η προσέγγιση δίνει καλύτερη χρονική εικόνα, επισημαίνοντας τις πρόσφατες βελτιώσεις στη συμπεριφορά, ενώ αναγνωρίζει επίσης την μακροπρόθεσμη συμπεριφορά, η οποία είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση μελλοντικών αλλαγών στη συμπεριφορά.

Οι χρήστες μπορούν να εξαργυρώσουν τα ψηφιακά νομίσματα που κέρδισαν από την εξοικονόμηση ενέργειας ή να αγοράσουν επιπλέον νομίσματα κάθε ώρα. Η υπερβολική κατανάλωση ενέργειας που υπερβαίνει τη βασική γραμμή τιμωρείται, με ποινές βάσει των στόχων, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ότι οι στόχοι του σχεδίου επιτυγχάνονται, χωρίς όμως να εφαρμόζεται δυναμική ποινή που μπορεί να είναι αυστηρή ανάλογα με την αστάθεια του νομίσματος.

Έτσι, σε αυτήν την βελτιωμένη έκδοση του μοντέλου ATOM ενσωματώνονται τρία κύρια στοιχεία οικονομικών κινήτρων βάσει της θεωρίας της συμπεριφορικής οικονομίας: επιδοτήσεις για θετική συμπεριφορά, ποινές για βλαβερή συμπεριφορά και εμπορία δικαιωμάτων.

Κεφάλαιο 4 – Μελέτη περίπτωσης της WePower

Η WePower ήταν μια ενεργειακή start-up που ιδρύθηκε το 2017 και επιδίωκε να επαναστατήσει την αγορά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας χρησιμοποιώντας την τεχνολογία blockchain. Οι συνιδρυτές της εταιρείας ήταν οι Nikolaj Martyniuk και Artūras Asakavičius, οι οποίοι ανέλαβαν την πρωτοβουλία να αναπτύξουν μια πλατφόρμα που μετατρέπει την παραγωγή και την κατανάλωση πράσινης ενέργειας σε ένα διαφανές και διαδραστικό διαδικτυακό εμπόριο. Η πλατφόρμα αυτή συνέδεε παραγωγούς ανανεώσιμης ενέργειας με επενδυτές, δυναμώνοντας την παραγωγή και την εμπορία πράσινης ενέργειας.

Η WePower αξιοποίησε την τεχνολογία blockchain για τη δημιουργία ψηφιακών ενεργειακών νομισμάτων (WPR) που αντιπροσωπεύουν μια μερίδα της παραγόμενης ενέργειας, τα οποία μπορούσε να διαπραγματεύεται στην πλατφόρμα. Αυτό επέτρεπε στους επενδυτές να συμμετέχουν στην αγορά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, να αποκτήσουν αποδόσεις από τις επενδύσεις τους και να υποστηρίξουν τη μετάβαση σε ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό σύστημα.

Η πλατφόρμα επέτρεπε στους παραγωγούς ανανεώσιμης ενέργειας να συγκεντρώνουν κεφάλαια πωλώντας τη μελλοντική παραγωγή ενέργειας απευθείας στους επενδυτές, εξαλείφοντας την ανάγκη για μεσολαβητές όπως τράπεζες ή μεσίτες. Οι συναλλαγές καταγράφονταν σε ένα blockchain, παρέχοντας διαφάνεια και ασφάλεια για όλα τα εμπλεκόμενα μέρη. Η WePower παρείχε επίσης ένα σύνολο εργαλείων για τη διαχείριση δεδομένων ενέργειας, επιτρέποντας στους παραγωγούς να κατανοήσουν καλύτερα την παραγωγή τους και να βελτιστοποιήσουν τις λειτουργίες τους.

Η εταιρία επιθυμούσε να αξιοποιήσει την τεχνολογία για την ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων που θα επιτρέψουν την πιο αποτελεσματική, ασφαλή και βιώσιμη διαχείριση της ενέργειας. Αυτό περιελάμβανε την ανάπτυξη προηγμένων συστημάτων μέτρησης και παρακολούθησης της ενεργειακής κατανάλωσης, την εφαρμογή τεχνητής νοημοσύνης για την βελτιστοποίηση της παραγωγής και της κατανάλωσης, και την αξιοποίηση της τεχνολογίας blockchain για την ενίσχυση της διαφάνειας και της ασφάλειας στις συναλλαγές ενέργειας.

Τέλος, η WePower επιδιώκει να εξελιχθεί σε έναν παγκόσμιο ηγέτη στον τομέα της πράσινης ενέργειας, επηρεάζοντας θετικά την πολιτική και την πρακτική της ενεργειακής παραγωγής και κατανάλωσης σε όλο τον κόσμο. Με την επίδειξη μιας πιο βιώσιμης και δίκαιης αγοράς ενέργειας, η εταιρεία ελπίζει να ενθαρρύνει την περαιτέρω μετάβαση προς μια ενεργειακή υποδομή χαμηλών εκπομπών άνθρακα.

4.1 Επιχειρηματικό Μοντέλο

Το επιχειρηματικό μοντέλο της WePower επικεντρωνόταν στο εμπόριο της ενέργειας μέσω της έκδοσης και εμπορίας ενεργειακών νομισμάτων, δημιουργώντας ουσιαστικά μια γέφυρα μεταξύ των παραγωγών ανανεώσιμης ενέργειας και των καταναλωτών ενέργειας. Λειτουργούσε στην αγορά ενέργειας, εκμεταλλευόμενη την τεχνολογία του blockchain για τη δημιουργία ενός διαφανούς, αποδοτικού και προσβάσιμου αγοραπωλησιακού περιβάλλοντος για το εμπόριο ανανεώσιμης ενέργειας.

4.2 Πρόταση Αξίας

Η κύρια πρόταση αξίας της WePower ήταν η δυνατότητά της να δημοκρατοποιήσει την αγορά ενέργειας επιτρέποντας σε ιδιώτες και εταιρείες να αγοράζουν, να πωλούν ή να επενδύουν απευθείας σε έργα ανανεώσιμης ενέργειας.

Προσέφερε τα εξής οφέλη:

- Για τους παραγωγούς ενέργειας: Η WePower επέτρεπε στους παραγωγούς ανανεώσιμης ενέργειας να αποκτήσουν κεφάλαιο πωλώντας τη μελλοντική παραγωγή τους εκ των προτέρων σε μορφή ενεργειακών κερμάτων.
- Για τους καταναλωτές ενέργειας: Είτε πρόκειται για επιχειρήσεις είτε για ιδιώτες, οι καταναλωτές μπορούσαν να αγοράζουν ενεργειακά νομίσματα που αντιπροσώπευαν πράσινη ενέργεια, προάγοντας τη διαφάνεια και πιθανώς οδηγώντας σε εξοικονόμηση κόστους.
- Για τους επενδυτές: Η πλατφόρμα προσέφερε ένα νέο μέσο επένδυσης σε έργα ανανεώσιμης ενέργειας. Οι επενδυτές μπορούσαν να αγοράσουν ενεργειακά κέρματα με την προσδοκία να χρησιμοποιήσουν την ενέργεια στο μέλλον ή να πουλήσουν τα κέρματα όταν οι τιμές της ενέργειας αυξηθούν.

4.3 Μοντέλο Εσόδων

Το μοντέλο έσοδων της WePower βασιζόταν σε τέλη συναλλαγών από τις αγοραπωλησίες ενεργειακών νομισμάτων που πραγματοποιούνταν στην πλατφόρμα της. Κάθε φορά που γινόταν εμπόριο ενεργειακών κερμάτων, η συναλλαγή επιβαρύνονταν μια μικρή προμήθεια, παρέχοντας στη WePower μια συνεχή πηγή εσόδων.

4.4 Πελάτες

Οι κατηγορίες πελατών της WePower ήταν τρεις:

- Παραγωγοί Ενέργειας: Οι παραγωγοί ανανεώσιμης ενέργειας που χρειάζονταν μια πλατφόρμα για να πουλήσουν την ενέργειά τους εκ των προτέρων, προκειμένου να αποκτήσουν κεφάλαιο για την ανάπτυξη υποδομών.
- Καταναλωτές Ενέργειας: Αυτοί περιλάμβαναν νοικοκυριά και επιχειρήσεις που επιθυμούσαν να αγοράσουν πράσινη ενέργεια απευθείας από τους παραγωγούς.
- Επενδυτές: Ιδιώτες ή επιχειρήσεις που ενδιαφέρονταν να επενδύσουν σε έργα ανανεώσιμης ενέργειας.

4.5 Τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων και δημιουργία νομισμάτων

Η τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων και η δημιουργία νομισμάτων αποτελούσαν κεντρικούς πυλώνες στο επιχειρηματικό μοντέλο της WePower:

- Κατανεμημένα Μητρώα (blockchain): Η χρήση της blockchain τεχνολογίας του Ethereum επέτρεψε τη δημιουργία ενός διαφανούς και μη αλλοιώσιμου αρχείου όλων των συναλλαγών με ενεργειακά νομίσματα. Επίσης, επέτρεψε τα έξυπνα συμβόλαια, τα οποία αυτοματοποίησαν τη μεταφορά ενεργειακών κερμάτων με βάση προκαθορισμένες συνθήκες.
- Δημιουργία νομισμάτων: Η WePower παρήγαγε ενεργειακά νομίσματα, μετατρέποντας την παραγωγή ενέργειας σε εμπορεύσιμα νομίσματα. Κάθε ενεργειακό νόμισμα αντιπροσώπευε 1 kWh πράσινης ενέργειας που θα παραχθεί στο μέλλον. Αυτό έδωσε τη δυνατότητα εμπορίας της ενέργειας ως εμπορεύσιμου αγαθού και

διευκόλυνε τις άμεσες επενδύσεις στην υποδομή ανανεώσιμης ενέργειας.

Επιπλέον, η WePower είχε το δικό της νόμισμα εντός της πλατφόρμας της, το WPR, το οποίο παρείχε προτεραιότητα πρόσβασης στις δημοπρασίες ενεργειακών κερμάτων, δημιουργώντας έτσι έναν εσωτερικό οικοσύστημα για την εμπορία ενέργειας.

Συνολικά, ο ρόλος του blockchain και της δημιουργίας νομισμάτων στο επιχειρηματικό μοντέλο της WePower ήταν να αυξήσουν τη διαφάνεια, την αποδοτικότητα και την προσβασιμότητα στον τομέα της εμπορίας ανανεώσιμης ενέργειας.

4.6 Η πλατφόρμα

Η πλατφόρμα WePower επέτρεπε στους παραγωγούς ανανεώσιμης ενέργειας να εκδίδουν και να πωλούν ενεργειακά νομίσματα. Ένας παραγωγός ανανεώσιμης ενέργειας που είναι συνδεδεμένος με την πλατφόρμα εξέδιδε τα δικά του ενεργειακά νομίσματα μέσα στην πλατφόρμα WePower, όπου 1 ενεργειακό νόμισμα αντιπροσώπευε 1 kWh πράσινης ενέργειας που θα παραχθεί σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα στο μέλλον (συνήθως εντός 4-6 μηνών από τη στιγμή σύνδεσης με την πλατφόρμα).

Κάθε παραγωγός ανανεώσιμης πηγής ενέργειας που ήταν συνδεδεμένος με την πλατφόρμα WePower διοργάνωνε μια δημοπρασία για την πώληση ενεργειακών νομισμάτων. Οι κάτοχοι των ενεργειακών νομισμάτων της WePower (WPR) είχαν προτεραιότητα πρόσβασης σε αυτές τις δημοπρασίες και η κατανομή τους εξαρτώνταν από τον αριθμό των ενεργειακών νομισμάτων της WePower που διέθεταν.

Κάθε νέος παραγωγός δημιουργούσε μια δημοπρασία στην πλατφόρμα WePower για την πώληση ενεργειακών νομισμάτων σε ενεργειακούς αγοραστές, με ορισμένη ελάχιστη τιμή για κάθε ενεργειακό νόμισμα, το οποίο αντιπροσώπευε την ενέργεια που δεσμεύονται να παράγουν και να παραδώσουν.

Με βάση τα παραπάνω παραγωγοί και επενδυτές επιτύγχαναν σημαντικά οφέλη. Από τη μία οι παραγωγοί είχαν τη δυνατότητα να πωλούν την παραγωγή τους στην παγκόσμια αγορά, εξασφαλίζοντας έτσι κεφάλαια εκ των προτέρων και ενισχύοντας την κερδοφορία των έργων τους. Από την άλλη

οι επενδυτές απολάμβαναν προνομιακούς όρους επένδυσης, καθώς είχαν τη δυνατότητα πέρα από τα χαμηλά κόστη χρήσης της πλατφόρμας να έχουν πρόσβαση σε ενεργειακά έργα σε όλο τον κόσμο.

Για παράδειγμα, έστω ένας παραγωγός που επιθυμεί να κατασκευάσει ένα φωτοβολταϊκό πάρκο 100 MW αξίας 100 εκατομμυρίων ευρώ και υπολλέιπεται κεφάλαια ύψους 20 εκατομμυρίων ευρώ. Με χρήση της πλατφόρμας ο παραγωγός μπορούσε να εκδόσει ενεργειακά νομίσματα για την ενέργεια που θα παρήγαγε αξίας 20 εκατομμυρίων και να τα διαθέσει στην αγορά. Οι επενδυτές αγόραζαν την ενέργεια αυτή φθηνότερα από την τιμή της αγοράς αξιοποιώντας την για τους ίδιους ή για να την εμπορευτούν στην αγορά.

4.7 Η δημοπρασία

Κάθε νέος παραγωγός ανανεώσιμης ενέργειας προσέφερε οικονομικότερη ενέργεια στους χρήστες της πλατφόρμας WePower μέσω του μηχανισμού δημοπρασίας, ο οποίος ορίζει τη χαμηλότερη τιμή για την ενέργεια ανά 1 kWh (ή ένα ενεργειακό νόμισμα). Η δημοπρασία άνοιγε πρώτα στους κατόχους των ενεργειακών νομισμάτων WPR. Οι κάτοχοι ενεργειακών νομισμάτων WPR είχαν πρόσβαση κατά προτεραιότητα για 48 ώρες. Μετά τη λήξη αυτής της περιόδου, η υπόλοιπη ενέργεια προσφερόταν σε όλους τους συμμετέχοντες στην πλατφόρμα WePower.

