



Ιόνιο Πανεπιστήμιο
Τμήμα Πληροφορικής

Πτυχιακή Εργασία

Ανάλυση, Μελέτη και Οπτικοποίηση της Σχέσης Κρυπτονομίσματος και Κλιματικής Αλλαγής

Τανατζή Γεωργιάνα Νόπη
Π2018084

Επιβλέπων:

Βασίλειος Καρυώτης
Αναπληρωτής Καθηγητής

Κέρκυρα, Οκτώβριος, 2023

Επιβλέπων

Βασίλειος Καρυώτης, Αναπληρωτής Καθηγητής
Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Τριμελής Επιτροπή

Βασίλειος Καρυώτης, Αναπληρωτής Καθηγητής
Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Πάνος Κουρουθανάσης, Καθηγητής
Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Θεμιστοκλής Έξαρχος, Αναπληρωτής Καθηγητής
Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Αυτή η προσπάθεια αφιερώνεται στις φίλες μου Σπυριδούλα Σαρηγιαννίδου και Αλκμήνη Βαλλούς, οι οποίες στάθηκαν δίπλα μου και με βοήθησαν κατά τη διάρκεια ολόκληρης της διαδικασίας.

Περίληψη

Στη σφαίρα των κρυπτονομισμάτων, η διασταύρωση τεχνολογίας και περιβαλλοντικής ευθύνης έχει αποκτήσει ύψιστη σημασία. Καθώς το Bitcoin και άλλα ψηφιακά νομίσματα συνεχίζουν να φέρνουν επανάσταση στο οικονομικό τοπίο, τα ερωτήματα σχετικά με το οικολογικό τους αποτύπωμα είναι μεγάλα. Αυτή η εργασία ξεκινά μια ολοκληρωμένη διερεύνηση της περίπλοκης σχέσης μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin και των εκπομπών CO₂ που προκύπτουν. Μέσω μιας σχολαστικής ανάλυσης δεδομένων που εκτείνονται από τον Ιανουάριο έως τον Ιούλιο του 2023, αυτή η μελέτη αποκαλύπτει μια σταθερή συσχέτιση μεταξύ της χρήσης ενέργειας του Bitcoin και των περιβαλλοντικών του επιπτώσεων. Αυτή η άμεση σύνδεση υπογραμμίζει τις απτές συνέπειες των κρυπτονομισμάτων, καθώς οι διακυμάνσεις στην κατανάλωση ενέργειας αντικατοπτρίζονται στις καθημερινές εκπομπές CO₂. Παρά τις αξιέπαινες προσπάθειες για τη βελτίωση της οικολογικής απόδοσης, εμφανίζεται μια αισθητή ανοδική τάση τόσο στην κατανάλωση ενέργειας όσο και στις εκπομπές. Αυτή η τάση χρησιμεύει ως διευκρινιστική έκκληση για βιώσιμες πρακτικές εντός της κοινότητας των κρυπτονομισμάτων. Ενώ αυτή η ανάλυση αντιμετωπίζει περιορισμούς λόγω του σχετικά σύντομου εύρους δεδομένων και του αποκλεισμού εξωτερικών παραγόντων, αποτελεί τη βάση για μεθοδολογικές βελτιώσεις, συμπεριλαμβανομένων των εκτεταμένων χρονοδιαγραμμάτων δεδομένων, της ενσωμάτωσης της εξωτερικής δυναμικής και της αυτοματοποίησης. Αυτές οι βελτιώσεις ανοίγουν το δρόμο για πιο ολοκληρωμένες και αξιόπιστες προβλέψεις των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του Bitcoin. Καθώς το τοπίο των κρυπτονομισμάτων εξελίσσεται, η παρούσα εργασία υπογραμμίζει την επιτακτική ανάγκη εξισορρόπησης της καινοτομίας, της οικονομικής ανάπτυξης και της περιβαλλοντικής ευθύνης. Προσφέρει καθοδηγητικό φως προς ένα μέλλον όπου η τεχνολογία και η βιωσιμότητα διαμορφώνουν αρμονικά ένα ευσυνείδητο ψηφιακό σύνορο.

Πρόλογος

Η έναρξη αυτής της έρευνας υλοποιήθηκε από ένα βαθύ αίσθημα επείγοντος και υπευθυνότητας ενόψει της ολοένα αυξανόμενης τεχνολογικής προόδου και της κλιμάκωσης των οικολογικών ανησυχιών. Η σφαίρα των κρυπτονομισμάτων, με τους άνευ προηγουμένου ψηφιακούς μετασχηματισμούς και τις χρηματοοικονομικές καινοτομίες, έχει ξεδιπλώσει ένα νέο κεφάλαιο στα χρονικά της παγκόσμιας οικονομίας. Ο κόσμος των κρυπτονομισμάτων έχει φέρει συναρπαστικές αλλαγές στην παγκόσμια οικονομία, αλλά συνοδεύεται και από περιβαλλοντικές προκλήσεις. Αυτή η εργασία στοχεύει να αποκαλύψει τον τρόπο με τον οποίο οι ψηφιακές εξελίξεις των κρυπτονομισμάτων επηρεάζουν το περιβάλλον, ρίχνοντας φως σε αυτή την περίπλοκη σχέση.

Το κίνητρο για την ανάληψη αυτής της εξερεύνησης πηγάζει από μια γνήσια φιλοδοξία να γεφυρωθεί το χάσμα της άγνοιας που περιβάλλει το βασίλειο των κρυπτονομισμάτων. Η ταχεία άνοδος αυτών των καινοτόμων χρηματοπιστωτικών συστημάτων έχει αιχμαλωτίσει τη συλλογική φαντασία, ενώ συγχρόνως συγκαλύπτει την κλιμακούμενη επιβάρυνση που απαιτούν στον πλανήτη μας. Η επιτακτική ανάγκη να αποκαλυφθούν αυτές οι επιπτώσεις πηγάζει από μια ένθερμη πίστη στη δύναμη της γνώσης και της επίγνωσης για τη διαμόρφωση υπεύθυνων επιλογών. Μέσα από αυτή την προσπάθεια, η φιλοδοξία να προστατεύσουμε το περιβάλλον μας και να ενισχύσουμε την παγκόσμια συνείδηση έχει αποκρυσταλλωθεί, καθιστώντας αυτό το θέμα πρωταρχικής σημασίας στη σημερινή εξελισσόμενη συζήτηση.

Αναμφίβολα, η παρούσα εργασία αναγνωρίζει το επίπονο ταξίδι που ξεκίνησε. Η επιδίωξη αποκρυπτογράφησης του περίπλοκου ιστού της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂ που αφορούν συγκεκριμένα την παραγωγή του Bitcoin χαρακτηρίστηκε από προκλήσεις και εμπόδια. Η εμφανής έλλειψη αξιόπιστων και περιεκτικών πηγών δεδομένων που τεκμηριώνουν καθημερινές περιβαλλοντικές πληροφορίες —όπως οι εκπομπές CO₂ και η κατανάλωση ενέργειας— ρίχνει σκιά στη διαδρομή της έρευνας. Ωστόσο, αυτή η έλλειψη ενίσχυσε μόνο τη σημασία της αναζήτησης, ρίχνοντας το φως της δημοσιότητας στην επείγουσα ανάγκη να ενισχυθεί η διαθεσιμότητα διαφανών, προσβάσιμων πληροφοριών σε αυτή τη σφαίρα.