Η χαμηλότερη τιμή προσφοράς οριζόταν από τον δημοπρατούντα. Οι τρέχουσες και ιστορικές τιμές ενέργειας ήταν ορατές στην πλατφόρμα. Αυτό έδινε μια αναφορά για την αγοραία τιμή της ενέργειας και λειτουργούσε ως ανώτατο όριο τιμής για τη μέγιστη τιμή της ενέργειας.

4.8 Ενεργειακά Νομίσματα

Κάθε ενεργειακό νόμισμα αντιπροσώπευε 1 kWh καθαρής πράσινης ενέργειας που θα παραγόταν σε συγκεκριμένη στιγμή στο μέλλον. Ο κάτοχος ενός τέτοιου νομίσματος είχε τις εξής επιπλογές στη διάθεσή του. Αρχικά, μπορούσε να επιλέξει να χρησιμοποιήσει την ενέργεια ο ίδιος αν αυτή αγοράστηκε από ένα έργο ΑΠΕ στην τοπική του αγορά. Σημειώνεται ότι η φυσική παράδοση της ενέργειας πραγματοποιούνταν από την WePower μόλις αρχίσει να λειτουργεί στην τοπική αγορά του ιδιοκτήτη του νομίσματος και να δραστηριοποιείται υπό το νομικό πλαίσιο ανεξάρτητου προμηθευτή ενέργειας.

Δεύτερον, είχαν την επιλογή να πουλήσουν την ενέργεια στην πλατφόρμα WePower πριν από την παραγωγή της, σε οποιονδήποτε άλλο χρήστη. Τρίτον, μπορούσαν να επιλέξουν να πουλήσουν αυτόματα την ενέργεια στη χονδρική αγορά ενέργειας μόλις παραχθεί, λαμβάνοντας την τιμή της ενέργειας σε παραστατικό νόμισμα όπως ευρώ ή σε κάποιο κρυπτονόμισμα. Παρόλο που αυτή η επιλογή ενείχε κάποια ασάφεια όσον αφορά την τελική τιμή εξόφλησης, καθώς καθορίζεται από την τιμή της αγοράς σε αυτήν τη συγκεκριμένη στιγμή, παρέχει ένα ασφαλές δίκτυ προστασίας για τα επενδυμένα κεφάλαια σε ενέργεια.

Σε περίπτωση που ο κάτοχος ενεργειακού νομίσματος ακολουθούσε την Τρίτη επιλογή, δηλαδή την πώληση της ενέργειας στο δίκτυο είχε δύο επιλογές. Μπορούσε να εξαργυρώσει τα χρήματά του άμεσα ή να επανεπενδύσει το κεφάλαιο σε πράσινη ενέργεια και να συνεχίσει να λαμβάνει αξία.

4.9 WPR Tokens

Τα νομίσματα WPR (WePower) ήταν τα εγγενή νομίσματα της πλατφόρμας WePower. Ο κύριος σκοπός τους ήταν να διευκολύνουν τις συναλλαγές εντός του οικοσυστήματος της WePower και να παρέχουν πρόσβαση σε ορισμένες λειτουργίες. Οι κάτοχοι των κερμάτων WPR είχαν τα εξής δικαιώματα:

- Προτεραιότητα πρόσβασης σε δημοπρασίες ενεργειακών κερμάτων: Οι κάτοχοι κερμάτων WPR είχαν προτεραιότητα στην αγορά ενεργειακών κερμάτων. Τα ενεργειακά κέρματα είναι συμβόλαια που αντιπροσωπεύουν την υποχρέωση ενός παραγωγού να παραδώσει μια συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας σε μελλοντική ημερομηνία.

- Πρόσβαση σε δωρεάν ενέργεια: Όταν οι παραγωγοί ενέργειας εντάσσονται στο δίκτυο, αναμένεται να δωρίσουν μια συγκεκριμένη ποσότητα της ενέργειάς τους στους κατόχους των κερμάτων WPR. Αυτή η ενέργεια αναπαριστάται στη μορφή ενεργειακών κερμάτων.

- Ανάπτυξη της πλατφόρμας: Καθώς η πλατφόρμα αυξάνει τον αριθμό των παραγωγών που εντάσσονται, η ζήτηση για τα κέρματα WPR είχε μεγαλύτερη πιθανότητα να αυξηθεί. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε αύξηση της αξίας των κερμάτων WPR.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η κατοχή των νομισμάτων WPR δεν ισοδυναμούσε με την κατοχή μετοχών στην εταιρεία. Τα κέρματα WPR δεν

παρείχαν στους κατόχους τους δικαιώματα ιδιοκτησίας ή αξιώσεις στα έσοδα ή τα περιουσιακά στοιχεία της εταιρείας. Ήταν νομίσματα χρησιμότητας, που προορίζονται για χρήση εντός της πλατφόρμας WePower.

4.10 Μοντέλο Πωλήσεων

Η πώληση των νομισμάτων WPR είχε δομηθεί έτσι ώστε να αποτελεί μια καμπάνια χρηματοδότησης (crowdfunding) βασισμένη στην ανταμοιβή. Οι χρήστες που συνείσφεραν, ως αντάλλαγμα για τις δωρεές τους, λάμβαναν νομίσματα WPR (WePower) κερδίζοντας τα πλεονεκτήματα που προαναφέρθηκαν.

Στον ακόλουθο πίνακα (WePower-Whitepaper, 2021) παρατίθενται οι εκτιμήσεις για την ανάπτυξη της WePower για 6 χρόνια από την ίδρυσή της. Οι εκτιμήσεις αυτές δείχνουν πως θα λειτουργούσε το μοντέλο της εταιρίας WePower όσον αφορά τη χρηματοδότηση ενέργειας, τις δωρεές ενέργειας και τη σχέση με το νόμισμα WPR.

WePower growth projections (updated based on the total token supply):

*kWh price 0,04 EUR

Year	1st year	2nd year	3rd year	4th year	5th year	6th year
1. MW financed through WePower	1 000	4 000	16 000	32 000	64 000	128 000
2. Facilitated financing through WePower kWh	5 500 000 000	22 000 000 000	88 000 000 000	176 000 000 000	352 000 000 000	704 000 000 000
3. Facilitated financing through WePower EUR	220 000 000	880 000 000	3 520 000 000	7 040 000 000	14 080 000 000	28 160 000 000
4. Donation Of Energy 0,9% in kWh	49 500 000	198 000 000	792 000 000	1 584 000 000	3 168 000 000	6 336 000 000
5. Donation Of Energy 0,9% in EUR equivalent*	1 980 000	7 920 000	31 680 000	63 360 000	126 720 000	253 440 000
6. WPR supply (limited amount as an example)	746 403 007					
7. Donated energy per WPR, in kWh	0.1070	0.4279	1.7114	2.7561	5.3054	8.4887
8. Donated energy per WPR in EUR equivalent	0.0043	0.0171	0.0685	0.1102	0.2122	0.3395
9. Energy Received per 10 ETH contribution, in kWh	8557,17	34228,68	136914,71	220486,02	424435,59	679096,94
10. Energy Received per 10 ETH contribution, in EUR	342,29	1369,15	5476,59	8819,44	16977,42	27163,88

Πίνακας 1: Πρόβλεψη ανάπτυξης της WePower (WePower-Whitepaper, 2021)

Τα νομίσματα που δεν διανεμήθηκαν κατά τη διάρκεια της πώλησης θα κλειδώνονταν και δεν ήταν δυνατή η ανάκτηση ενεργειας. Η περίοδος κλειδώματος σχεδιαζόταν να διαρκούσε 3-4 χρόνια. Συνεπώς τα νομίσματα αυτά θα ήταν διαθέσιμα προς διάθεση μετά από 3-4 χρόνια.

Η δημιουργία νομισμάτων είχε προγραμματιστεί να λήξει είτε όταν είχε εκδοθεί ο μέγιστος αριθμός των κερμάτων WPR, είτε όταν είχε λήξει η περίοδος

συνεισφοράς. Αν είχε εκδοθεί λιγότερο από τον ελάχιστο ελάχιστο αριθμό των νομισμάτων, οι συνεισφορές για την πώληση των νομισμάτων μπορούσαν να ανακτηθούν και οι συνεισφέροντες μπορούσαν να λάβουν τα χρήματά τους πίσω. Τα μη πωληθέντα νομίσματα θα καταστρέφονταν. Τα νομίσματα που είχαν διατεθεί στην ομάδα ύψους (20%) θα κλειδωνόνταν για 3 χρόνια με ένα πρόγραμμα αποδέσμευσης, και τα νομίσματα που προορίζονταν για μελλοντική χρήση (3%) θα κλειδώνονταν για 4 χρόνια. Τα νομίσματα για την ανάπτυξη της κοινότητας και των χρηστών (15%) δεν θα κλειδώνονταν.

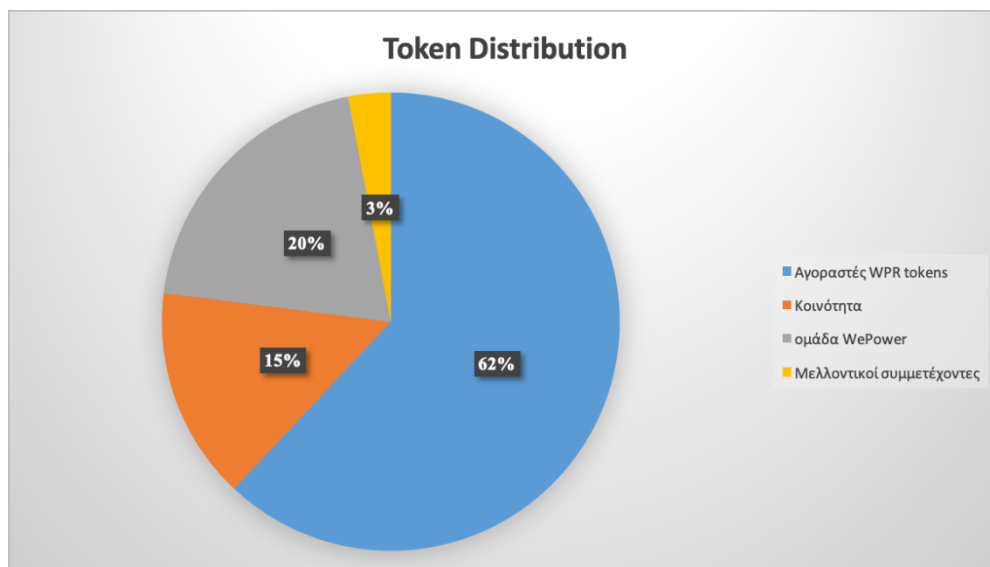
Στον παρακάτω πίνακα (WePower-Whitepaper, 2021) φαίνονται επιπλέον στοιχεία για την διάθεση των νομισμάτων WPR:

Total WPR token supply (100%)	746,403,007.29 WPR
Total WPR token supply for sale (62%)	462,769,864.52 WPR
Team, community and user growth (38%)	283.633.142,77 WPR
Unsold tokens	Burned
Soft cap	5 million USD
Exchange rate for token sale	1 ETH - 8000 WPR
Minimum investment amount	100 USD in ETH
Main token sale date	1 February 2018
Public token pre-sale	Public token pre-sale bonus was 25%.
Period of the token sale	14 days (block number TBD)

Πίνακας 2: Διάθεση νομισμάτων WPR (WePower-Whitepaper, 2021)

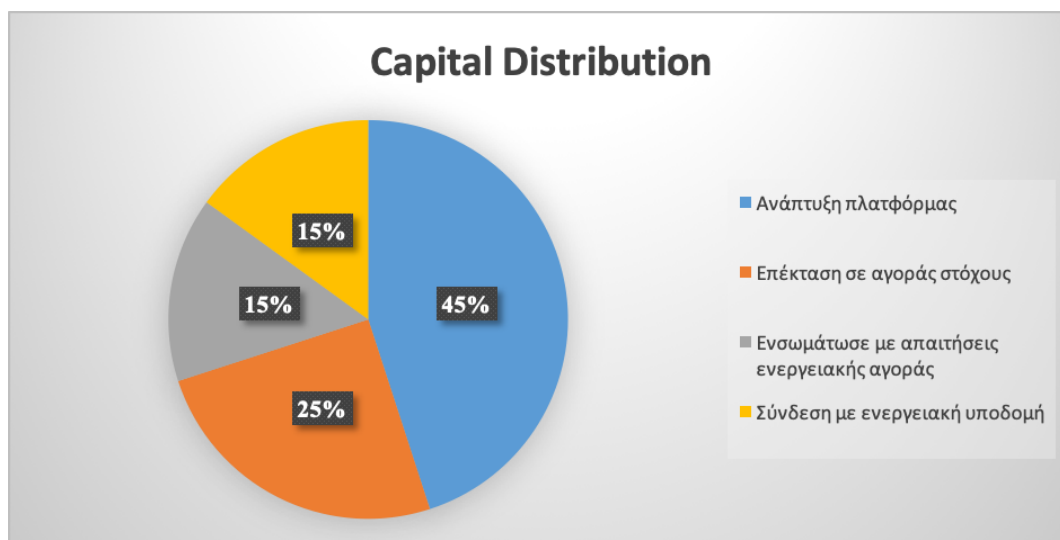
Η WePower είχε σαν πλάνο την πώληση του 62% του συνολικού αριθμού νομισμάτων κατά την προπώληση και την κύρια πώληση. Τα πωληθέντα νομίσματα WPR θα αντιστοιχούσαν στο 62%. Τα μη πωληθέντα νομίσματα θα καταστρέφονταν. Τα νομίσματα που είχαν διατεθεί στην ομάδα θα κλειδώνονταν για 3 χρόνια με ένα

πρόγραμμα αποδέσμευσης, και τα κερμάτα για μελλοντική χρήση θα κλειδωθούν για 4 χρόνια.



Εικόνα 4: Διαχείριση κεφαλαίων της WePower

Η WePower είχε ανακοινώσει πως όλα τα χρήματα που θα αντλήσει θα διατεθούν για την ανάπτυξη της πλατφόρμας και της εταιρίας. Πιο αναλυτικά, η WePower έχει δεσμευτεί να διαθέσει το 45% των ληφθέντων κεφαλαίων για την προώθηση της ανάπτυξης της πλατφόρμας WePower. Επιπλέον, το 15% των κεφαλαίων θα αφιερωνόταν στην ολοκλήρωση της ενσωμάτωσης της πλατφόρμας WePower στις υπάρχουσες ενεργειακές υποδομές των αγορών που στόχευε. Επιπλέον, το άλλο 15% θα διατιθόταν για να διασφαλιστεί η συμμόρφωση της WePower με τις απαιτήσεις του ενεργειακού τομέα. Το 25% των ληφθέντων κεφαλαίων θα επικεντρωνόταν στην επέκταση και τη λειτουργία της πλατφόρμας.



Εικόνα 5: Διανομή κεφαλαίων της WePower

4.11 Συνεργασίες

Εξαιτίας δυνατότητάς της, να έχει παγκόσμια επίδραση και να αντιμετωπίσει τα προβλήματα εκπομπών, η WePower είχε αποκτήσει την υποστήριξη του Υπουργείου Ενέργειας της Δημοκρατίας της Λιθουανίας (WePower-Whitpaper, 2021). Αρκετές ενεργειακές εταιρείες και προγράμματα υποστήριζαν επίσης τη WePower λόγω του πρωτοποριακού ρόλου της στον ενεργειακό τομέα:

- Η Elering, μία από τις πιο καινοτόμες εκμεταλλεύτριες εταιρείες μεταφοράς ενέργειας στην Ευρώπη, βοήθησε τη WePower να ξεκινήσει ένα πιλοτικό έργο για την εισαγωγή της τεχνολογίας των νομισμάτων στον ενεργειακό τομέα ολόκληρης της Εσθονίας.

- Ανανεώσιμοι παραγωγοί ενέργειας, όπως η Conquista Solar, η Civitas Projects και η Novocorex, είχαν εκφράσει επίσης την πρόθεσή τους να χρησιμοποιήσουν τη WePower και να συνδέσουν τις εγκαταστάσεις τους για την παραγωγή ηλιακής ενέργειας, οι οποίες συνολικά ήταν παραπάνω από 1000 MW, στην πλατφόρμα της WePower.

- Η Startupbootcamp, μαζί με την Australian Energy, την Spotless και πολλές άλλες εταιρείες, διεξήγαγε ένα πρόγραμμα ενέργειας στην Αυστραλία σε συνεργασία με τη WePower.

- Η 220 Energia, ένας πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργεί σε διάφορες χώρες της Βόρειας Ευρώπης και της Βαλτικής περιοχής, υπήρξε ένας σημαντικός υποστηρικτής της WePower.

Στους τομείς του blockchain και των πωλήσεων νομισμάτων, η WePower είχε συνεργαστεί με τους παρακάτω φορείς:

- Η BlockchainIL, μια κορυφαία εταιρεία συμβουλευτικών υπηρεσιών για ICO με πάνω από έξι χρόνια εμπειρίας στη βιομηχανία του blockchain. Έχουν ολοκληρώσει με επιτυχία πολλά έργα, συμπεριλαμβανομένων των Bancor (153 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ), Sirin Labs (157 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ) και Stox (33 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ).

- Η AmaZix, μια εταιρεία που ειδικεύεται στη διαχείριση κοινότητας για κρυπτονομίσματα.

Η WePower έχει επίσης συνεργαστεί με διάφορους τεχνολογικούς εταίρους:

- Η Catapult, ειδικευόμενη στην ενεργειακή υποδομή.

- Η Wings, ένας τεχνολογικός εταίρος που συνεισφέρει με ειδικευση και υποστήριξη.

- Η Metasite, μια εταιρεία ανάπτυξης λογισμικού.

- Το Blockchain Labs, το οποίο βοηθά με την ανάπτυξη έξυπνων συμβολαίων.

- Η Finpass, μια παροχέας πλατφόρμας γνωριμίας του πελάτη (KYC).

4.12 Ανταπόκριση Επενδυτών

Η ανταπόκριση των επενδυτών στην ICO της WePower ήταν θετική (WePower, Business wire, 2018). Η εταιρεία έφτασε στον μέγιστο ποσό που στόχευε να αντλήσει από την Initial Coin Offering που ήταν στα 40 εκατομμύρια δολάρια, υποδεικνύοντας ισχυρό ενδιαφέρον από τους επενδυτές. Η ICO προσέλκυσε επενδυτές από όλο τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένης της Ευρώπης, της Ασίας και της Αυστραλίας.

Μετά την ICO (Brown, 2018), το νόμισμα WPR καταχωρήθηκε σε διάφορες πλατφόρμες ανταλλαγής κρυπτονομισμάτων, επιτρέποντας το εμπόριο του νομίσματος (Kingslay, 2018). Με την πάροδο του χρόνου, η αξία του νομίσματος παρουσίαζε διακυμάνσεις βάσει παραγόντων όπως η πρόοδος της πλατφόρμας της WePower, οι συνολικές συνθήκες της αγοράς κρυπτονομισμάτων και η στάση των επενδυτών έναντι των ανανεώσιμων ενεργειακών έργων.

4.13 Αποτίμηση

Η αποστολή της WePower να επιτρέψει την ανταλλαγή ανανεώσιμης ενέργειας μέσω μιας πλατφόρμας βασισμένης σε τεχνολογία blockchain αποτέλεσε μια φιλόδοξη προσπάθεια που δυστυχώς δεν κατάφερε να πραγματοποιηθεί. Αυτή η προσπάθεια ήταν καινοτόμα, με στόχο τον εκδημοκρατισμό της αγοράς ενέργειας και την παροχή μιας πιο προσβάσιμης και διαφανής πλατφόρμας για συναλλαγές ανανεώσιμης ενέργειας. Η εφαρμογή μιας καινοτόμου τεχνολογίας, όπως το blockchain, σε έναν παραδοσιακό τομέα, παρείχε ένα εύφορο έδαφος για την εξερεύνηση των δυνατοτήτων της και την εξέταση των περιορισμών της.

Μια πιο λεπτομερής εξέταση των παραγόντων που συνέβαλαν στην μη ολοκλήρωση του εγχειρήματος αυτού αποκαλύπτει πως υπήρξε αποτέλεσμα τόσο εσωτερικών όσο και εξωτερικών παραγόντων.

4.13.1 Αδυναμία προσέλκυσης κρίσιμης μάζας

Ένα από τα κύρια προβλήματα που αντιμετώπισε η WePower, ήταν η ανάγκη να προσελκύσει ένα επαρκές αριθμό παραγωγών ενέργειας στην πλατφόρμα της για να επιτύχει αυτό που συχνά αναφέρεται ως "κρίσιμη μάζα". Η κρίσιμη μάζα αναφέρεται στο σημείο στο οποίο μία υπηρεσία ή ένα προϊόν γίνεται αυτο-βιώσιμο και βιώσιμο στην αγορά.

Για μια πλατφόρμα όπως η WePower, η αξία που προσφέρει εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το δικτύό της, πράγμα που σημαίνει ότι η πλατφόρμα γίνεται πιο αξιόλογη και σημαντική όσο περισσότεροι χρήστες ενταχθούν και συμμετέχουν σε αυτή. Στην προκειμένη περίπτωση, οι χρήστες είναι παραγωγοί ενέργειας που θα χρησιμοποιούσαν την πλατφόρμα της WePower για να χρηματοδοτήσουν τα έργα τους. Όσο περισσότεροι παραγωγοί ενέργειας συμμετέχουν, τόσο περισσότερες επιλογές υπάρχουν για τους επενδυτές, προσελκύοντας παράλληλα περισσότερους παραγωγούς ενέργειας, πράγμα που αποτελεί έναν ευεργετικό κύκλο ανάπτυξης.

Υπήρξαν προκλήσεις σε δύο επίπεδα για την επίτευξη αυτής της κρίσιμης μάζας:

- Τεχνολογικά ζητήματα (Shaik, Malik, Singh, Gehlot, & Tanwar, 2020):
 - Προβλήματα κλιμάκωσης της τεχνολογίας blockchain:

Η τεχνολογία blockchain, παρά τις υποσχέσεις της, αντιμετωπίζει προβλήματα με την αποδοτικότητα στην κλιμάκωση. Η WePower εξαρτήθηκε από την τεχνολογία blockchain για τη δημιουργία της πλατφόρμας ανταλλαγής ενέργειας, αλλά όσο αυξανόταν ο αριθμός

των συναλλαγών, φαίνεται να αντιμετωπίσει προβλήματα με την ταχύτητα και την χωρητικότητα επεξεργασίας των συναλλαγών.

- Ενσωμάτωση στα υπάρχοντα ενεργειακά δίκτυα (Aguero, Takayesu, Novosel, & Masiello, 2017): Ένα ακόμη σημαντικό πρόβλημα φαίνεται επίσης να ήταν η ενσωμάτωση της πλατφόρμας της WePower με την υπάρχουσα ενεργειακή υποδομή. Αυτά τα συστήματα συχνά είναι παλαιά και δεν ήταν σχεδιασμένα για την διεκπεραίωση ψηφιακών και αποκεντρωμένων συναλλαγών ενέργειας.
- Ρυθμιστικά ζητήματα (Choobineh, Arab, Khodaei, & Paaso, 2022): Η χρήση της τεχνολογίας blockchain, ιδιαίτερα στον τομέα της ενέργειας, δημιουργεί αρκετές ρυθμιστικές προκλήσεις. Η ανώνυμη ή η ημιανώνυμη φύση των χρηστών μπορεί να επιτρέψει συναλλαγές πέρα από τις υφιστάμενες ρυθμίσεις, ενώ η απουσία ενός κεντρικού μεσολαβητή περιπλέκει την εφαρμογή της νομοθεσίας.

Μερικές από τις κυριότερες προκλήσεις που αντιμετώπισε η WePower σχετικά με ρυθμιστικά θέματα ήταν:

- Έλλειψη Ρυθμιστικής Σαφήνειας (Yeoh, 2017): Η τεχνολογία blockchain που χρησιμοποιήθηκε από την WePower είναι σχετικά νέα φαινόμενα και πολλές νομικές δικαιοδοσίες δεν διαθέτουν συγκεκριμένους κανονισμούς που να τις ρυθμίζουν. Αυτή η ανασφάλεια ρυθμιστικού πλαισίου συνέβαλε στο να αποθαρρυνθούν πιθανοί πελάτες και επενδυτές από τη χρήση ή την επένδυση στην πλατφόρμα της WePower.
- Εκτενές ρυθμιστικό πλαίσιο: Η συμμόρφωση με την υφιστάμενες ρυθμίσεις για την ενέργεια αποτέλεσε σημαντική πρόκληση για την WePower. Δεδομένου ότι οι αγορές ενέργειας είναι υπό έντονη ρύθμιση λόγω της κρίσιμης σημασίας τους για τις οικονομίες και την καθημερινή ζωή. Η συμμόρφωση με αυτούς τους κανόνες είναι μια αρκετά πολύπλοκη και ακριβή διαδικασία, ειδικά για μικρές νεοφυείς εταιρείες όπως η WePower.
- Διαφορές μεταξύ Διασυνοριακών Κανονισμών: Δεδομένου ότι ο στόχος της εταιρίας ήταν η επέκταση σε διάφορες χώρες του κόσμου όπως Ισπανία, Ιταλία και Αυστραλία, οι διαφορές μεταξύ των χωρών σε

επίπεδο νομοθεσίας και ρυθμιστικού πλαισίου αποτέλεσε μια επιπλέον πρόκληση για την WePower.

4.13.2 Διαχείριση νομισμάτων και ICO

Η διαχείριση των νομισμάτων και του ICO (Αρχική Προσφορά Νομισμάτων) αναδείχθηκαν ως κρίσιμοι παράγοντες που συνέβαλαν σημαντικά στην αποδυνάμωση της WePower. Η ανεπάρκεια της διαδικασίας της αρχικής προσφοράς νομισμάτων ειδικά, είχε επιπτώσεις στο κύρος της εταιρείας, καθώς οι κατηγορίες στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης (WePower failed the community, 2018) που αφορούσαν τη διανομή των νομισμάτων δημιούργησαν σοβαρές ανησυχίες σχετικά με τη δικαιοσύνη και τη διαφάνεια.

Οι κατηγορίες αφορούσαν κυρίως την πραγματοποίηση μιας ιδιωτικής προώλησης από τη WePower (Martyniuk, 2018), η οποία φαίνεται να ευνόησε θεσμικούς επενδυτές, μέλη της ομάδας και του στενού της κύκλου. Αυτή η ανισότητα στην κατανομή των νομισμάτων, απέκλεισε το γενικό κοινό και δημιούργησε αμφιβολίες για την ίση πρόσβαση και συμμετοχή. Ως αποτέλεσμα, αυτή η ανισορροπία εξέλιξης είχε αρνητικές επιπτώσεις στην εμπιστοσύνη και το κύρος της εταιρείας.

Επιπλέον, η κατάσταση επιδεινώθηκε από αλλαγές της τελευταίας στιγμής στην διαχείριση των νομισμάτων και την έλλειψη σαφήνειας σχετικά με τα σχέδια διανομής. Οι επενδυτές και οι κάτοχοι νομισμάτων συγκύστηκαν από τις ξαφνικές αλλαγές, οι οποίες επηρέασαν αρνητικά την αντιληπτή αξία και τις δυνητικές αποδόσεις των επενδύσεών τους. Η έλλειψη διαφανούς επικοινωνίας και σαφών κατευθυντήριων γραμμών σχετικά με την διανομή των νομισμάτων αύξησε περαιτέρω τις ανησυχίες και υπονόμωσε την εμπιστοσύνη των επενδυτών.

Η συνδυασμένη επίδραση της ασάφειας στην οικονομία των νομισμάτων και των μη σαφών σχεδίων διανομής δημιούργησε ένα περιβάλλον επισκεπτόμενων επιφυλάξεων και αμφιβολιών. Αυτές οι ενέργειες αντιλαμβάνονταν ως παραβίαση εμπιστοσύνης, υπονομεύοντας το κύρος της WePower και δημιουργώντας αμφιβολίες για τη μακροπρόθεσμη επιβίωση της εταιρείας.

Κεφάλαιο 5 – Μελέτη Περίπτωσης Power Ledger

5.1 Περιγραφή

Η Power Ledger (Power Ledger, 2023) είναι μια καινοτόμος αυστραλιανή τεχνολογική εταιρεία που έχει αναπτύξει μια πρωτοποριακή πλατφόρμα βασισμένη σε blockchain για την ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ ομότιμων χρηστών(peer-to-peer). Ιδρύθηκε το 2016 και έχει την έδρα της στο Περθ της Δυτικής Αυστραλίας. Η εταιρεία επιδιώκει να μετασχηματίσει την παραδοσιακή ενεργειακή βιομηχανία διευκολύνοντας τις απευθείας συναλλαγές μεταξύ παραγωγών και καταναλωτών ενέργειας.