Ευχαριστίες

Αποστέλλεται μια εγκάρδια αναγνώριση σε όσους παρείχαν ακλόνητη υποστήριξη, λειτουργώντας ως η ραχοκοκαλιά αυτής της προσπάθειας. Η σταθερή ενθάρρυνση της οικογένειας και των φίλων μου πρόσφερε την ανεκτίμητη δύναμη για την πλοήγηση στις προκλήσεις που σημάδεψαν το ταξίδι αυτό. Η πίστη τους στη σημασία αυτού του εγχειρήματος τροφοδότησε την ανθεκτικότητα που απαιτείται για να διασχίσει κανείς τέτοιες αχαρτογράφητες περιοχές.

Επίσης, εκφράζονται βαθιά ευγνωμοσύνη στον καθηγητή Βασίλειο Καρυώτη, του οποίου η καθοδήγηση εμφύσησε την έρευνα με βάθος και αυστηρότητα. Οι επιστημονικές του γνώσεις και η αταλάντευτη υποστήριξή του έχουν διαμορφώσει ανεξίτηλα αυτή την προσπάθεια, ρίχνοντας ένα καθοδηγητικό φως μέσα από τις περιπλοκές της ανάλυσης και της ερμηνείας των ακόλουθων δεδομένων.

Περιεχόμενα

Σελίδα Τίτλου.....	0
Τριμελής Επιτροπή.....	2
Αφιέρωση.....	4
Περίληψη.....	6
Πρόλογος.....	8
Ευχαριστίες.....	10
Περιεχόμενα.....	12
Κατάλογος Εικόνων.....	14
Εισαγωγή.....	16
1. Κλιματική αλλαγή.....	18
1.1. Τι σημαίνει « υπερθέρμανση του πλανήτη »;.....	18
1.2. Ιστορική Αναδρομή.....	19
1.3. Τα τελευταία χρόνια (1880-2020).....	19
1.4. Παράγοντες.....	20
1.5. Συνέπειες.....	21
1.6. Μέλλον Κλιματικής Αλλαγής.....	22
2. Κρυπτονόμισμα.....	24
2.1. Αρχές Κρυπτονομίσματος.....	24
2.2. Τρέχουσα κατάσταση.....	24
2.3. Bitcoin.....	26
2.4. Proof Of Work.....	26
3. Ανασκόπηση Σχέσης Κρυπτονομίσματος και Περιβάλλοντος.....	28
3.1. Κρυπτονόμισμα και περιβάλλον.....	28
3.2. Κοινή γνώμη.....	36
3.3. Τρόποι βελτίωσης.....	38
3.4. Απαντήσεις σε ερευνητικά ερωτήματα.....	48
3.4.1. Αντίκτυπος των κρυπτονομισμάτων στο περιβάλλον.....	48
3.4.2. Μελλοντική κατάσταση.....	48
3.4.3. Βελτίωση προβλημάτων.....	49
3.4.4. Οπτικοποίηση δεδομένων σε καθημερινή βάση.....	50
4. Έρευνα και Μεθοδολογία.....	52
4.1. Μεθοδολογία έρευνας και σύγκριση με βιβλιογραφία.....	53
4.2. Ανάλυση κώδικα.....	54
4.2.1. Συλλογή δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας Bitcoin.....	54
4.2.2. Συλλογή δεδομένων ημερήσιων παγκόσμιων επιπέδων CO2.....	54
4.2.3. Υπολογισμός της συνεισφοράς CO2 του Bitcoin.....	55
4.2.4.1 Διαδικασίες Ανάλυσης Δεδομένων και Οπτικοποίησης.....	55
4.2.4.2 Οπτικοποίηση όλων των δεδομένων σε έναν πίνακα.....	56
4.2.4.3 Ανάκτηση και οπτικοποίηση όλων των δεδομένων.....	56

4.2.5. Σκοπός και Εφαρμογή της Μεθοδολογίας.....	57
4.3. Αποτελέσματα έρευνας.....	57
4.3.1. Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	58
4.3.2. Σύγκριση αποτελεσμάτων.....	67
4.4. Απαντήσεις σε ερευνητικά ερωτήματα.....	68
4.5. Ανάλυση τάσεων και μελλοντικών προβλέψεων για τις εκπομπές CO2 του Bitcoin.....	69
4.5.1. Ανάλυση τάσεων.....	69
4.5.2. Μελλοντικές προβλέψεις.....	71
4.6. Περιορισμοί της Υπάρχουσας Μεθοδολογίας και Πιθανές Βελτιώσεις.....	74
4.6.1. Διαχρονική ανάλυση.....	74
4.6.2. Ένταξη Εξωτερικών Παραγόντων.....	75
4.6.3. Αυτοματοποίηση.....	76
4.6.4. Μελλοντική Έρευνα.....	77
Συμπεράσματα.....	80
Παράρτημα.....	82
Κώδικας Προγράμματος.....	82
Συμπληρωματικός Κώδικας.....	85
Συμπληρωματικός Κώδικας Οπτικοποίησης Α.....	86
Συμπληρωματικός Κώδικας Οπτικοποίησης Β.....	87
Συμπληρωματικός Κώδικας Οπτικοποίησης Γ.....	87
Συμπληρωματικός Κώδικας Οπτικοποίησης Δ.....	88
Πίνακας Δεδομένων.....	89
Βιβλιογραφία.....	96
Γλωσσάρι Ξενικών Όρων.....	102

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Προσαρμοσμένος δείκτης βιωσιμότητας ASi.....	39
Εικόνα 2: Ανάλυση συνόλου δεδομένων Ιανουαρίου 2023.....	56
Εικόνα 3: Ανάλυση συνόλου δεδομένων Φεβρουαρίου 2023.....	57
Εικόνα 4: Ανάλυση συνόλου δεδομένων Μαρτίου 2023.....	59
Εικόνα 5 Ανάλυση συνόλου δεδομένων Απριλίου 2023.....	60
Εικόνα 6: Ανάλυση συνόλου δεδομένων Μαΐου 2023.....	62
Εικόνα 7: Ανάλυση συνόλου δεδομένων Ιουνίου 2023.....	63
Εικόνα 8: Επισκόπηση συνόλου δεδομένων Ιουλίου 2023.....	64
Εικόνα 9: Οπτικοποίηση συνόλου αποτελεσμάτων.....	68
Εικόνα 10: Τύπος ποσοστιαίας αύξησης.....	69
Εικόνα 11: Οπτικοποίηση θεωρητικής μελλοντικής κατάστασης CO2 Bitcoin.....	71

Εισαγωγή

Σε μια εποχή που ορίζεται από τις τεχνολογικές εξελίξεις και την περιβαλλοντική συνείδηση, η παγκόσμια κοινότητα αντιμετωπίζει μια κομβική συγκυρία. Η διαφαινόμενη απειλή της κλιματικής αλλαγής ρίχνει σκιά στην πρόοδο της ανθρωπότητας, προτρέποντας μια συλλογική στροφή προς βιώσιμες πρακτικές και υπεύθυνη καινοτομία. Ταυτόχρονα, η άνοδος των κρυπτονομισμάτων, με επικεφαλής το Bitcoin, εισάγει μια νέα σφαίρα δυνατοτήτων και πολυπλοκοτήτων που εκτείνονται πέρα από τη σφαίρα των οικονομικών. Μέσα σε αυτές τις διασταυρούμενες τροχιές, αυτή η εργασία ξεκινά μια διερεύνηση της περίπλοκης σχέσης μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin και των αντίστοιχων εκπομπών CO₂.