Στον πυρήνα του συστήματος της Power Ledger βρίσκεται ένα διαφανές, ελεγχόμενο και αποκεντρωμένο μητρώο, το οποίο αποτελεί ένα καίριο στοιχείο της πλατφόρμας της. Η τεχνολογία βασισμένη σε blockchain επιτρέπει σε νοικοκυριά και επιχειρήσεις να ανταλλάσσουν ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε πραγματικό χρόνο, εξαλείφοντας την ανάγκη για μεσολαβητές και επιτρέποντας στους χρήστες να διαχειρίζονται και να ελέγχουν την ενεργειακή τους προμήθεια.

Η πλατφόρμα της Power Ledger έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί με διάφορες μορφές πηγών ενέργειας, όπως ηλιακή, αιολική και αποθήκευση μπαταριών. Προωθώντας και διευκολύνοντας τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η Power Ledger στοχεύει να επιταχύνει τη μετάβαση σε μια αποκεντρωμένη και βιώσιμη ενεργειακή αγορά.

Η εταιρεία έχει ξεκινήσει αρκετά επιτυχημένα έργα σε χώρες σε όλο τον κόσμο, αποδεικνύοντας τη διεθνή επεκτασιμότητα και προσαρμοστικότητα της τεχνολογίας της. Αυτά τα έργα έχουν κυμανθεί από ανταλλαγή ενέργειας από ομότιμους σε ομότιμους σε κανονισμένα και ακανόνιστα δίκτυα, μέχρι κυκλοφορία ανανεώσιμων περιουσιακών στοιχείων και εμπορία πιστοποιητικών άνθρακα.

Επιπλέον, η εταιρεία εκδίδει το δικό της κρυπτονόμισμα, το Power Token (POWR), το οποίο διευκολύνει τις συναλλαγές εντός της πλατφόρμας και παρέχει κίνητρα για τη συμμετοχή των χρηστών.

Η εργασία της Power Ledger έχει αναγνωριστεί παγκοσμίως, με την εταιρεία να λαμβάνει διάφορα βραβεία για τις προσπάθειές της στη βιωσιμότητα και την καινοτομία. Παρά τις πολυπλοκότητες της ενεργειακής αγοράς και το ανεξερεύνητο χαρακτήρα της τεχνολογίας blockchain, η Power Ledger θεωρείται πρωτοπόρος στον κλάδο, προωθώντας τα όρια του δυνατού στον ενεργειακό τομέα.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, ενώ τα επιτεύγματα της Power Ledger είναι ελπιδοφόρα, η προσπάθεια ενσωμάτωσης της τεχνολογίας blockchain στον ενεργειακό τομέα είναι ακόμα στα πρώτα της στάδια, παρουσιάζοντας συνεχείς προκλήσεις και ευκαιρίες.

5.2 Εφαρμογές της Power Ledger

Το Οικοσύστημα της Power Ledger (Whitepaper, 2021) υποστηρίζει έναν αυξανόμενο αριθμό εφαρμογών σχετικά με το εμπόριο ενέργειας. Οι βασικές κατηγορίες Εφαρμογών Πλατφόρμας που έχουν αναπτυχθεί από την Power Ledger αναφέρονται παρακάτω, με ορισμένες να είναι ήδη σε λειτουργία και άλλες σε προχωρημένο στάδιο σχεδιασμού ή ανάπτυξης.

5.2.1 Peer-to-Peer Trading

Αυτή η κατηγορία Εφαρμογών της πλατφόρμας PowerLedger παρέχει στους πωλητές τη δυνατότητα να επιτρέπουν στους καταναλωτές, να ανταλλάσσουν ηλεκτρική ενέργεια μεταξύ τους και να λαμβάνουν πληρωμές σε πραγματικό χρόνο από ένα αυτοματοποιημένο και αξιόπιστο σύστημα συμφωνίας και διακανονισμού. Υπάρχουν επιπλέον και άλλα άμεσα οφέλη, όπως η δυνατότητα επιλογής καθαρών πηγών ενέργειας, η δυνατότητα πραγματοποίησης συναλλαγών με γείτονες, η λήψη μεγαλύτερου ποσού για επιπλέον μεγαλύτερο ποσό ενέργειας. Το όφελος από τη διαφάνεια όλων των συναλλαγών σε ένα blockchain και τα πολύ χαμηλά κόστη διακανονισμού, έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση των λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας και τη βελτίωση της απόδοσης των επενδύσεων σε αποκεντρωμένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

5.2.2 Neo-Retailers

Η υπηρεσία αυτή παρέχει στους νεο-πωλητές (neo-retailers) έξυπνη διαχείριση της ζήτησης και προσφοράς, μαζί με σχεδόν άμεση αμοιβή και διακανονισμούς πληρωμών, ενώ παράλληλα διαχειρίζεται η έκθεση του καταναλωτή στον κίνδυνο μη παροχής ενέργειας, που μπορεί να οφείλεται σε κάποιο τεχνικό πρόβλημα ή κάποια φυσική καταστροφή.

Ο όρος νεο-πωλητές (neo-retailers) αναφέρεται σε νέους παράγοντες στον ενεργειακό τομέα που λειτουργούν ως ενεργοί διαχειριστές και προμηθευτές ενέργειας, εκμεταλλευόμενοι τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας για την παροχή προηγμένων υπηρεσιών διαχείρισης ζήτησης και προσφοράς στους καταναλωτές.

5.2.3 Microgrid network operator

Αυτή η συγκεκριμένη κατηγορία εφαρμογών της πλατφόρμας επιτρέπει την μέτρηση ηλεκτρικής ενέργειας, τη συλλογή μεγάλου όγκου δεδομένων (big data), τις γρήγορες μικροσυναλλαγές και τη διαχείριση του δικτύου σε μια πολύ λεπτομερή κλίμακα. Το εμπόριο εντός ενσωματωμένων δικτύων ανατρέπει την παραδοσιακή σχέση μεταξύ ιδιοκτησίας της παραγωγής ενέργειας και κατανάλωσης ενέργειας, επιτρέποντας στους επενδυτές να αποκομίσουν αξία από τις επενδύσεις τους σε Αποκεντρωμένες Πηγές Ενέργειας (DER), ακόμη κι αν δεν καταναλώνουν πλήρως την παράγουςα ενέργεια.

5.2.4 Διακανονισμός για χονδρικό εμπόριο ενέργειας

Παρέχει γρήγορη, οικονομική και διαφανή βελτιστοποίηση και διαχείριση αποστολής, συγκέντρωσης δεδομένων, συμφωνίας και διακανονισμού για χονδρικές αγορές ενέργειας.

5.2.5 Πίνακας Ελέγχου PPA

Ο Πίνακας Ελέγχου PPA της Power Ledger είναι ένα σύστημα διαχείρισης και διακανονισμού ενεργειακών δεδομένων για ιδιοκτήτες και λειτουργούς ενεργειακών δομών. Ο Πίνακας Ελέγχου PPA παρέχει μεγαλύτερη ορατότητα σχετικά με την αγορά ενέργειας (PPA) για την ενέργεια που πωλείται σε πελάτες και την αγορά της στιγμής.

Το PPA (Power Purchase Agreement) (Jenkins & Lim, 1999) είναι μια συμφωνία αγοράς ενέργειας μεταξύ δύο συμβαλλομένων μερών. Συνήθως, αυτά τα μέρη είναι ένας προμηθευτής ενέργειας (όπως μια εταιρεία παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας) και ένας καταναλωτής ενέργειας (όπως μια εταιρεία ή ένας οργανισμός). Το PPA καθορίζει τους όρους και τις συνθήκες για την αγοραπωλησία ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της τιμής, της διάρκειας της συμφωνίας και των υποχρεώσεων και δικαιωμάτων των συμβαλλομένων μερών. Το PPA συνήθως χρησιμοποιείται για την αγοραπωλησία ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές όπως η ηλιακή ή η αιολική ενέργεια.

5.2.6 Ηλεκτρικά Οχήματα

Αυτή η κατηγορία Εφαρμογής Πλατφόρμας διευκολύνει την συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (διασύνδεση με το Πρωτόκολλο Ανοικτού Σημείου Φόρτισης (OCPP)), αναγνώριση χρήστη και γρήγορο διακανονισμό συναλλαγών.

Το Πρωτόκολλο Ανοικτού Σημείου Φόρτισης (OCPP) (Alliance, 2023) είναι ένα πρωτόκολλο τυποποιημένης επικοινωνίας που χρησιμοποιείται για τη διαλειτουργικότητα και επικοινωνία μεταξύ Εξοπλισμού Παροχής Ηλεκτρικής Ενέργειας για Ηλεκτρικά Οχήματα (EVSE) και Σταθμών Φόρτισης. Επιτρέπει την άρρηκτη επικοινωνία και συμβατότητα μεταξύ διαφορετικών σταθμών φόρτισης και δικτύων, διευκολύνοντας την ανάπτυξη της υποδομής φόρτισης για ηλεκτρικά οχήματα.

5.2.7 Carbon Trading

Η υπηρεσία αυτή της πλατφόρμας παρέχει έξυπνα συμβόλαια για το εμπόριο άνθρακα, εξασφαλίζοντας ψηφιακές συναλλαγές ανάμεσα σε οργανισμούς: την αξιοπιστία των περιουσιακών στοιχείων χρησιμοποιώντας αδιαμφισβήτητη τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων, καθώς και διαφάνεια και δυνατότητα ελέγχου. Υποστηρίζει την αναφορά και την παράδοση πιστοποιητικών άνθρακα ή πιστοποιητικών σε αρχές ρύθμισης.

5.3 Σημαντικές Επιτυχίες

Η Power Ledger θεωρείται ως μια πρωτοποριακή εταιρεία στην ενεργειακή αγορά, αφού έχει υλοποιήσει την πρώτη παγκοσμίως πλατφόρμα, για την εμπορία ανανεώσιμης ενέργειας με τεχνολογία blockchain. Η πλατφόρμα αυτή, επιτρέπει στους καταναλωτές και τους παραγωγούς να παρακολουθούν, να ανιχνεύουν και να εμπορεύονται κάθε κιλοβατώρα ενέργειας που παράγεται εκτός δικτύου. Καθώς ο αριθμός των παραγωγών ισχύος έχει αυξηθεί, η Power Ledger έχει καταστήσει τις ενεργειακές αγορές πιο αποδοτικές δημιουργώντας έναν αγοραστικό χώρο για μικρής κλίμακας παραγωγές. Η τεχνολογία τους διευκολύνει την ανταλλαγή ενέργειας από πολίτες προς πολίτες, επιχειρήσεις και το δίκτυο και επιτρέπει την αγοραπωλησία ενέργειας σε πραγματικό χρόνο (Austrade, 2021).

Η Power Ledger έχει αναγνωριστεί ως μία από τις κορυφαίες πέντε εταιρείες που πρωτοστατούν στον τομέα του blockchain για την ανανεώσιμη ενέργεια. Έχει ένα χαρτοφυλάκιο με 20 μεγάλους πελάτες σε 10 χώρες, συμπεριλαμβανομένων του Ηνωμένου Βασιλείου, της Αυστραλίας, της Ταϊλάνδης, της Ινδίας, της Ιαπωνίας, των Ηνωμένων Πολιτειών, της Γαλλίας και της Αυστρίας [41]. Η εταιρεία έχει εξασφαλίσει το 80% των πελατών της μέσω της Austrade, την Αυστριαλιανή Επιτροπή Εμπορίου και Επενδύσεων που προωθεί το διεθνές εμπόριο, και χάρη στη

βοήθειά της τα 26 έργα της Power Ledger εξυπηρετούν πλέον 21.000 καταναλωτές (Austrade, 2021).

Σημαντική είναι η επιτυχία της εταιρείας επίσης στο Uttar Pradesh, στη βόρεια Ινδία, όπου κατάφεραν να μειώσουν την τιμή αγοράς της ενέργειας κατά 43% σε σχέση με την ισχύουσα τιμή λιανικής (Projects, 2023). Μετά από ένα επιτυχημένο πιλοτικό πρόγραμμα, η κυβέρνηση του Uttar Pradesh έκανε νομοθετικές αλλαγές προκειμένου να επιτρέψει το εμπόριο ενέργειας μεταξύ ομότιμων χρηστών (peer-to-peer trading).

Όσον αφορά τον ανταγωνισμό, η Power Ledger ανταγωνίζεται με αρκετές εταιρείες που εκμεταλλεύονται επίσης την τεχνολογία blockchain στον τομέα της ενέργειας:

1. Η ClearTrace (cleartrace, 2023) αναπτύσσει λογισμικό, το οποίο βοηθά επιχειρήσεις και παρόχους ενέργειας να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται την προσφορά ενέργειας και το ίχνος άνθρακα τους. Έχουν έδρα το Austin, Texas.

2. Η Prosume (Prosume, 2023) είναι μια πλατφόρμα βασισμένη σε τεχνολογία blockchain με έδρα την Ιταλία, προωθώντας και επιταχύνοντας νέα μοντέλα ενεργειακών κοινοτήτων.

3. Η FlexiDAO (FlexiDAO, 2023) είναι μια εταιρεία καθαρής τεχνολογίας από την Βαρκελώνη, που παρέχει μια πλατφόρμα για ενεργειακούς παρόχους, η οποία χρησιμοποιεί τεχνολογία blockchain για να παρέχει εργαλεία διαχείρισης ενεργείας.

4. Η Enosi (Enosi, 2023), με έδρα το Σίδνεϊ, Αυστραλία, προσφέρει μια πλατφόρμα ανίχνευσης ενέργειας, το Powertracer, που ανιχνεύει την πραγματική χρήση ενέργειας έναντι της πραγματικής προσφοράς.

5. Η Blok-Z (Blok-Z, 2023), με έδρα το Βερολίνο, προσφέρει λύσεις βασισμένες σε τεχνολογία blockchain για τις ενεργειακές αγορές, αναπτύσσοντας λύσεις blockchain υψηλής επιχειρηματικής κλίμακας και επιταχύνοντας την ψηφιοποίηση της ενεργειακής βιομηχανίας.

Συνοψίζοντας, η Power Ledger έχει μια ισχυρή θέση στην παγκόσμια ενεργειακή αγορά με μια μοναδική προσφορά, αλλά αντιμετωπίζει επίσης ανταγωνισμό από διάφορες εταιρείες που εκμεταλλεύονται την τεχνολογία blockchain με διάφορους τρόπους εντός του ενεργειακού τομέα.

5.4 Ανάλυση SWOT

5.4.1 Δυνατά σημεία

- Πλεονέκτημα πρωτοπορίας: Η Power Ledger ήταν ανάμεσα στις πρώτες εταιρίες που εφάρμοσαν την τεχνολογία blockchain στον ενεργειακό τομέα. Αυτό τους έδωσε το πλεονέκτημα να αποκτήσουν εμπειρία από τις αρχικές εμπειρίες και να δημιουργήσουν βασικές συνεργασίες.
- Ευέλικτη τεχνολογία (Whitpaper, 2021): Η πλατφόρμα της Power Ledger είναι ανθεκτική και ευέλικτη, ενώ επιτρέπει μια ευρεία γκάμα εφαρμογών.
- Παγκόσμιες συνεργασίες (Power Ledger, 2023) (Whitpaper, 2021): Η εταιρία έχει δημιουργήσει συνεργασίες σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι συνεργασίες αυτές περιλαμβάνουν εταιρίες τεχνολογίας, ενέργειας και κυβερνητικούς φορείς. Έτσι έχει τη δυνατότητα να δοκιμάσει και να εφαρμόσει την τεχνολογία της σε διάφορες αγορές στον κόσμο.
- Έμπειρη Ομάδα (Whitpaper, 2021): Η ομάδα της Power Ledger αποτελούνταν τόσο από στελέχη εξειδικευμένα στην τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων όσο και στον ενεργειακό τομέα. Το γεγονός αυτό επέτρεπε τη λήψη ισχυρών στρατηγικών αποφάσεων και την εκτέλεσή τους.

5.4.2 Αδυναμίες

- Αβεβαιότητα Ρυθμιστικού Πλαισίου (Yeoh, 2017): Τα ρυθμιστικά πλαίσια για τις αγορές ενέργειας και την τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων διαφέρουν σημαντικά ανάμεσα σε διάφορες νομικές δικαιοδοσίες, προκαλώντας προκλήσεις για επέκταση και λειτουργία.
- Εξάρτηση από Ευρεία Αποδοχή: Η αποτελεσματικότητα της πλατφόρμας της Power Ledger εξαρτάται από την ευρεία αποδοχή και επίτευξη της κρίσιμης μάζας παραγωγών και καταναλωτών ενέργειας. Το να πειστούν αυτές οι ομάδες να μεταβούν σε ένα νέο σύστημα μπορεί να αποτελέσει πρόκληση.
- Προκλήσεις Τεχνικής Ενσωμάτωσης (Choobineh, Arab, Khodaei, & Paaso, 2022): Η ενσωμάτωση της πλατφόρμας της Power Ledger με

τις υπάρχουσες ενεργειακές υποδομές μπορεί να συνεπάγεται τεχνικές προκλήσεις.

5.4.3 Ευκαιρίες

- **Αυξανόμενη Ζήτηση για Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας:** Καθώς η ζήτηση για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συνεχίζει να αυξάνεται παγκοσμίως όπως φαίνεται και στην έρευνα της McKinsey (Heineke, et al., 2022), αυξάνεται και ο δυνητικός αγοραστικός χώρος για τις υπηρεσίες της Power Ledger.

- **Αυξανόμενο Ενδιαφέρον για Αποκεντρωμένες Λύσεις (Polaris, 2023):** Η αυξανόμενη τάση προς την αποκέντρωση σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας, ανοίγει νέες ευκαιρίες για την Power Ledger.

5.4.4 Προκλήσεις

- **Ανταγωνισμός:** Άλλες εταιρίες (Enosi, 2023) (Blok-Z, 2023) (Prosume, 2023) (cleartrace:, 2023) (FlexiDAO, 2023) οι οποίες έχουν αναπτύξει αντίστοιχες πλατφόρμες και δίκτυα συνεργασιών αυξάνουν τον ανταγωνισμό στον τομέα αυτό, διεκδικώντας ένα κομμάτι της αγοράς.
- **Αστάθεια της αγοράς:** Επιχειρήσεις που σχετίζονται με κρυπτονομίσματα όπως η Power Ledger εκτίθενται στην αστάθεια της αγοράς (Khan & Hakami, 2021), πράγμα που επηρεάζει το μοντέλο της επιχείρησης και τη σταθερότητά της.

5.5 Σημαντικές Συνεργασίες- συμπράξεις

5.5.1 Σύμπραξη με Elia (Powerledger, 2023)

Η Power Ledger ξεκίνησε ένα σημαντικό έργο με την Elia (Elia, 2023), τον κύριο φορέα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στο Βέλγιο. Αυτή η φιλόδοξη συνεργασία αντιπροσώπευε την πρώτη είσοδο της Power Ledger στην ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας, αποτελώντας ένα σημαντικό ορόσημο στην επέκταση της εταιρείας.

Το έργο αυτό επικεντρώθηκε στο να δείξει τη δυνατότητα και την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας blockchain στη διευκόλυνση των συναλλαγών ενέργειας μεταξύ ομότιμων χρηστών (peer-to-peer). Η κεντρική ιδέα αυτού του πιλοτικού προγράμματος ήταν να επιτρέψει στα νοικοκυριά στο Βέλγιο να πωλούν την πλεονάζουσα ηλιακή ενέργεια που παράγουν, απευθείας στους γείτονές τους,

παρακάμπτοντας τα παραδοσιακά συστήματα διανομής ενέργειας. Αυτό προωθεί όχι μόνο τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αλλά επίσης είχε ως στόχο να ενθαρρύνει τη συμμετοχή των καταναλωτών στη χρήση ενέργειας, δημιουργώντας ένα αίσθημα ενός ενεργειακά συνειδητοποιημένου κοινού.

Ως μέρος του πιλοτικού προγράμματος, η πλατφόρμα της Power Ledger, χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή και τον συγχρονισμό της παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας από ηλιακά συστήματα σε κατοικίες, και στη συνέχεια για την αντιστοίχιση αυτής της προσφοράς με την τοπική ζήτηση σε πραγματικό χρόνο.

Το έργο της Elia και της Power Ledger ήταν σημαντικό για πολλούς λόγους. Καταρχήν, έδειξε ότι η τεχνολογία της Power Ledger μπορεί να ενσωματωθεί και να λειτουργήσει με επιτυχία σε μια εξελιγμένη και καθιερωμένη αγορά ενέργειας. Δεύτερον, απέδειξε την προσαρμοστικότητα της πλατφόρμας της Power Ledger, επιβεβαιώνοντας την παγκόσμια εφαρμογή της.

Τέλος, το έργο είχε σημασία για τη μελλοντική σταθερότητα του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας στο Βέλγιο. Με τη δυνατότητα επιτροπής ενέργειας μεταξύ ομότιμων, δημιουργήθηκε μια καλύτερη κατανομή των πόρων ενέργειας, μειώνοντας την εξάρτηση από κεντρικές μονάδες παραγωγής ενέργειας, καθιστώντας το δίκτυο ενέργειας πιο ανθεκτικό σε μεταβολές προσφοράς και τη ζήτησης.

5.5.2 Συνεργασία με CESC και ISGF

Η Power Ledger ξεκίνησε ένα σημαντικό έργο στην Ινδία (Projects P. E., 2023), σε συνεργασία με την Calcutta Electricity Supply Corporation (CESC) και το India Smart Grid Forum (ISGF). Το έργο είχε ως στόχο τη δημιουργία μιας πλατφόρμας για το εμπόριο ενέργειας μεταξύ ομότιμων (P2P) στην περιοχή Dwarka, μια πυκνοκατοικημένη περιοχή στο Νέο Δελχί.

Η εταιρική συνεργασία αντιπροσώπευε την είσοδο της Power Ledger στην ινδική αγορά ενέργειας, με την επιθυμία για ευρύτερη παγκόσμια παρουσία και τη δέσμευσή της για την αντιμετώπιση προκλήσεων που σχετίζονται με την ενέργεια σε διάφορα γεωγραφικά πλαίσια.

Το έργο περιλάμβανε την χρήση της πλατφόρμας της Power Ledger, ώστε να επιτρέπεται το εμπόριο ενέργειας P2P μεταξύ των καταναλωτών. Η περιοχή που επιλέχθηκε για αυτό το πιλοτικό πρόγραμμα επιλέχθηκε ειδικά λόγω της υψηλής ηλιακής δυναμικότητάς της, καθιστώντας την έτσι ιδανική για τον έλεγχο του συστήματος που βασίζεται στην ανταλλαγή πλεονάζουσας ανανεώσιμης ενέργειας.

Μέσω αυτού του προγράμματος, η πλατφόρμα της Power Ledger επέτρεπε στους κατοίκους να ορίζουν τιμές, να παρακολουθούν το εμπόριο ενέργειας σε πραγματικό χρόνο και να πραγματοποιούν συναλλαγές με την περίσσεια ηλιακής ενέργειας. Μέσω αυτής της διαδικασίας, οι καταναλωτές απέκτησαν μεγαλύτερη αυτονομία στην παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας τους, επιτρέποντάς τους να έχουν οικονομικά οφέλη από τις επενδύσεις τους σε ανανεώσιμη ενέργεια και να προωθήσουν την τοπική παραγωγή και κατανάλωση καθαρής ενέργειας.

Επιπλέον, αυτό το έργο είχε ως στόχο την αντιμετώπιση ενός από τα κύρια προβλήματα που αντιμετωπίζει ο ινδικός τομέας ενέργειας, που είναι η σταθερότητα του δικτύου. Μέσω της αποκεντρωμένης παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας, το έργο συνέβαλε στη δημιουργία ενός πιο ισορροπημένου και ανθεκτικού συστήματος δικτύου.

Αυτή η συνεργασία αποτέλεσε ένα σημαντικό ορόσημο για τη Power Ledger, επεκτείνοντας την παρουσία της στη μια από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες οικονομίες του κόσμου. Αποδείχθηκε ότι η εταιρία μπορεί να προσαρμόσει την τεχνολογία της σε διάφορες αγορές και να παρουσιάσει πρακτικές εφαρμογές του πώς η τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων μπορεί να επανασχεδιάσει την αγορά ενέργειας, συμβάλλοντας σε ένα πιο βιώσιμο μέλλον.

5.5.3 Συνεργασία με την American PowerNet

Η Power Ledger έχει πραγματοποιήσει συνεργασία με την American PowerNet (American PowerNet, 2023), μια κορυφαία ανεξάρτητη εταιρεία ενέργειας. Αυτή η συνεργασία σηματοδότησε την πρώτη είσοδο της Power Ledger στην αμερικανική ενεργειακή αγορά, επεκτείνοντας περαιτέρω την παγκόσμια παρουσία της.

Το έργο ξεκίνησε στα κεντρικά γραφεία της American PowerNet στο Wyomissing, της Pennsylvania. Η πλατφόρμα της Power Ledger, βασισμένη στην τεχνολογία του blockchain, χρησιμοποιήθηκε για τη διαχείριση της κατανάλωσης και διανομής ενέργειας του κτηρίου σε πραγματικό χρόνο, με ένα σύστημα που ήταν ταυτόχρονα διαφανές και αποδοτικό.

Το γραφειακό συγκρότημα της American PowerNet, αξιοποιώντας τον ήλιο, παρήγαγε περισσότερη ανανεώσιμη ενέργεια από ό,τι χρειαζόταν. Με την πλατφόρμα της Power Ledger, αυτή η περίσσεια ενέργειας ανιχνεύθηκε, εμπορεύθηκε και

αξιοποιήθηκε μεταξύ των κτιρίων που ήταν συνδεδεμένα σε ένα μικροδίκτυο (microgrid).

Αυτή η συνεργασία ανοίγει σημαντικές προοπτικές για τη Power Ledger στην αμερικανική αγορά. Αποτελεί επίσης παράδειγμα χρήσης της πλατφόρμας της, σε επίπεδο μικροδικτύου(microgrid).

5.6 Dual Token Ecosystem

Η Power Ledger, χρησιμοποιεί ένα διπλό σύστημα των κρυπτονομισμάτων στην πλατφόρμα λογισμικού της, με στόχο να διευκολυνθούν οι συναλλαγές ενέργειας μεταξύ ομότιμων (peer-to-peer).

Τα νομίσματα αυτά είναι τα POWR και SPARKZ.

5.6.1 POWR

Πρόκειται για ένα νόμισμα χρήσης (utility token) που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του οικοσυστήματος της Power Ledger. Είναι απαραίτητο για την πρόσβαση και τη χρήση της πλατφόρμας. Ένα από τα χαρακτηριστικά των κρυπτονομισμάτων POWR είναι η δυνατότητά τους να συνδέονται με έξυπνους μετρητές της πλατφόρμας. Όταν ένας χρήστης, που συνήθως είναι μια εταιρία ενέργειας ή ένας παραγωγός, επιθυμεί να συμμετάσχει στην αγορά ενέργειας, πρέπει να καταθέσει έναν συγκεκριμένο αριθμό κρυπτονομισμάτων POWR. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως Application Hosting. Ο αριθμός των κρυπτονομισμάτων POWR που πρέπει να κατατεθούν είναι ανάλογος με την ποσότητα ενέργειας που επιθυμούν να εμπορευτούν ή να καταναλώσουν. Αυτή η δέσμευση των νομισμάτων επιτρέπει στον χρήστη να δημιουργήσει και να διανείμει έναν αντίστοιχο αριθμό νομισμάτων Sparkz τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για συναλλαγές ενέργειας

Αυτά τα νομίσματα (POWR) διανεμήθηκαν αρχικά μέσω μιας Αρχικής Προσφοράς Νομίσματος (ICO) και μπορούν να αγοραστούν και να πωληθούν σε διάφορες ανταλλαγές κρυπτονομισμάτων.

5.6.1.1 Πλεονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το νόμισμα POWR είναι τα εξής:

- Πρόσβαση στην Πλατφόρμα: Η κατοχή POWR tokens παρέχει το δικαίωμα χρήσης της πλατφόρμας της Power Ledger. Ενεργειακές εταιρείες και πωλητές ενέργειας αγοράζουν και αποθηκεύουν αυτά τα

tokens για να αποκτήσουν τη δυνατότητα να εμπορεύονται ηλεκτρική ενέργεια στην πλατφόρμα.