Επί του παρόντος, το φάσμα της υπερθέρμανσης του πλανήτη αποτελεί επείγουσα και υπαρξιακή ανησυχία. Η κλιμάκωση των θερμοκρασιών, το λιώσιμο των πάγων και τα ακραία καιρικά φαινόμενα υπογραμμίζουν την απόλυτη ανάγκη για περιβαλλοντική ευθύνη. Μέσα σε αυτό το σκηνικό, ο πολλαπλασιασμός του Bitcoin έχει πυροδοτήσει συζητήσεις για τον οικολογικό του αντίκτυπο. Ως αποκεντρωμένο ψηφιακό νόμισμα, η δημιουργία και η συντήρηση του Bitcoin απαιτούν σημαντική υπολογιστική ισχύ, οδηγώντας σε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και επακόλουθες εκπομπές CO₂. Αυτή η διασταύρωση ψηφιακής καινοτομίας και περιβαλλοντικών συνεπειών θέτει βαθιά ερωτήματα σχετικά με την πορεία προς τα εμπρός.

Αυτή η εργασία προσπαθεί να περιηγηθεί σε αυτό το τοπίο αναλύοντας ένα ολοκληρωμένο σύνολο δεδομένων που εκτείνεται από τον Ιανουάριο έως τον Ιούλιο του 2023. Το σύνολο δεδομένων καταγράφει την εξελισσόμενη δυναμική της κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin και των εκπομπών CO₂, ρίχνοντας φως στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κρυπτονομίσματος. Μέσα από αυστηρή ανάλυση, η μελέτη διακρίνει μια εγγενή συσχέτιση μεταξύ των διακυμάνσεων στην κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin και των αντίστοιχων διακυμάνσεων στις ημερήσιες εκπομπές CO₂. Αυτή η διασύνδεση χρησιμεύει ως βασικό θεμέλιο πάνω στο οποίο αυτή η έρευνα χτίζει την κατανόησή της για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κρυπτονομίσματος.

Σε αυτό το πλαίσιο, τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτήν την ανάλυση είναι τόσο διορατικά όσο και στοχαστικά. Μια σταθερή ανοδική τάση εμφανίζεται στην κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin και τις ημερήσιες εκπομπές CO₂, σηματοδοτώντας μια σταδιακή, αλλά επίμονη αύξηση του οικολογικού αντίκτυπου του κρυπτονομίσματος. Παρά τις αξιέπαινες προσπάθειες για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, τα δεδομένα υπογραμμίζουν την ανάγκη για μια πιο συντονισμένη δέσμευση για βιώσιμες πρακτικές στον τομέα των κρυπτονομισμάτων. Αυτή η εργασία, ωστόσο, αναγνωρίζει τους εγγενείς περιορισμούς του χρονικού πλαισίου και της μεθοδολογίας του συνόλου δεδομένων, ωθώντας την πρόταση μεθοδολογικών βελτιώσεων για τη βελτίωση της μελλοντικής έρευνας.

Ενόψει ενός εξελισσόμενου τεχνολογικού τοπίου και ενός μεταβαλλόμενου κλίματος, αυτή η εργασία ξεκινά ένα ταξίδι που ξεπερνά τις σφαίρες της ψηφιακής χρηματοδότησης. Η εξερεύνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του Bitcoin είναι μια απόδειξη της περίπλοκης αλληλεπίδρασης μεταξύ καινοτομίας και ευθύνης. Καθώς η παγκόσμια κοινότητα παλεύει με την επιταγή της συνείδησης του κλίματος, αυτή η έρευνα επιδιώκει να φωτίσει ένα μονοπάτι όπου οι αναδυόμενες τεχνολογίες και η περιβαλλοντική διαχείριση συνυπάρχουν αρμονικά.

1. Κλιματική αλλαγή

Ο όρος «κλίμα» αναφέρεται στις τυπικές καιρικές συνθήκες μιας συγκεκριμένης περιοχής [1],[2]. Στη μετεωρολογία, η κλιματική αλλαγή αναφέρεται σε αλλαγές στα μέσα καιρικά μοτίβα, που μπορεί να περιλαμβάνουν αργές αλλαγές στο κανονικό εύρος των συνθηκών, συμπεριλαμβανομένων τόσο του σταθερού όσο και του μεταβαλλόμενου κλίματος. Αναφέρεται επίσης σε αλλαγές στο κλίμα της Γης που συμβαίνουν λόγω της αύξησης του επιπέδου των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, τα οποία παγιδεύουν τη θερμότητα από τον ήλιο και έχουν ως αποτέλεσμα τη θέρμανση του πλανήτη, [19],[39],[40], καθώς οδηγούν σε διαταραχή της ισορροπίας μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας που θερμαίνει την επιφάνεια της Γης και της θερμικής ακτινοβολίας που στέλνεται στο διάστημα.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η καύση ορυκτών καυσίμων και η αποψίλωση των δασών έχουν προκαλέσει αύξηση της συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Οι αλλαγές που προκαλούνται από αυτές τις δραστηριότητες μπορούν να έχουν εκτεταμένες επιπτώσεις στο περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία και την οικονομία, καθιστώντας την θέρμανση του πλανήτη ένα κρίσιμο ζήτημα που απαιτεί προσοχή.

1.1. Τι σημαίνει « υπερθέρμανση του πλανήτη »;

Η «υπερθέρμανση του πλανήτη» περιλαμβάνει τη σταδιακή αύξηση της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας της Γης, που προκύπτει από μια λεπτή αλληλεπίδραση μεταξύ των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και των φυσικών διεργασιών. Αυτό το περίπλοκο φαινόμενο έχει περίπλοκες επιπτώσεις τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρωπότητα γενικότερα. Μια από τις κύριες αιτίες της υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, στην ατμόσφαιρα [19].

Οι ρίζες της κατανόησης του φαινομένου του θερμοκηπίου και της υπερθέρμανσης του πλανήτη χρονολογούνται από τις αρχές του 19ου αιώνα, όταν ο Jean-Baptiste Fourier, ένας Γάλλος επιστήμονας, διέκρινε αρχικά αυτήν την περίπλοκη αλληλεπίδραση. Ο John Tyndall, ένας Βρετανός επιστήμονας, διερεύνησε αργότερα τις ιδιότητες υπέρυθρης ακτινοβολίας του διοξειδίου του άνθρακα και των υδρατμών, σκεπτόμενος ότι οι αλλαγές στα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα περιστατικά της εποχής των παγετώνων. Το 1896 ο Svante Arrhenius, ένας Σουηδός επιστήμονας, ανέλαβε πρωτοποριακούς υπολογισμούς σχετικά με τις επιπτώσεις των αυξημένων συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου. Προέβλεψε ότι ο διπλασιασμός των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα θα οδηγούσε σε μια αξιοσημείωτη αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας, [19].

Οι συνέπειες της υπερθέρμανσης του πλανήτη εκτείνονται πέρα από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, περιλαμβάνοντας ουσιαστικές συνέπειες τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρωπότητα. Η κλιματική αλλαγή δυνητικά οδηγεί στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, με αποκορύφωμα τις πλημμύρες, τη διάβρωση των ακτών και τις μαζικές μετατοπίσεις, [1],[19],[22]. Ταυτόχρονα, μπορεί να πυροδοτήσει έντονα καιρικά φαινόμενα, όπως τυφώνες, ξηρασίες και καύσωνες, προκαλώντας εκτεταμένες καταστροφές. Επιπλέον, οι αλλαγές στα πρότυπα βροχοπτώσεων έχουν βαθιές επιπτώσεις στη γεωργία και την οικολογική δυναμική, προκαλώντας αλλαγές στην κατανομή των ειδών χλωρίδας και πανίδας και την ανασύνδεση των αλληλεπιδράσεων τους.

Ως εκ τούτου, είναι προφανές ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη προκύπτει από έναν περίπλοκο συνδυασμό μεταξύ της ανθρώπινης παρέμβασης και των φυσικών ρυθμών. Απαιτεί μια διεπιστημονική προσέγγιση για να αποκτήσετε μια ολοκληρωμένη κατανόηση και να διαμορφώσετε λύσεις. Η διαπλοκή των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και των λειτουργιών της φύσης υποστηρίζουν την πολυπλοκότητά του, με εκτεταμένες επιπτώσεις που αντηχούν στα οικοσυστήματα και την ανθρωπότητα.