- **Δημιουργία SPARKZ:** Τα νομίσματα POWR επιτρέπουν τη δημιουργία των SPARKZ, τα οποία είναι νομίσματα εμπορίας ενέργειας, δεμένα με τοπικό νόμισμα. Καταθέτοντας τα POWR, οι εταιρείες μπορούν να δημιουργήσουν SPARKZ, τα οποία χρησιμοποιούνται για την αγοραπωλησία ενέργειας εντός του οικοσυστήματος.
- **Βιωσιμότητα και Υιοθέτηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας:** Μέσω της δυνατότητας ανταλλαγής ενέργειας από άτομο σε άτομο, τα POWR tokens δημιουργούν κίνητρα για την παραγωγή και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των εκπομπών άνθρακα και να συμβάλει στις προσπάθειες για την αειφορία.
- **Αποκέντρωση και εκδημοκρατισμός της Ενέργειας:** Τα νομίσματα POWR συμβάλλουν στην αποκέντρωση και τον εκδημοκρατισμό της διανομής ενέργειας. Μέσω της δυνατότητας ανταλλαγής ενέργειας από άτομο σε άτομο, η Power Ledger επιτρέπει στους καταναλωτές να επιλέγουν τις πηγές ενέργειάς τους και να ελέγχουν τη χρήση της ενέργειας τους.
- **Σταθεροποίηση των Τιμών της Ενέργειας:** Με τη δυνατότητα ανταλλαγής ενέργειας από άτομο σε άτομο και κατ' επέκταση την αύξηση του ανταγωνισμού και διαφάνειας, τα POWR tokens μπορούν να συμβάλουν στην σταθεροποίηση των τιμών της ενέργειας. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα επωφελές σε περιοχές με ασταθείς τιμές ενέργειας.

5.6.2 Sparkz

Το Sparkz είναι το δεύτερο νόμισμα στο οικοσύστημα της Power Ledger. Αποτελεί ένα σταθερό νόμισμα που χρησιμοποιείται για συναλλαγές ενέργειας στην πλατφόρμα της Power Ledger. Κάθε νόμισμα Sparkz αντιστοιχεί στο νόμισμα της χώρας όπου συμβαίνει η ενεργειακή συναλλαγή. Τα Sparkz αγοράζονται και εξαργυρώνονται χρησιμοποιώντας κάποιο παραδοσιακό νόμισμα όπως ευρώ ή δολλάριο, εντός της πλατφόρμας Power Ledger. Το νόμισμα αυτό επιτρέπει επίσης την αγορά και πώληση ενέργειας με έναν τρόπο που είναι πιο οικείος στους περισσότερους ανθρώπους, καθώς η τιμή δεν εμφανίζει διακυμάνσεις, όπως στα περισσότερα κρυπτονομίσματα.

Το διπλό σύστημα νομίσματος επιτρέπει στην Power Ledger να έχει ένα σταθερό νόμισμα για συναλλαγές (Sparkz), ενώ έχει επίσης ένα νόμισμα που μπορεί να εμπορευείται στην ανοιχτή αγορά και μπορεί να κερδίσει ή να χάσει αξία (POWR). Αυτή η προσέγγιση προσφέρει τα οφέλη της τεχνολογίας κατανεμημένων μητρώων, ενώ ταυτόχρονα διατηρεί την τιμολόγηση της ενέργειας σταθερή και δεμένη με παραδοσιακά νομίσματα.

5.7 Ανάλυση περίπτωσης χρήσης (Use Case)

Έστω η εταιρία με όνομα GreenWave Energy, εταιρία ενέργειας με έδρα την Καλιφόρνια, αποφασίζει να εκμεταλλευτεί την πλατφόρμα της Power Ledger για τη δημιουργία ενός τοπικού εμπορίου ενέργειας για τους πελάτες της. Η GreenWave επικεντρώνεται στην παροχή ανανεώσιμης ενέργειας που προέρχεται από ηλιακά και αιολικά πάρκα που βρίσκονται σε διάφορες περιοχές της Καλιφόρνια.

Βήμα 1: Είσοδος στην Πλατφόρμα

Για να ενταχθεί στην πλατφόρμα της Power Ledger, η GreenWave αγοράζει νομίσματα POWR, τα οποία λειτουργούν ως ένα είδος άδειας πρόσβασης στο σύστημα. Ο αριθμός των απαιτούμενων νομισμάτων εξαρτάται από την κλίμακα των λειτουργιών της, καθώς αυτά τα νομίσματα θα τεθούν σε δέσμευση για τη δημιουργία των SPARKZ, των tokens ενέργειας που οι καταναλωτές θα χρησιμοποιούν για την αγοραπωλησία ενέργειας

Βήμα 2: Δημιουργία SPARKZ

Η GreenWave τοποθετεί τα νομίσματα POWR της στο σύστημα της Power Ledger. Αυτή η κατάθεση επιτρέπει στην GreenWave να δημιουργήσει τα νομίσματα SPARKZ, τα οποία είναι δεμένα με τοπικό νόμισμα (1 SPARKZ = 1 δολάριο ΗΠΑ). Αυτά τα tokens SPARKZ χρησιμοποιούνται για τη διευκόλυνση συναλλαγών ενέργειας στην πλατφόρμα.

Βήμα 3: Πώληση Ενέργειας στους Καταναλωτές

Οι πελάτες της GreenWave, όπως η Susan, μια ιδιοκτήτρια σπιτιού με ηλιακούς συλλέκτες στη στέγη της, μπορούν να πωλήσουν την περίσσεια ενέργειας πίσω στο δίκτυο. Η GreenWave αγοράζει αυτήν την περίσσεια ενέργειας χρησιμοποιώντας SPARKZ. Η ενέργεια παρακολουθείται και επαληθεύεται μέσω της πλατφόρμας της Power Ledger, με κάθε μονάδα ενέργειας που αντιστοιχεί σε ένα νόμισμα SPARKZ.

Βήμα 4: Αγορά Ενέργειας από την GreenWave

Ένας άλλος πελάτης, ο Bob, χρειάζεται να αγοράσει επιπλέον ενέργεια για το σπίτι του. Αγοράζει ενέργεια από την GreenWave, πληρώνοντας με tokens SPARKZ. Το κόστος σε νομίσματα SPARKZ αντιστοιχεί στην τιμή σε δολάρια ΗΠΑ.

Βήμα 5: Συμφωνία (Reconciliation)

Στο τέλος της περιόδου τιμολόγησης, η GreenWave πραγματοποιεί έλεγχο συμφωνίας της ενέργειας που αγοράστηκε και πωλήθηκε, εξαργυρώνοντας τα νομίσματα SPARKZ για δολάρια ΗΠΑ. Τα νομίσματα SPARKZ που έχουν χρησιμοποιηθεί καταστρέφονται, επιστρέφοντας τα αντίστοιχα POWR tokens από την δέσμευση.

Βήμα 6: Κέρδος και Επέκταση

Η GreenWave επωφελείται από μειωμένα λειτουργικά έξοδα χρησιμοποιώντας τη διαφανή και αποδοτική πλατφόρμα της Power Ledger. Αυτό τους επιτρέπει να προσφέρουν ανταγωνιστικές τιμές ενέργειας στους πελάτες τους και να επικεντρωθούν στην επέκταση υποδομών ανανεώσιμης ενέργειας. Αποδεικνύοντας την εφικτότητα και τα πλεονεκτήματα ενός αποκεντρωμένου ενεργειακού αγοράς, η GreenWave προσελκύει περισσότερους πελάτες, προωθώντας περαιτέρω τη ζήτηση για λύσεις καθαρής ενέργειας.

5.8 Επέκταση

Η Power Ledger βασίζει την επέκτασή και ανάπτυξή της στις ακόλουθες στρατηγικές:

- **Δημιουργία Στρατηγικών Συνεργασιών** (Clients., 2023): Η Power Ledger έχει ενεργά καθιερώσει συνεργασίες με ενεργειακές εταιρείες, τεχνολογικές εταιρείες και κυβερνητικούς φορείς σε όλο τον κόσμο. Αυτές οι συνεργασίες επιτρέπουν στην Power Ledger να υλοποιήσει την πλατφόρμα της σε διάφορες αγορές ενέργειας και ρυθμιστικά περιβάλλοντα.
- **Επέκταση των Περιπτώσεων Χρήσης** (Clients., 2023): Η Power Ledger συνεχίζει να αναπτύσσει νέες εφαρμογές για την πλατφόρμα της που υπερβαίνουν τον εμπόριο ενέργειας. Αυτές οι επιπλέον περιπτώσεις χρήσης, όπως η εμπόριο πιστοποιητικών άνθρακα ή η φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, μπορούν να προσελκύσουν περισσότερους χρήστες στην πλατφόρμα και να επεκτείνουν τη σημασία της.

- **Πιλοτικά Έργα σε Νέες Περιοχές:** Η Power Ledger συχνά εισέρχεται σε νέες αγορές μέσω της διεξαγωγής πιλοτικών έργων, όπως το έργο ανταλλαγής ενέργειας μεταξύ μελών κοινότητας στην Ισπανία (Spain, 2023) καθώς και την επέκταση στην Ευρώπη σε συνεργασία με την Elia (Partners, 2023). Αυτά τα πιλοτικά έργα τους βοηθούν να αποδείξουν την αποτελεσματικότητα της πλατφόρμας τους, να προσαρμοστούν στις τοπικές συνθήκες της αγοράς και να δημιουργήσουν σχέσεις με τους τοπικούς ενδιαφερόμενους φορείς.
- **Συνεργασία με Ρυθμιστικούς Φορείς:** Οι τεχνολογίες των blockchain και οι αγορές ενέργειας είναι και οι δύο υψηλά ρυθμισμένες, και ο συνδυασμός των δύο μπορεί να είναι περίπλοκος. Η Power Ledger έχει επιδείξει προθυμία να συνεργαστεί στενά με τους ρυθμιστικούς φορείς [59, 60] (TDED, 2023) (Partners, 2023) για να εξασφαλίσει ότι η πλατφόρμα της συμμορφώνεται με τους τοπικούς νόμους και κανονισμούς. Αυτή η ρυθμιστική εμπλοκή μπορεί να βοηθήσει στο να μην υπάρχουν νομικά εμπόδια που θα εμποδίσουν την επέκτασή τους.
- **Συνεχής Τεχνολογική Καινοτομία:** Η Power Ledger συνεχίζει να επενδύει στην τεχνολογία της για τη βελτίωση της επεκτασιμότητας, ασφάλειας και χρηστικότητας της πλατφόρμας της. Αυτή η συνεχής καινοτομία είναι απαραίτητη για να παραμείνουν ανταγωνιστικοί στην εξελισσόμενη αγορά ενέργειας και την τεχνολογία των blockchain.

Κεφάλαιο 6 – Σύγκριση WePower και Power Ledger

Η Power Ledger και η WePower θεωρούνταν κορυφαίοι παίκτες στη βιομηχανία της ανανεώσιμης ενέργειας, με την κάθε μία να αξιοποιεί την τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων για να επανασχεδιάσει τον τομέα της ενέργειας. Ενώ η Power Ledger συνεχίζει να ευημερεί, η WePower αντιμετώπισε προκλήσεις και τελικά δεν κατάφερε να επιτύχει τους στόχους της. Παρά τις διαφορετικές πορείες τους, είναι σημαντικό να εξετάσουμε τις ομοιότητες και τις διαφορές ανάμεσα σε αυτές τις δύο εταιρείες για να αποκτήσουμε ολιστική εικόνα για τη δυναμική της τεχνολογίας blockchain στο μετασχηματισμό του τομέα ανανεώσιμης ενέργειας.

6.1 Σκοπός

WePower: Η WePower δημιουργήθηκε με στόχο την προώθηση της χρηματοδότησης έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς και εμπορίου πράσινης ενέργειας. Ο κύριος στόχος ήταν να παρέχει μια πλατφόρμα όπου οι παραγωγοί πράσινης ενέργειας μπορούν να αποκτήσουν κεφάλαιο πωλώντας μελλοντική παραγωγή ενέργειας σε μορφή tokens.

Power Ledger: Η Power Ledger επικεντρώνεται στον μετασχηματισμό της ενεργειακής βιομηχανίας μέσω της δημιουργίας μιας αποκεντρωμένης πλατφόρμας εμπορίας ενέργειας μεταξύ ομότιμων (peer-to-peer). Ο σκοπός δεν είναι μόνο η προώθηση της πράσινης ενέργειας, αλλά και η βελτιστοποίηση του συστήματος ενέργειας γενικά, επιτρέποντας στους καταναλωτές να εμπορεύονται την πλεονάζουσα ηλιακή και αιολική ενέργεια απευθείας μεταξύ τους.

6.2 Τεχνολογία

WePower: Η WePower χρησιμοποίησε τεχνολογία blockchain και έξυπνων συμβολαίων για να επιτρέψει στους παραγωγούς ενέργειας να αποκτήσουν κεφάλαιο μέσω της εμπορίας ενέργειας με τη μορφή των token.

Power Ledger: Η Power Ledger χρησιμοποιεί επίσης την τεχνολογία blockchain για να διευκολύνει την εμπορία ενέργειας μεταξύ ομότιμων χρηστών, επιτρέποντας στους καταναλωτές να πωλούν την πλεονάζουσα πράσινη ενέργεια τους στους γείτονές τους. Η εταιρεία χρησιμοποιεί επίσης την τεχνολογία της για να ασχοληθεί με άλλους τομείς όπως η εμπορία άνθρακα και τα πιστοποιητικά ανανεώσιμης ενέργειας.

6.3 Συστήματα Tokens

WePower: Η WePower χρησιμοποίησε ένα σύστημα μοναδικού token (WPR) (single token) που αντιπροσωπεύει ένα συγκεκριμένο ποσό μελλοντικής παραγωγής ενέργειας.

Power Ledger: Η Power Ledger χρησιμοποιεί ένα σύστημα διπλού token (double token) (POWR και Sparkz) που παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία και σταθερότητα στους χρήστες της. Τα νομίσματα POWR χρησιμοποιούνται για την πρόσβαση και χρήση της πλατφόρμας, ενώ τα νομίσματα Sparkz αντιπροσωπεύουν την αξία της ενέργειας που εμπορεύεται στην πλατφόρμα με τοπικό νόμισμα.

6.4 Προσέγγιση στην Αγορά

WePower: Ο κύριος στόχος της WePower ήταν οι παραγωγοί πράσινης ενέργειας και οι επενδυτές που ενδιαφέρονται να υποστηρίξουν έργα ανανεώσιμης ενέργειας.