1.2. Ιστορική Αναδρομή

Η μεταβλητότητα του κλίματος ήταν ένα επαναλαμβανόμενο φαινόμενο σε όλη την ιστορία του πλανήτη, μεγάλο μέρος του οποίου μπορεί να αποδοθεί σε εσωτερικές ταλαντώσεις εντός του κλιματικού συστήματος της Γης σε αντίθεση με εξωτερικούς παράγοντες. Παραδείγματα τέτοιων περιφερειακών παραλλαγών στο βόρειο ημισφαίριο περιλαμβάνουν τη Μεσαιωνική Θερμή Εποχή, η οποία διήρκεσε από τον 11ο έως τον 14ο αιώνα, και τη Μικρή Εποχή των Παγετώνων, που διήρκεσε από τον 15ο έως τον 19ο αιώνα, [19]. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι αυτές οι αποκλίσεις είναι πιο έντονες όταν εστιάζουμε στο βόρειο ημισφαίριο και στα τοπικά δεδομένα.

Ωστόσο, ο 20ός αιώνας σημείωσε μια ασυνήθιστη άνοδο των παγκόσμιων θερμοκρασιών, με την παγκόσμια μέση θερμοκρασία και το ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας στο δεύτερο μισό του αιώνα να είναι υψηλότερα από οποιονδήποτε προηγούμενο αιώνα τις προηγούμενες χιλιετίες, [2]. Στη δεκαετία του 1950, οι αλλαγές στα καιρικά μοτίβα και τα ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως οι ζεστές και κρύες θερμοκρασίες, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και οι έντονες βροχοπτώσεις σε διάφορες περιοχές, έγιναν πιο διαδεδομένες και συνδέθηκαν με τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η επιστημονική κοινότητα άρχισε να εκφράζει ανησυχίες για την κλιματική αλλαγή μόλις τη δεκαετία του 1980, [2].

Από τα τέλη του 19ου αιώνα, είχαμε διαθέσιμα άμεσα δεδομένα οργάνων για τον υπολογισμό των παγκόσμιων διακυμάνσεων της θερμοκρασίας του αέρα κοντά στην επιφάνεια, με σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας να παρατηρείται τον περασμένο αιώνα. Η δεκαετία του 1990 ήταν η θερμότερη δεκαετία, με το 1998 να είναι η θερμότερη χρονιά που έχει καταγραφεί εκείνη την εποχή. Παρά τη σαφή συνολική τάση, η άνοδος της θερμοκρασίας δεν ήταν ομοιόμορφη, με περιόδους τόσο θέρμανσης όσο και ψύξης, καθώς και σημαντική μεταβλητότητα από έτος σε έτος και δεκαετία σε δεκαετία.

Τα τελευταία 50 χρόνια, σημειώθηκε σημαντική αύξηση τόσο της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας όσο και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, με τις τελευταίες να αυξάνονται κατά περίπου 35% από την προβιομηχανική περίοδο, [19]. Αυτή η αύξηση οδήγησε σε αύξηση της θερμοκρασίας περίπου 1.4 °C, η οποία είναι σχεδόν διπλάσια από την αυθόρμητη αύξηση 0.6-0.7 °C. Η διαφορά μπορεί να αποδοθεί στη θερμοχωρητικότητα των θαλασσών, η οποία παρουσιάζει υστέρηση ως προς τον σημερινό ρυθμό αύξησης των αερίων του θερμοκηπίου, που υπολογίζεται σε 30-40 χρόνια.

Οι μετρήσεις έχουν επίσης δείξει ότι οι ωκεανοί θερμαίνονται, με αύξηση της θερμότητας μέχρι και σε βάθος 3 km μεταξύ 1955 και 1998. Αυτή η αύξηση της περιεκτικότητας της θερμότητας έχει μεταφραστεί σε μέση αύξηση της ενέργειας που εισέρχεται στους ωκεανούς κατά 0.20 W/m² και κατά μέσο όρο αύξηση θερμοκρασίας 0.037 C, [19].

Οι καταστροφές που σχετίζονται με το κλίμα, όπως οι τροπικοί κυκλώνες (τυφώνες ή τυφώνες), οι πλημμύρες, οι ανεμοθύελλες, οι ανεμοστρόβιλοι και οι ξηρασίες, είναι μερικές από τις πιο θανατηφόρες καταστροφές στον κόσμο. Αν και οι επιπτώσεις αυτών των καταστροφών συχνά καθυστερούν, θεωρούνται οι πιο καταστροφικές. Οι οικονομικές απώλειες από τέτοια περιστατικά αυξήθηκαν κατά περισσότερο από 10 φορές μεταξύ της δεκαετίας του 1950 και της δεκαετίας του 1990, [2].

Η παγκόσμια κοινότητα έχει γίνει όλο και πιο ευαίσθητη σε αυτές τις καταστροφές, με την αύξηση να αποδίδεται σε συνδυασμό αύξησης του πληθυσμού σε ευάλωτες τοποθεσίες, κοινωνικούς και οικονομικούς λόγους και αυξημένες κακοκαιρίες στη δεκαετία του 1990 και στα τέλη της δεκαετίας του 1980 σε σύγκριση με τη δεκαετία του 1950. Ωστόσο, δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για να γίνουν ουσιαστικές συγκρίσεις με παλαιότερες εποχές σε αυτόν τον τομέα.

1.3. Τα τελευταία χρόνια (1880-2020)

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής γίνονται όλο και πιο εμφανείς και ανησυχητικές, με αυξανόμενη συχνότητα και ένταση φυσικών καταστροφών και ανώμαλων καιρικών φαινομένων. Η

βασική αιτία της υπερθέρμανσης του πλανήτη τα τελευταία πενήντα χρόνια αποδίδεται κυρίως σε ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η καύση ορυκτών καυσίμων και η αποψίλωση των δασών, που οδηγούν σε αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, [2]. Στο εγγύς μέλλον, η Γη αναμένεται να αντιμετωπίσει ακόμη πιο σοβαρή και παρατεταμένη θέρμανση, με αποτέλεσμα πιο έντονους καύσωνες, άνοδο της στάθμης της θάλασσας και ακραία καιρικά φαινόμενα όπως έντονες βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις.

Παρά τη συνεχιζόμενη έρευνα για τον ακριβή αντίκτυπο των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην υπερθέρμανση του πλανήτη, οι επιστήμονες έχουν κάνει προβλέψεις σχετικά με τις επιπτώσεις των διαφόρων επιπέδων εκπομπών στο κλίμα της Γης. Τα δεδομένα από μετρήσεις θερμοκρασίας αποκαλύπτουν ότι ο πλανήτης βιώνει πρωτοφανή θέρμανση, με τα τελευταία επτά χρόνια να είναι τα θερμότερα που έχουν καταγραφεί από το 1880 και φαίνεται πως το 2016 και το 2020 να είναι τα θερμότερα χρόνια που έχουν καταγραφεί, [2]. Επί του παρόντος, η θερμοκρασία της Γης είναι ήδη 1.2°C υψηλότερη από ό,τι ήταν πριν από τη βιομηχανική επανάσταση και εάν οι ανθρώπινες δραστηριότητες δεν μειώσουν τις εκπομπές, ο πλανήτης θα μπορούσε να φτάσει το προειδοποιητικό όριο των 1.5°C ή ακόμα και 3°C.

Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες προκαλούν τον πλανήτη να θερμαίνεται πιο γρήγορα από ό,τι στο παρελθόν, με έναν συνδυασμό παραγόντων που συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC)¹ έχει προειδοποιήσει για τις καταστροφικές περιβαλλοντικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, όπως ξηρασίες, υποβάθμιση της γης, ερημοποίηση, πλημμύρες και ισχυρότεροι τυφώνες. Αναφέρεται πως η Γη θερμαίνεται ταχύτερα από ό,τι είχε αρχικά εκτιμηθεί, καθιστώντας τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής ακόμη πιο έντονες, [2].

Τα αέρια που έχουν αυξηθεί λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας περιλαμβάνουν διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου, υδροφθοράνθρακες, υπερφθοράνθρακες και εξαφθοριούχο θείο, [2]. Εάν οι εκπομπές συνεχίσουν να αυξάνονται, το επίπεδο της ρύπανσης στην ατμόσφαιρα θα μπορούσε να αυξηθεί κατά 1.5 βαθμούς Κελσίου πάνω από τα προ-βιομηχανικά επίπεδα μέσα στα επόμενα τρία έως δεκατρία χρόνια και έως και τριάντα χρόνια εάν δεν ληφθούν μέτρα για τη μείωση των εκπομπών.

1.4. Παράγοντες

Γενικότερα, τα ορυκτά καύσιμα, όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, είναι μη ανανεώσιμοι πόροι που έχουν δημιουργηθεί από υπολείμματα αρχαίων φυτών και ζώων εδώ και εκατομμύρια χρόνια, [9]. Αποτελούν την κύρια πηγή ενέργειας για τον κόσμο, παρέχοντας περίπου το 80% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Όπως προαναφέρθηκε, ο κύριος μοχλός της υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι η καύση αυτών των ορυκτών καυσίμων για ενέργεια, μεταφορές και βιομηχανικές διεργασίες, η οποία απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Άλλοι παράγοντες που συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη περιλαμβάνουν την αποψίλωση των δασών, τις αλλαγές στη χρήση γης και τις εκπομπές από τη γεωργία και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, [27]. Οι επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι ευρέως διαδεδομένες και περιλαμβάνουν το λιώσιμο των παγετώνων, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, τα συχνότερα και έντονα κύματα καύσωνα και τις αλλαγές στα καιρικά μοτίβα και τις βροχοπτώσεις.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι ένα κρίσιμο στοιχείο της ατμόσφαιρας της Γης, το οποίο παίζει ζωτικό ρόλο στη ρύθμιση της θερμοκρασίας της γης. Ωστόσο, οι αυξανόμενες καταστάσεις του CO₂ στην ατμόσφαιρα προκαλούν ανησυχία. Οι επιστήμονες και οι πολιτικοί υπεύθυνοι αναλαμβάνουν δράση για να ανακουφίσουν τις συνέπειές του φαινομένου. Ο κύριος λόγος για την αύξηση των επιπέδων του CO₂ είναι η καύση ορυκτών ενεργειών και η αποψίλωση των δασών, η οποία

¹ <https://www.ipcc.ch/>

απελευθερώνει ένα σημαντικό ποσό άνθρακα στην ατμόσφαιρα και αλλάζει την ισοτοπική της σύνθεση, [39].

Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τις μεταναστεύσεις διοξειδίου του άνθρακα ως πρότυπο για να μετρήσουν την πρόοδο στην άμβλυνση των αγαθών της μακροπρόθεσμης κλιματικής αλλαγής. Δυστυχώς, τα τρέχοντα μοτίβα μετανάστευσης υποδηλώνουν ότι τα χειρότερα σενάρια αύξησης της θερμοκρασίας είναι πιθανό να επιτευχθούν στο εγγύς μέλλον, [27]. Η δέσμευση για τη μείωση των μεταναστεύσεων διοξειδίου θα καταστήσει πιο δύσκολη τη διατήρηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη κάτω από τους 2 βαθμούς Κελσίου, ένα κρίσιμο όριο που έχει θέσει η διεθνής κοινότητα.

Η μείωση των εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι μια αργή και πολύπλοκη διαδικασία λόγω της νωρότητας και της εξάρτησης των κοινωνικών, τεχνολογικών και πολιτικών συστημάτων που επικρατούν σήμερα. Οι βραχυπρόθεσμες αλλαγές έχουν μικρό αντίκτυπο σε αυτά τα συστήματα και οι μεταναστεύσεις είναι πιθανό να συνεχίσουν να αυξάνονται για κάποιο χρονικό διάστημα, αφού μάλιστα αρχίσουν οι παγκόσμιες προσπάθειες για τη μείωσή τους, [27].

Περίπου το ήμισυ του CO₂ που εκπέμπεται από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων και η αποψίλωση των δασών, συσσωρεύεται στην ατμόσφαιρα, ενώ το υπόλοιπο απορροφάται από τους ωκεανούς και τη γήινη βιόσφαιρα, [7]. Πιστεύεται ότι ένα μεγάλο μέρος αυτής της πρόσληψης από τη βιοσφαιρία συμβαίνει στα δάση, τα οποία εκτιμάται ότι περιέχουν το 77% του άνθρακα που αποθηκεύεται στη βλάστηση και το 39% του άνθρακα που αποθηκεύεται στα εδάφη.

1.5. Συνέπειες

Η υπερθέρμανση του πλανήτη έχει βαθιές και εκτεταμένες συνέπειες που αναδιαμορφώνουν το κλίμα και τα οικοσυστήματα του πλανήτη μας.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί είναι ότι, η μέση παγκόσμια θερμοκρασία έχει αυξηθεί κατά 1.1 βαθμούς Κελσίου από την προβιομηχανική εποχή, [22]. Η τελευταία έκθεση της IPCC ανέφερε ότι οι άνθρωποι, μέσω της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου, είναι υπεύθυνοι για πολλές από τις φυσικές και βιολογικές αλλαγές που σχετίζονται με την υπερθέρμανση του πλανήτη, όπως η υποχώρηση των παγετώνων, τα λευκασμένα κοράλλια, η οξίνιση των ωκεανών, τα κύματα καύσωνα και η εξάλειψη ειδών ζώων και φυτών. Οι κλιματικές αλλαγές που αναμένονται τις επόμενες δεκαετίες θα οδηγήσουν σε μειωμένη παραγωγικότητα των καλλιεργειών, αυξημένες ασθένειες και θάνατο από κύματα καύσωνα, πλημμύρες και ξηρασία και θα θέσουν έως και το 30% των συνολικών ειδών σε κίνδυνο εξαφάνισης, [22].

Εστιάζοντας σε ένα διαφορετικό σημείο του προβλήματος, είναι γνωστό πως η ακραία στάθμη της θάλασσας (ESL) προκαλείται από έναν συνδυασμό παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των καταιγίδων, της παλίρροιας και των κυμάτων, [35]. Όταν αυτά τα υψηλά επίπεδα εμφανίζονται σε ευάλωτες περιοχές, μπορούν να προκαλέσουν σημαντική βλάβη στις παράκτιες κοινότητες και τα οικοσυστήματά τους. Καθώς η παγκόσμια θερμοκρασία συνεχίζει να αυξάνεται, η στάθμη της θάλασσας αναμένεται να συνεχίσει να ανεβαίνει, οδηγώντας σε αυξημένες πλημμύρες και διάβρωση των ακτών.

Επιπλέον, τα θερμότερα νερά προκαλούν συχνότερους και έντονους καύσωνες, ξηρασίες και τυφώνες, οι οποίοι έχουν καταστροφικές επιπτώσεις στις καλλιέργειες, την άγρια ζωή και τις ανθρώπινες κοινότητες. Οι επιρροές στον κύκλο του νερού προκαλούν λειψυδρία σε ορισμένες περιοχές και πλημμύρες σε άλλες. Αυτό έχει σημαντικό αντίκτυπο στη γεωργία και την επισιτιστική ασφάλεια, καθώς και στη διαθεσιμότητα καθαρού νερού για πόσιμο και αποχέτευση.

Ακόμα, η υπερθέρμανση του πλανήτη προκαλεί την απώλεια της βιοποικιλότητας και την υποβάθμιση των οικοσυστημάτων, [22]. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα είδη δεν μπορούν να προσαρμοστούν αρκετά γρήγορα στο μεταβαλλόμενο κλίμα και ως εκ τούτου εξαφανίζονται. Αυτή η απώλεια βιοποικιλότητας έχει επίσης αρνητικό αντίκτυπο στα οφέλη του οικοσυστήματος, όπως η επικονίαση, ο έλεγχος παρασίτων και η παραγωγή οξυγόνου, τα οποία είναι απαραίτητα για την επιβίωση όλης της ζωής στη Γη.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένες και ότι οι φτωχότερες και πιο ευάλωτες κοινότητες συχνά επηρεάζονται περισσότερο, [22]. Για παράδειγμα, σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, η έλλειψη πρόσβασης σε καθαρό νερό, επαρκή τροφή και υγειονομική περίθαλψη επιδεινώνεται από τις επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη, καθιστώντας ακόμη πιο δύσκολο για αυτές τις κοινότητες να προσαρμοστούν και να επιβιώσουν.

Σημαντικές να σημειωθούν είναι και οι συνέπειες της υπερθέρμανσης του πλανήτη στη σωματική υγεία, συγκεκριμένα τον αυξημένο κίνδυνο ασθενειών και θανάτων που σχετίζονται με τη ζέστη. Οι θάνατοι που σχετίζονται με τη ζέστη συχνά υποδηλώνονται, με τη ζέστη ως την υποκείμενη αιτία θανάτου να αγνοείται αρκετά συχνά. Καθώς οι θερμοκρασίες συνεχίζουν να αυξάνονται, η συχνότητα και η σφοδρότητα των κυμάτων καύσωνα αναμένεται να αυξηθούν, θέτοντας σημαντική απειλή για τους ευάλωτους πληθυσμούς, όπως οι ηλικιωμένοι, τα άτομα με χαμηλό εισόδημα και τα άτομα με ψυχικές ασθένειες, [26]. Επιπλέον, οι εργαζόμενοι σε εξωτερικούς χώρους επηρεάζονται ιδιαίτερα από το θερμικό στρες, το οποίο μπορεί να έχει σημαντικές οικονομικές συνέπειες.

Αξίζει επίσης να εξεταστεί η σύνδεση μεταξύ της κλιματικής αλλαγής και της ρύπανσης, εστιάζοντας στο όζον στο επίπεδο του εδάφους και στα λεπτά σωματίδια, τα οποία ποικίλλουν ανάλογα με τον καιρό. Προτείνεται μια άμεση σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας και των επιπέδων του όζοντος και τα μοντέλα προβλέπουν αυξημένες συγκεντρώσεις όζοντος στο επίπεδο του εδάφους μέχρι τα μέσα του αιώνα, απαιτώντας περαιτέρω μειώσεις στις πρόδρομες ουσίες του όζοντος για να αντισταθμιστεί η επίδραση της κλιματικής αλλαγής, [26]. Τα λεπτά σωματίδια είναι ένας τύπος ρύπου που εγκυμονεί κινδύνους για την υγεία και επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες, που σχηματίζονται ως μέρος των καυσαερίων ντίζελ, του καπνού των δασικών πυρκαγιών, της σκόνης από τον άνεμο και των χημικών προϊόντων απελευθέρωσης αερίων από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, οχήματα και βιομηχανία. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο πυρκαγιάς, οδηγώντας σε αυξημένη έκθεση σε σωματίδια και αυξημένο κίνδυνο πρόωρων θανάτων. Η κλιματική αλλαγή μπορεί επίσης να επιδεινώσει τις αλλεργίες, ενισχύοντας την παραγωγή γύρης και άλλα αλλεργιογόνα από τη φύση και οδηγώντας σε αυξημένες περιπτώσεις άσθματος και άλλων αναπνευστικών ασθενειών, [26].

1.6. Μέλλον Κλιματικής Αλλαγής

Η αντίληψη της κλιματικής αλλαγής διαμορφώνεται από διάφορους ψυχολογικούς και κοινωνικούς παράγοντες, [42]. Οι προσωπικές εμπειρίες, το πολιτιστικό υπόβαθρο και τα κοινωνικά δίκτυα επηρεάζουν τις πεποιθήσεις και τις στάσεις απέναντι στην κλιματική αλλαγή. Συναισθήματα, όπως ο φόβος, το άγχος, η απελπισία και η αδυναμία, μπορούν να επηρεάσουν τα κίνητρα και τη δράση των ανθρώπων για την κλιματική αλλαγή.

Η αποτελεσματική επικοινωνία διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη διαμόρφωση των αντιλήψεων για την κλιματική αλλαγή. Η κακή επικοινωνία μπορεί να προκαλέσει σύγχυση ή σκεπτικισμό, ενώ η αποτελεσματική επικοινωνία μπορεί να αυξήσει την κατανόηση του επείγοντος του ζητήματος, [42].

Οι κοινωνικοί κανόνες και τα δίκτυα επηρεάζουν επίσης τις αντιλήψεις και τη συμπεριφορά των ανθρώπων απέναντι στην κλιματική αλλαγή, [42]. Όταν οι άνθρωποι βλέπουν άλλους να υιοθετούν φιλοπεριβαλλοντικές συμπεριφορές, είναι πιο πιθανό να κάνουν το ίδιο. Οι κοινωνικοί κανόνες μπορούν επίσης να δημιουργήσουν μια αίσθηση συλλογικής ευθύνης και επείγουσας ανάγκης, η οποία μπορεί να παρακινήσει τους ανθρώπους να αναλάβουν δράση.

Το άρθρο «Αλλαγή μήκους των τεσσάρων εποχών από την υπερθέρμανση του πλανήτη», [40], του Jiamin Wang συζητά πώς η υπερθέρμανση του πλανήτη επηρεάζει τη διάρκεια και το χρόνο των τεσσάρων εποχών (άνοιξη, καλοκαίρι, φθινόπωρο και χειμώνας) σε όλο τον κόσμο.

Είναι γνωστό πως η διάρκεια των εποχών αλλάζει λόγω της αύξησης των παγκόσμιων θερμοκρασιών, η οποία είχε ως αποτέλεσμα πρώιμες άνοιξη, μεγαλύτερα καλοκαίρια, καθυστερημένες πτώσεις και μικρότερους χειμώνες. Αυτή η αλλαγή στη διάρκεια των εποχών μπορεί να έχει σημαντικές

επιπτώσεις στο περιβάλλον και στα οικοσυστήματα, επηρεάζοντας τη γεωργία, τους φυσικούς οικοτόπους και το χρονοδιάγραμμα εποχιακών γεγονότων, όπως οι μεταναστεύσεις των πτηνών.

Το άρθρο διερευνά επίσης τις πιθανές μελλοντικές επιπτώσεις αυτών των αλλαγών. Υποδηλώνει ότι, εάν συνεχιστούν οι τρέχουσες τάσεις, η διάρκεια και ο χρόνος των εποχών θα μπορούσαν να συνεχίσουν να αλλάζουν, οδηγώντας σε ακόμη μεγαλύτερα και πιο ζεστά καλοκαίρια, μικρότερους χειμώνες και αλλαγμένα μοτίβα βροχοπτώσεων. Αυτές οι αλλαγές θα μπορούσαν να έχουν σημαντικές συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία, τη γεωργία, τους υδάτινους πόρους και τη βιοποικιλότητα, όπως και αναφέρθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο.