Power Ledger: Η Power Ledger στοχεύει σε μια ευρύτερη αγορά, περιλαμβάνοντας καταναλωτές ενέργειας, ιδιοκτήτες ανανεώσιμης ενέργειας, εταιρίες ενέργειας και ακόμα και άλλες δημόσιες υπηρεσίες ενέργειας. Η πλατφόρμα τους εξυπηρετεί μια μεγάλη ποικιλία περιπτώσεων χρήσης.

6.5 Συνεργασίες και Μοντέλα Επιχείρησης

WePower: Η WePower αντιμετώπισε προκλήσεις στην δημιουργία συνεργασιών και την προσαρμογή σε διάφορους διεθνείς ενεργειακούς κανονισμούς. Αυτό περιόρισε την επεκτασιμότητά της και την αποτελεσματική αξιοποίηση του δυναμικού της.

Power Ledger: Η Power Ledger έχει καταφέρει να συνάψει πολλαπλές συνεργασίες παγκοσμίως και έχει συμμετάσχει σε αρκετά πετυχημένα πιλοτικά έργα. Το ευέλικτο και προσαρμόσιμο μοντέλο της επιχείρησής της, επιτρέπει τη συνεργασία με διάφορους τοπικούς κανονισμούς και υποδομές ενέργειας.

Συνολικά, παρόλο που και η WePower και η Power Ledger δραστηριοποιούνται στον τομέα της ανανεώσιμης ενέργειας και της τεχνολογίας των blockchain, έχουν σημαντικές διαφορές στην εστίασή τους, την τεχνολογία τους και την προσέγγισή τους στην αγορά. Η ευρεία αγορά της Power Ledger, η ευέλικτη τεχνολογία της και οι επιτυχημένες συνεργασίες φαίνεται ότι την έχουν βοηθήσει να ξεπεράσει την WePower ως προς την υλοποίηση και την επεκτασιμότητα.

Κεφάλαιο 7 – Παράγοντες κλειδιά για επιτυχία ενεργειακών start-ups που χρησιμοποιούν blockchain

Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων έχει εμφανιστεί ως μια επαναστατική δύναμη με τη δυνατότητα να επανασχεδιάσει πολλούς τομείς, συμπεριλαμβανομένου του τομέα της ενέργειας. Η δυνατότητα δημιουργίας αποκεντρωμένων, διαφανών και ασφαλών συστημάτων για τη διανομή και την κατανάλωση ενέργειας έχει προκαλέσει την εμφάνιση νέων εταιρειών που στοχεύουν να μετασηματίσουν τον τομέα της ενέργειας.

Δύο πρωτοποριακά παραδείγματα τέτοιων επιχειρήσεων είναι η Power Ledger και η WePower, καθεμία από τις οποίες προσπαθεί να διαμορφώσει έναν ειδικευμένο τομέα σε αυτήν την αναπτυσσόμενη αγορά. Οι επιχειρήσεις αυτές, στοχεύουν στο να διαταράξουν την υπάρχουσα κατάσταση, εκμεταλλευόμενες τα μοναδικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας των κατανεμημένων μητρώων για να προκαλέσουν αλλαγές στην παραδοσιακή, κεντρική προσέγγιση στη διανομή ενέργειας. Προτείνουν ένα εναλλακτικό μοντέλο, το οποίο εκδημοκρατίζει την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας, προωθώντας τη βιωσιμότητα και την αποδοτικότητα στο ενεργειακό σύστημα.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι αυτός ο αναπτυσσόμενος τομέας είναι γεμάτος με τις δικές του προκλήσεις. Από την τεχνική πολυπλοκότητα της ανάπτυξης μιας αξιόπιστης, ασφαλούς και επεκτάσιμης πλατφόρμας, μέχρι τα ρυθμιστικά εμπόδια που παρουσιάζουν διάφορες παγκόσμιες ενεργειακές αγορές, ο δρόμος προς την επιτυχία στον τομέα της ενέργειας με τη χρήση της τεχνολογίας blockchain είναι μακρινός και δύσκολος.

Η επιτυχία, επομένως, εξαρτάται από πληθώρα παραγόντων. Στην ενότητα αυτή, θα εξεταστούν αυτοί οι κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας, αντλώντας εισηγήσεις από τις εμπειρίες και τις στρατηγικές της Power Ledger και της WePower. Ενώ και οι δύο εταιρείες έχουν ξεκινήσει έναν παρόμοιο ταξίδι, οι πορείες τους διαφέρουν στον τρόπο που αντιμετωπίζουν τις προκλήσεις της αγοράς ενέργειας. Μέσα από αυτήν τη συγκριτική ανάλυση, στοχεύουμε να ανακαλύψουμε τα συστατικά της επιτυχίας για τις εταιρείες ενέργειας που αξιοποιούν το blockchain στο ασταθές αλλά συναρπαστικό τοπίο της ενεργειακής καινοτομίας.

7.1 Σαφές Όραμα και Στόχοι

Ένα ξεκάθαρο όραμα και καλά καθορισμένοι στόχοι θέτουν τις βάσεις για οποιαδήποτε επιτυχημένη start-up, ειδικά σε εταιρίες που χρησιμοποιούν περίπλοκες και νέες τεχνολογίες όπως αυτή των κατανεμημένων μητρώων (Yingli, 2020). Οι εταιρίες ενέργειας που αξιοποιούν την τεχνολογία blockchain πρέπει να επικεντρώνονται στο να αναγνωρίσουμε σαφήνεια τα προβλήματα που προτίθενται να επιλύσουν στον ενεργειακό τομέα και την αξία που σκοπεύουν να φέρουν στο τραπέζι. Η Power Ledger, για παράδειγμα, έχει ένα καλά διατυπωμένο όραμα για τη πραγματοποίηση εμπορίου ενέργειας μεταξύ ομότιμων χρηστών (peer-to-peer), πράγμα που έχει συντελέσει σημαντικά στην πρόοδό της.

7.2 Προσαρμοστικό Επιχειρηματικό Μοντέλο

Οι ενεργειακές αγορές και οι κανονισμοί που τις διέπουν, διαφέρουν σημαντικά μεταξύ γεωγραφικών τοποθεσιών. Επομένως, ένα προσαρμοστικό επιχειρηματικό μοντέλο είναι κρίσιμο για τις εταιρίες ενέργειας που αξιοποιούν την τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων. Αυτές οι εταιρίες πρέπει να προσαρμόσουν τις υπηρεσίες τους στις τοπικές συνθήκες της αγοράς και το ρυθμιστικό περιβάλλον, όπως φαίνεται στην προσέγγιση της Power Ledger με την ανάπτυξη τοπικών συνεργασιών με ρυθμιστικούς φορείς ή με εδραιωμένους παράγοντες ενέργειας προσαρμόζοντας αντίστοιχα τις παρεχόμενες υπηρεσίες της ανάλογα με τους περιορισμούς της αγοράς που εισέρχεται.

7.3 Συνεργασίες

Το πολύπλοκο τοπίο των κανονισμών στον τομέα της ενέργειας καθώς και η ανάγκη για ανάπτυξη εμπιστοσύνης στην αγορά απαιτούν ισχυρές συνεργασίες. Αυτό περιλαμβάνει τη στενή συνεργασία με παρόχους ενέργειας, ρυθμιστικά όργανα, τοπικές αρχές και παρόχους τεχνολογίας. Τέτοιες συμμαχίες μπορούν να επιταχύνουν την υπέρβαση των ρυθμιστικών εμποδίων και να προωθήσουν την είσοδο στην αγορά.

7.4 Σχεδιασμός φιλικός προς τον χρήστη

Η απλότητα και η ευκολία χρήσης είναι συχνά παραγνωρισμένες πτυχές σύνθετων τεχνολογικών λύσεων. Ένας σχεδιασμός φιλικός προς τον χρήστη που απλοποιεί τη διαδικασία αγοράς, πώλησης και εμπορίας ενέργειας μπορεί να

ενισχύσει σημαντικά την έλκυστικότητα μιας πλατφόρμας, όπως περιγράφεται και στην έρευνα των Glomann, L., Schmid, M., Kitajewa (Glomann, Schmid, & Kitajewa, 2019). Ο τελικός χρήστης πρέπει να βρει την πλατφόρμα προσβάσιμη, βολική και ωφέλιμη.

7.5 Τεχνολογική Καινοτομία

Η συνεχής εξέλιξη με σκοπό την παραμονή στην πρωτοπορία της τεχνολογικής καινοτομίας είναι ζωτικής σημασίας στον ταχέως εξελισσόμενο χώρο της τεχνολογίας blockchain. Οι start ups πρέπει να ενημερώνουν συνεχώς τις πλατφόρμες τους και να ενσωματώνουν τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις, ώστε να διατηρούν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα και να παρέχουν υπηρεσίες υψηλού επιπέδου στους χρήστες τους (FasterCapital, 2023).

7.6 Σύστημα νομισμάτων

Ένα χαρακτηριστικό στοιχείο των πλατφορμών ενέργειας με χρήση τεχνολογίας κατανεμημένων μητρώων είναι τα συστήματα νομισμάτων τους. Αυτά πρέπει να είναι ανθεκτικά, ασφαλή και να προσφέρουν σαφείς πλεονεκτήματα στους κατόχους τους. Το διπλό σύστημα των token της Power Ledger, που περιλαμβάνει τα POWR και Sparkz, είναι ένα παράδειγμα ενός καλά δομημένου συστήματος token που ενισχύει τη λειτουργικότητα της πλατφόρμας και προσφέρει πραγματικά οφέλη στους χρήστες της.

7.7 Εμπιστοσύνη της Κοινότητας

Η διαφάνεια και η ακεραιότητα είναι καθοριστικές για τη δημιουργία εμπιστοσύνης μεταξύ των start ups και στην κοινότητα των χρηστών. Η διανομή και διαχείριση των νομισμάτων πρέπει να πραγματοποιείται με έναν τρόπο που είναι δίκαιος και επωφελής για την κοινότητα, διατηρώντας έτσι την εμπιστοσύνη στην πλατφόρμα. Πρακτικές, όπως η προώληση ενός μεγάλου αριθμού νομισμάτων σε μια εσωτερική δημοπρασία και η αδυναμία ακουλούθησης του αρχικού πλάνου διαμοιρασμού νομισμάτων, όπως φαίνεται στην περίπτωση της WePower, μπορούν να υπονομεύσουν αυτήν την εμπιστοσύνη, οδηγώντας σε επίσημες συνέπειες για την εταιρία.

Κεφάλαιο 8 - Συμπεράσματα

Σε αυτή την ενότητα, πραγματοποιείται μια συγκριτική ανάλυση της WePower και της Power Ledger, όσον αφορά τους αναγνωρισμένους κρίσιμους παράγοντες που καθορίζουν την επιτυχία ή την αποτυχία μιας start-up στον τομέα της ενέργειας που αξιοποιεί την τεχνολογία κατανεμημένων μητρώων. Κάθε ένας από τους επιλεγμένους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας χρησιμοποιείται για την κατασκευή ενός Πίνακα Ανάλυσης Ανταγωνιστών. Αυτός ο πίνακας αποτελεί το συγκριτικό πλαίσιο που παρουσιάζει συνοπτικά τον τρόπο που κάθε εταιρεία έχει προσεγγίσει ή υλοποιήσει αυτούς τους παράγοντες στις λειτουργίες της.

Σε κάθε κελί του πίνακα, παρέχεται μια αξιολόγηση, με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα και την παρατήρηση, σχετικά με το πώς η αντίστοιχη εταιρεία — WePower ή Power Ledger — έχει αποδοθεί σε σχέση με τον συγκεκριμένο παράγοντα που εξετάζεται. Ο στόχος είναι να παρουσιάσει μια σαφή και συνοπτική ανάλυση του τρόπου με τον οποίο αυτές οι εταιρείες έχουν αξιοποιήσει ή αποτύχει να αξιοποιήσει τις ευκαιρίες που προσφέρονται από αυτούς τους κρίσιμους παράγοντες στο μέχρι τώρα ταξίδι τους στον ενεργειακό τομέα.

Key Factors	WePower	Power Ledger
Σαφές όραμα	Η WePower είχε αρχικά καθαρό όραμα για την προώθηση των επενδύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.	Η Power Ledger έχει μια καθαρή πρόταση αξίας: την παροχή μιας αποκεντρωμένης και διαφανούς πλατφόρμας εμπορίας ενέργειας με τη βοήθεια της τεχνολογίας blockchain.
Προσαρμοστικό Επιχειρηματικό πλάνο	Η WePower είχε ένα όραμα αλλά αντιμετώπισε δυσκολίες στο να προσαρμοστεί σε απρόβλεπτες προκλήσεις και αλλαγές στην αγορά. Αυτό ήταν ιδιαίτερα	Από την άλλη πλευρά, η Power Ledger έχει επιδείξει τη δυνατότητα να προσαρμόζεται σε διάφορες συνθήκες αγοράς και ρυθμιστικά

	<p>εμφανές στη δυσκολία της να δράσει σε διαφορετικά ρυθμιστικά πλαίσια διάφορων χωρών. Η αδυναμία της στην προσαρμογή του μοντέλου της επιχείρησης σε αυτές τις προκλήσεις υπονόμωσε τελικά την επιτυχία της.</p>	<p>περιβάλλοντα. Αυτό έχει φανερωθεί στην επέκτασή της σε διάφορες χώρες, οι καθεμία με μοναδικές ενεργειακές αγορές και ρυθμιστικές απαιτήσεις. Το επιχειρηματικό της μοντέλο, που περιλαμβάνει ένα διπλό σύστημα νομισμάτων και διάφορες υπηρεσίες εμπορίας ενέργειας, έχει επιδείξει ευελιξία και προσαρμοστικότητα.</p>
Συνεργασίες	<p>Η WePower έκανε προσπάθειες για να εξασφαλίσει συνεργασίες, αλλά η έλλειψη προσαρμοστικότητας στο μοντέλο της επιχείρησης οδήγησαν σε δυσκολίες στη διαμόρφωση και να διατήρηση ισχυρών, μακροχρόνιων συνεργασιών.</p>	<p>Η Power Ledger έχει καταφέρει να δημιουργήσει ισχυρές συνεργασίες σε παγκόσμιο επίπεδο, εκμεταλλευόμενη αυτές τις συνεργασίες για να επεκτείνει την επιρροή της και να βελτιώσει τις προσφορές της. Οι συνεργασίες τους ποικίλουν, καλύπτοντας από εταιρείες παροχής υπηρεσιών ενέργειας μέχρι τεχνολογικές εταιρείες, συμβάλλοντας σε ένα ανθεκτικό και πολυσχιδές επιχειρηματικό δίκτυο.</p>
Σχεδιασμός φιλικός προς τον χρήστη	<p>Η πλατφόρμα της WePower σχεδιάστηκε</p>	<p>Η Power Ledger έχει δώσει μεγάλη έμφαση</p>