Έπειτα, στο άρθρο «Global Warming»[19], ο John Houghton τονίζει ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη θα έχει μια σειρά από σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις εάν συνεχιστεί με τον τρέχοντα ρυθμό. Ο Houghton υποστηρίζει ότι αυτές οι επιπτώσεις γίνονται ήδη αισθητές σε όλο τον κόσμο και θα γίνουν πιο σοβαρές στο μέλλον. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, οι συχνότεροι και έντονοι καύσωνες, οι ξηρασίες και τα ακραία καιρικά φαινόμενα είναι μεταξύ των πιθανών επιπτώσεων της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Αυτές οι επιπτώσεις θα έχουν σημαντικές συνέπειες για τις ανθρώπινες κοινωνίες, ιδιαίτερα για τους ευάλωτους πληθυσμούς όπως εκείνοι που ζουν σε παράκτιες περιοχές με χαμηλό υψόμετρο ή σε περιοχές επιρρεπείς σε ξηρασία ή πλημμύρες.

Επιπλέον, ο Houghton σημειώνει ότι εάν συνεχιστεί η υπερθέρμανση του πλανήτη, θα μπορούσε να οδηγήσει σε κατάρρευση ορισμένων οικοσυστημάτων, μείωση της βιοποικιλότητας και συχνότερες και σοβαρές φυσικές καταστροφές. Αυτό θα μπορούσε να επιδεινώσει την επισιτιστική και υδάτινη ανασφάλεια, τον εκτοπισμό και άλλες ανθρωπιστικές κρίσεις. Οι συνέπειες της υπερθέρμανσης του πλανήτη θα γίνουν αισθητές πιο έντονα από εκείνους που είναι λιγότερο ικανοί να προσαρμοστούν ή να μετριάσουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, όπως οι φτωχοί, οι ηλικιωμένοι και οι περιθωριοποιημένες κοινότητες.

2. Κρυπτονόμισμα

2.1. Αρχές Κρυπτονομίσματος

Το κρυπτονόμισμα είναι ένα ψηφιακό ή εικονικό νόμισμα που χρησιμοποιεί κρυπτογραφία για ασφάλεια, συχνά λειτουργεί ανεξάρτητα από μια κεντρική τράπεζα ή κυβέρνηση, [14],[38]. Τα κρυπτονομίσματα χρησιμοποιούν αποκεντρωμένη τεχνολογία όπως το blockchain για τη διαχείριση και την καταγραφή συναλλαγών και την ιδιοκτησία και τη μεταφορά μονάδων αξίας. Η αξία των κρυπτονομισμάτων μπορεί να είναι ασταθής και υπόκειται στις δυνάμεις της αγοράς και συχνά χρησιμοποιούνται ως μέσο ανταλλαγής, αποθήκευση αξίας ή για επενδυτικούς σκοπούς, [14].

Είναι γνωστό ότι το Bitcoin ήταν το πρώτο αποκεντρωμένο κρυπτονόμισμα, [41]. Το Bitcoin δημιουργήθηκε από ένα άτομο με το ψευδώνυμο Satoshi Nakamoto, ο οποίος δημοσίευσε την περιγραφή του συστήματος το 2008. Το Bitcoin σχεδιάστηκε για να είναι μια αποκεντρωμένη εναλλακτική λύση στα παραδοσιακά χρηματοπιστωτικά συστήματα, με τις συναλλαγές να καταγράφονται σε ένα δημόσιο βιβλίο γνωστό ως το blockchain. Το Blockchain είναι μια αποκεντρωμένη τεχνολογία που βασίζεται σε ένα δίκτυο peer-to-peer, το οποίο λειτουργεί χωρίς κεντρικό διακομιστή. Βασίζεται σε ένα καταναμημένο πρωτόκολλο συναίνεσης που περιλαμβάνει ψηφιακές υπογραφές και ασύμμετρη κρυπτογραφία. Οι συναλλαγές έχουν χρονική σήμανση για ιχνηλασιμότητα και όλοι οι κόμβοι του δικτύου είναι ίσοι συμμετέχοντες, [29].

Πρέπει να σημειωθεί ότι η δημιουργία του Bitcoin κατέστη δυνατή χάρη σε πολλές τεχνολογικές καινοτομίες, συμπεριλαμβανομένης της κρυπτογράφησης δημόσιου κλειδιού, της συναίνεσης απόδειξης εργασίας και του blockchain, [41]. Η κρυπτογραφία δημόσιου κλειδιού είναι μια μέθοδος κρυπτογράφησης δεδομένων που επιτρέπει την ασφαλή επικοινωνία μεταξύ δύο ή περισσότερων μερών χωρίς την ανάγκη αξιόπιστου μεσάζοντα. Το Proof-of-work consensus είναι ένα σύστημα που δίνει κίνητρα στους συμμετέχοντες στο δίκτυο να επικυρώνουν τις συναλλαγές λύνοντας πολύπλοκους μαθηματικούς γρίφους. Το blockchain είναι ένα αποκεντρωμένο καθολικό δίκτυο που καταγράφει όλες τις συναλλαγές στο δίκτυο και διασφαλίζει ότι δεν μπορούν να τροποποιηθούν ή να διαγραφούν.

Κατά τις πρώτες μέρες του Bitcoin, είχε πολύ μικρή αξία και χρησιμοποιήθηκε κυρίως από μια μικρή ομάδα ατόμων. Το 2010, η πρώτη πραγματική συναλλαγή με χρήση Bitcoin έγινε όταν ένας χρήστης με το όνομα Laszlo Hanyecz αγόρασε δύο πίτσες για 10.000 BTC, [41]. Το κεφάλαιο σημειώνει ότι καθώς περισσότεροι άνθρωποι άρχισαν να υιοθετούν το Bitcoin και να το χρησιμοποιούν για συναλλαγές, η αξία του άρχισε να αυξάνεται. Μέχρι το 2013, το Bitcoin είχε φτάσει στην αξία των 1.000\$ ανά νομισματική μονάδα, [41].

Αξίζει επίσης να σημειωθεί η εμφάνιση και άλλων κρυπτονομισμάτων, τα οποία δημιουργήθηκαν ως εναλλακτικές του Bitcoin. Αυτά τα κρυπτονομίσματα, τα οποία είναι συλλογικά γνωστά ως altcoins, περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων το Litecoin, το Ripple και το Ethereum.

Υπήρξαν επίσης πληθώρα ρυθμιστικών προκλήσεων που αντιμετώπισε η αγορά κρυπτονομισμάτων. Το κεφάλαιο σημειώνει ότι οι κυβερνήσεις και οι χρηματοοικονομικές ρυθμιστικές αρχές σε όλο τον κόσμο έχουν παλέψει με τον τρόπο ρύθμισης των κρυπτονομισμάτων, τα οποία υπάρχουν εκτός των παραδοσιακών χρηματοπιστωτικών συστημάτων. Ορισμένες χώρες, όπως η Ιαπωνία, έχουν υιοθετήσει μια πιο προληπτική προσέγγιση για τη ρύθμιση των κρυπτονομισμάτων, ενώ άλλες, όπως η Κίνα, έχουν υιοθετήσει μια πιο περιοριστική προσέγγιση, [41].