	έτσι ώστε να είναι φιλική προς τον χρήστη.	στην εμπειρία των χρηστών, εξασφαλίζοντας ότι η πλατφόρμα τους είναι ευανάγνωστη και εύκολη στη χρήση.
Τεχνολογική Καινοτομία	Η WePower έχει πραγματοποιήσει τεχνολογικές καινοτομίες με τη χρήση της τεχνολογίας blockchain για την εμπορία ενέργειας. Ήταν σε θέση να παρέχει μια πλατφόρμα που επέτρεπε την ανταλλαγή ενέργειας από άτομο σε άτομο, προσφέροντας μια καινοτόμο λύση για την εποχή της.	Από την άλλη πλευρά, η Power Ledger έχει επιδείξει συνεχή τεχνολογική καινοτομία. Πέρα από την απλή εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain για την εμπορία ενέργειας, έχει σχεδιάσει και υλοποιήσει ένα διπλό σύστημα νομίσματος και μια σειρά από εφαρμογές ενέργειας. Έχει αξιοποιήσει την τεχνολογία για να βελτιώσει και να διαφοροποιήσει τις υπηρεσίες που προσφέρει.
Σύστημα Νομισμάτων	Το νόμισμα της WePower, WPR, σχεδιάστηκε για να προσφέρει προτεραιότητα στις δημοπρασίες των ενεργειακών έργων που καταχωρίζονται στην πλατφόρμα της, επιτρέποντας στους	Το διπλό σύστημα token της Power Ledger (POWR και Sparkz) παρέχει μια μοναδική λύση για να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της αστάθειας των τιμών της ενέργειας και να διασφαλίσει την τήρηση

	κατόχους νομισμάτων να αγοράζουν ενέργεια σε χαμηλότερες τιμές από την αγορά. Αυτό δημιούργησε έναν συναρπαστικό κίνητρο για συμμετοχή και επένδυση στην πλατφόρμα	των κανονιστικών απαιτήσεων.
Εμπιστοσύνη κοινότητας	Η WePower αντιμετώπισε μια σημαντική κρίση στη σχέση της με την κοινότητά επενδυτών και χρηστών της, μετά από μια μεγάλη εσωτερική πώληση τοκεν. Αυτό το γεγονός επηρέασε την διαφάνεια και αξιοπιστία της εταιρείας.	Από την άλλη πλευρά, η Power Ledger έχει καταφέρει να διατηρήσει μια ισχυρή εμπιστοσύνη με την κοινότητά της. Η δέσμευσή της για διαφάνεια, οι τακτικές ενημερώσεις και η σαφής πρόταση αξίας του συστήματος των νομισμάτων της έχουν συμβάλει σε αυτήν την εμπιστοσύνη.

Βιβλιογραφία

- (2023, 05 14). Retrieved from Power Ledger: <https://www.powerledger.io/>
- (2023, 05 17). Retrieved from eco-act: <https://eco-act.com/>
- (2023, 06 01). Retrieved from enelx: <https://www.enelxway.com/us/en/resources/blog/emotorwerks-is-now-enelx>
- (2023, 03 06). Retrieved from Aliander: Welcome. Alliander. (2023, March 9). <https://www.alliander.com/en/>
- (2023, 05 27). Retrieved from Car eWallet: Askari, M. (2019, July 30). Car Ewallet uses blockchain tech. COOL HUNTING®. <https://coolhunting.com/tech/car-ewallet-uses-blockchain-tech/>
- Aguero, J. R., Takayesu, E., Novosel, D., & Masiello, R. (2017). Modernizing the Grid: Challenges and Opportunities for a Sustainable Future., IEEE Power and Energy Magazine, 15, 74-83.
- Alliance, O. C. (2023, 06 02). Open Charge Alliance. Retrieved from <https://www.openchargealliance.org/about-us/about/>

- American PowerNet, U. S. (2023, 05 29). Retrieved from Powerledger Energy Projects: <https://www.powerledger.io/clients/american-powernet>
- 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.
- Austrade. (2021, 12 17). Powerledger: The World’s first “new energy” trading platform. Retrieved from Austrade: <https://www.austrade.gov.au/news/success-stories/powerledger-the-world-s-first-new-energy-trading-platform>
- Berka, A. L., & Creamer, E. (2018). Taking stock of the local impacts of community owned renewable energy: A review and research agenda. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 3400-3419.
- Blok-Z. (2023, 05 27). Retrieved from 24/7 Renewable Energy Matching Software: <https://www.blok-z.com/>
- Breuer, H. (2023, 05 30). Smart Grids and energy storage: A microgrid grows in Brooklyn. Retrieved from siemens.com Global Website.: <https://www.siemens.com/global/en/company/stories/research-technologies/energytransition/a-microgrid-grows-in-brooklyn.html>
- Brown. (2018). Press Releases. Retrieved from coingape: <https://coingape.com/after-a-successful-presale-wepower-ico-becomes-investors-first-choice/>
- Buchko, S. (2023, 05 04). coincentral. Retrieved from <https://coincentral.com/how-long-do-bitcoin-transfers-take>
- Burger C, K. A. (2016). Blockchain in the energy transition: a survey among decision-makers in the German energy industry. DENA German Energy Agency.
- C, M. (n.d.). Overview and analysis of the concept and applications of virtual .
- Castro, M., & Liskov, B. (2002). Practical byzantine fault tolerance and proactive recovery. In M. Castro, & B. Liskov, *ACM Transactions on Computer Systems* (pp. 398-461). New York: Association for Computing Machinery.
- Choobineh, M., Arab, A., Khodaei, A., & Paaso, A. (2022). Energy innovations through blockchain: Challenges, opportunities, and the road ahead. *The Electricity Journal*, 35.
- cleartrace:. (2023, 05 12). Retrieved from Energy and carbon management: Decarbonization platform: <https://cleartrace.io/>
- Clients., P. L. (2023, 06 01). Power Ledger Clients. Retrieved from Power Ledger: <https://www.powerledger.io/clients>
- Community Powered Energy. (2023, 05 25). Retrieved from Brooklyn Microgrid: <https://www.brooklyn.energy/about>
- ‘Fundref’. (4 December 2014). <http://www.crossref.org/fundref/>.
- Elia. (2023, 05 30). Retrieved from Belgian’s Electricity System Operator.: <https://www.elia.be/>
- Enosi. (2023, 05 27). Retrieved from Enosi: <https://enosi.energy/>
- Ethereum blockchain app platform. (2023, 05 10). Retrieved from www.ethereum.org
- FasterCapital. (2023, 05 30). The importance of technology development in startups . Retrieved from FasterCapital:

- <https://fastercapital.com/content/The-importance-of-technology-development-in-startups.html>
- FlexiDAO. (2023, 06 05). Retrieved from Renewable Energy Monitoring Software: <https://www.flexidao.com/>
- global power & utilities, P. (2015). Retrieved from <https://www.pwc.com/gx/en/industries/assets/pwc-blockchain-opportunity-for-energy-producers-and-consumers.pdf>
- Glomann, L., Schmid, M., & Kitajewa, N. (2019). Improving the blockchain user experience - an approach to address blockchain mass adoption issues from a human-centred perspective. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 608–616.
- Heineke, F., Janecke, N., Klärner, H., Kühn, F., Tai, H., amp, & Winter, R. (2022, 10 28). Renewable-energy development in a net-zero world. Retrieved from McKinsey & Company.: <https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/renewable-energy-development-in-a-net-zero-world>
- Jaradat, M., Jarrah, M., Bousselham, A., Jararweh, Y., & Al-Ayyoub, M. (2015). The Internet of Energy: Smart Sensor Networks and Big Data Management for Smart Grid. *Procedia Computer Science*, 592-597.
- Jenkins, G., & Lim, H. (1999). An Integrated Analysis of a Power Purchase Agreement. . *Development Discussion Papers*.
- Khan, R., & Hakami. (2021, 11). Cryptocurrency: Usability perspective versus volatility threat. *J. . Journal of Money and Business*.
- Kingslay, G. (2018, 11 25). News. Retrieved from coindocodex: <https://coindocodex.com/article/2662/top-3-coins-to-watch-nov-26-dec-2/>
- Koasidis, K., Marinakis, V., Nikas, A., Chira, K., Flamos, A., & Doukas, H. (2022). Monetising behavioural change as a policy measure to support energy management in the residential sector: A case study in Greece. *Energy Policy*, 261.
- Lamparter, S., Becher, S., & Fischer, J.-G. (2018). An Agent-based Market Platform for Smart Grids. *Corporate Technology*.
- Leslie Lamport, R. S. (2019). The Byzantine generals problem. In R. S. Leslie Lamport, *Concurrency: the Works of Leslie Lamport* (pp. 203-226). New York: Publisher: Association for Computing Machinery.
- Marinakis, V., Doukas, H., Koasidis, K., & Albuflasa, H. (2022). From Intelligent Energy Management to Value Economy through a Digital Energy Currency: Bahrain City Case . *Sensors*.
- Martyniuk, N. (2018). IMPORTANT UPDATE: pre-sale results, token supply, hardcap and individual caps. Retrieved from Medium: <https://medium.com/wepower/token-sale-presale-results-token-supply-hardcap-individual-caps-78cc57fff10e>
- Mattila, J. (2016). The Blockchain Phenomenon:The Disruptive Potential of Distributed Consensus Architectures. The Research Institute of the Finnish Economy.
- MattilaJuri, Timo, S., Catarina, N., Riitta, S., Marianne, T., Alexandra, B., & Jane, S. (2016). Industrial Blockchain Platforms: An Exercise in Use Case Development in the Energy Industry. The Research Institute of the Finnish Economy .
- MAZIERES, D. (2015). The Stellar Consensus Protocol: A Federated Model for Internet-level Consensus. Stellar Development Foundation.

- Mengelkamp, E., Gärttner, J., Rock, K., Kessler, S., Orsini, L., & Weinhardt, C. (2018). Designing microgrid energy markets: A case study: The Brooklyn Microgrid. *Applied Energy*, 210, 870-880.
- Mihaylov, M., Jurado, S., Avellana, N., Moffaert, K. V., Abril, I. M., & A. Nowé. (2014). NRGcoin: Virtual currency for trading of renewable energy in smart grids. 11th International Conference on the European Energy Market (EEM14), (pp. 1-6). Krakow.
- Mylrea, E., M., Gourisetti, & Gup., S. N. (2017). Blockchain for Smart Grid Resilience: Exchanging Distributed Energy at Speed, Scale and Security. Conference: Resilience Week, (pp. 18-23). Wilmington.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Decentralized Business Review*.
- Nirupama Devi Bhaskar, D. L. (2015). Chapter 3 - Bitcoin Mining Technology. In D. L. Chuen, *Handbook of Digital Currency* (pp. 45-65). Academic Press.
- oxygen. (2023, 05 23). Retrieved from oxygen initiative: <https://oxygeninitiative.com/about/>
- Partners, P. (2023, 05 20). Elia Group and Powerledger join forces to unlock flexibility for energy consumers. Retrieved from Power Ledger : <https://www.powerledger.io/media/elia-group-and-powerledger-join-forces-to-unlock-flexibility-for-energy-consumers>
- Polaris. (2023, 05 19). Decentralized identity market size global report, 2022 - 2030. Retrieved from Polaris: <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/decentralized-identity-market>
- Powerledger, E. G. (2023, 04 13). Elia Group and Powerledger join forces to unlock flexibility for energy consumers. Retrieved from PoweLedger Press: <https://www.powerledger.io/media/elia-group-and-powerledger-join-forces-to-unlock-flexibility-for-energy-consumers>
- Projects, P. E. (2023, 05 29). Calcutta Electricity Supply Corporation, ISGF, India. . Retrieved from Powerledger Energy Projects. : <https://www.powerledger.io/clients/calcutta-electricity-supply-corporation-isgf-india>
- Projects, P. L. (2023, 06 04). Uttar Pradesh Government, India. Retrieved from Powerledger Energy Projects: <https://www.powerledger.io/clients/uttar-pradesh-government-india>
- Prosume. (2023, 06 05). Retrieved from Decentralizing power: <https://prosume.io/>
- S., N. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.
- Satoshi, N. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.
- Seppälä, J. (2016). The role of trust in understanding the effects of blockchain on business models. 55-58.
- Shaik, V. A., Malik, P., Singh, R., Gehlot, A., & Tanwar, S. (2020). Adoption of blockchain technology in various realms: Opportunities and challenges. *Security and Privacy*.
- Spain, P. (2023, 05 15). Powerledger launches one of it's first "Energy Community" projects in Spain. Retrieved from Powerledger: <https://www.powerledger.io/media/powerledger-launches-one-of-the-first-energy-community-projects-in-spain>

- Stojkoska, B. L., & Trivodaliev, K. V. (2016). A review of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions. *Journal of Cleaner Production*, 1454-1464.
- TDED. (2023, 05 21). Powerledger signed an exclusive partnership with TDED to accelerate blockchain-based digital energy business in Thailand. Retrieved from PowerLedger:
<https://www.powerledger.io/media/power-ledger-signed-an-exclusive-partnership-with-tded-to-accelerate-blockchain-based-digital-energy-business-in-thailand>
- WePower. (2018, 02 02). Business wire. Retrieved from WePower Raises \$40 Million for Blockchain-Based Green Energy Trading: The Largest ICO in the Energy Space Ever:
<https://www.businesswire.com/news/home/20180202005170/en/WePower-Raises-40-Million-for-Blockchain-Based-Green-Energy-Trading-The-Largest-ICO-in-the-Energy-Space-Ever>
- WePower failed the community. (2018). Retrieved from Reddit:
https://www.reddit.com/r/ico/comments/7t7noy/wepower_failed_the_community/
- WePower-Whitepaper. (2021). Retrieved from whitepaper:
www.wepower.network
- Whitepaper. (2021). White paper. Retrieved from Power Ledger:
<https://www.powerledger.io/company/power-ledger-whitepaper>
- Yeoh, P. (2017). Regulatory issues in blockchain technology. *Journal of Financial Regulation and Compliance*, 25, 196–208.
- Yingli, W. (2020). Critical Success Factors for Blockchain Implementation in Supply Chains.