2.2. Τρέχουσα κατάσταση

Τα κρυπτονομίσματα έχουν προσελκύσει σημαντική προσοχή από ερευνητές, επενδυτές, επιχειρήσεις και κυβερνήσεις λόγω των δυνατοτήτων τους να μεταμορφώσουν διάφορες πτυχές της οικονομίας και της κοινωνίας, [17]. Η ανάπτυξη της έρευνας για τα κρυπτονομίσματα έχει οδηγηθεί από

διάφορους παράγοντες, όπως η τεχνολογική καινοτομία, οι δυνατότητες για νέα επιχειρηματικά μοντέλα και η επιθυμία για μεγαλύτερη οικονομική ελευθερία και ιδιωτικότητα, [17]. Διερευνώνται οι διάφορες πτυχές των κρυπτονομισμάτων, συμπεριλαμβανομένης της υποκείμενης τεχνολογίας, των οικονομικών και χρηματοοικονομικών επιπτώσεων και των ρυθμιστικών προκλήσεων.

Διαπιστώνεται ότι τα κρυπτονομίσματα έχουν σημειώσει σημαντική ανάπτυξη όσον αφορά την κεφαλαιοποίηση και τον όγκο συναλλαγών τους, [17]. Για παράδειγμα, το Bitcoin, το πρώτο και πιο γνωστό κρυπτονόμισμα, έχει δει την κεφαλαιοποίησή του να αυξάνεται από σχεδόν καθόλου το 2009 σε πάνω από ένα τρισεκατομμύριο δολάρια στις αρχές του 2021, [17]. Άλλα κρυπτονομίσματα, όπως το Ethereum, το Litecoin και το Ripple, έχουν επίσης σημειώσει σημαντική ανάπτυξη στις κεφαλαιοποιήσεις και την υιοθέτησή τους. Αυτή η ανάπτυξη έχει τροφοδοτηθεί από το αυξανόμενο ενδιαφέρον από επενδυτές και επιχειρήσεις που προσελκύονται από τις δυνατότητες των κρυπτονομισμάτων ως νέα κατηγορία περιουσιακών στοιχείων.

Ωστόσο, η αγορά για τα κρυπτονομίσματα εξακολουθεί να είναι εξαιρετικά ασταθής και υπόκειται σε σημαντικές διακυμάνσεις. Τα κρυπτονομίσματα έχουν βιώσει αρκετούς κύκλους άνθησης και ύφεσης, με τις τιμές μερικές φορές να αυξάνονται και να πέφτουν γρήγορα μέσα σε σύντομες χρονικές περιόδους. Αυτή η αστάθεια μπορεί να δημιουργήσει σημαντικούς κινδύνους για τους επενδυτές του και μπορεί να δυσκολέψει τις επιχειρήσεις να προγραμματίσουν και να λειτουργήσουν αποτελεσματικά. Επιπλέον, η έλλειψη ρύθμισης και εποπτείας στην αγορά κρυπτονομισμάτων μπορεί να συμβάλει στη χειραγώγηση της αγοράς και στην απάτη, γεγονός που επιδεινώνει περαιτέρω αυτούς τους κινδύνους. Οι κυβερνήσεις και οι ρυθμιστικοί φορείς έχουν αγωνιστεί να συμβαδίσουν με την ταχεία ανάπτυξη και εξέλιξη των κρυπτονομισμάτων. Ενώ ορισμένες χώρες έχουν υιοθετήσει ρυθμιστικά πλαίσια για τα κρυπτονομίσματα, πολλές άλλες έχουν υιοθετήσει μια προσεκτική προσέγγιση ή δεν έχουν ακόμη θεσπίσει σαφείς κατευθυντήριες γραμμές. Αυτή η έλλειψη κανονιστικής σαφήνειας μπορεί να δημιουργήσει αβεβαιότητα για τους επενδυτές και τις επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στην αγορά κρυπτονομισμάτων, [17].

Το κρυπτονόμισμα χρησιμοποιείται σήμερα για διάφορους σκοπούς, συμπεριλαμβανομένων των συναλλαγών, των επενδύσεων και της κερδοσκοπίας, [10]. Ένα από τα πιο σημαντικά οφέλη της χρήσης κρυπτονομισμάτων για συναλλαγές είναι ότι παρέχουν έναν γρήγορο, φθινό και ασφαλή τρόπο μεταφοράς κεφαλαίων διασυνοριακά. Τα κρυπτονομίσματα δεν απαιτούν μεσάζοντες όπως οι τράπεζες και μπορούν να παρέχουν ένα επίπεδο ανωνυμίας που δεν προσφέρουν οι παραδοσιακές μέθοδοι πληρωμής, κάτι που μπορεί να είναι επωφελές για όσους εκτιμούν το απόρρητο.

Μια άλλη αρκετά δημοφιλής χρήση των κρυπτονομισμάτων είναι η επένδυση. Πολλοί άνθρωποι βλέπουν τα κρυπτονομίσματα ως μια πιθανή επενδυτική ευκαιρία λόγω της υψηλής μεταβλητότητάς τους και των δυνατοτήτων τους για σημαντικές αποδόσεις. Οι επενδυτές μπορούν να αγοράζουν και να διατηρούν κρυπτονομίσματα μακροπρόθεσμα ή μπορούν να τα ανταλλάσσουν σε χρηματιστήρια για βραχυπρόθεσμα κέρδη, [10]. Τα κρυπτονομίσματα έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί ως αντιστάθμισμα έναντι του πληθωρισμού και της οικονομικής αστάθειας σε ορισμένες χώρες. Για παράδειγμα, σε περιόδους υπερπληθωρισμού, οι άνθρωποι σε χώρες όπως η Βενεζουέλα και η Ζιμπάμπουε έχουν στραφεί στα κρυπτονομίσματα ως τρόπο προστασίας του πλούτου τους.

Η κερδοσκοπία είναι επίσης μια κοινή χρήση των κρυπτονομισμάτων. Οι κερδοσκόποι αγοράζουν και πωλούν κρυπτονομίσματα με βάση την πεποίθησή τους ότι η αξία ενός συγκεκριμένου κρυπτονομίσματος θα αυξηθεί ή θα μειωθεί. Οι κερδοσκόποι μπορούν να αποκομίσουν κέρδος αγοράζοντας ένα κρυπτονόμισμα σε χαμηλή τιμή και πουλώντας το όταν αυξάνεται η τιμή. Ωστόσο, αυτή η πρακτική μπορεί να είναι επικίνδυνη, καθώς η αξία των κρυπτονομισμάτων μπορεί να είναι εξαιρετικά ασταθής και να υπόκειται σε γρήγορες διακυμάνσεις, [10]. Η κερδοσκοπία κρυπτονομισμάτων έχει συγκριθεί με τον τζόγο και ορισμένοι ειδικοί έχουν εκφράσει ανησυχίες για την πιθανή ζημιά που μπορεί να προκαλέσει η κερδοσκοπία, όπως η αποσταθεροποίηση των χρηματοπιστωτικών αγορών.

Παρά τις διάφορες χρήσεις των κρυπτονομισμάτων, υπάρχουν επίσης ηθικές ανησυχίες που

σχετίζονται με τη χρήση τους. Μία από τις κύριες ανησυχίες είναι η πιθανότητα χρήσης κρυπτονομισμάτων για παράνομες δραστηριότητες, όπως το ξέπλυμα χρήματος και η χρηματοδότηση της τρομοκρατίας. Επειδή τα κρυπτονομίσματα παρέχουν ένα επίπεδο ανωνυμίας, μπορεί να είναι δύσκολο να εντοπιστεί η πηγή των κεφαλαίων, γεγονός που μπορεί να τα κάνει ελκυστικά σε όσους εμπλέκονται σε παράνομες δραστηριότητες. Επιπλέον, η έλλειψη ρύθμισης στην αγορά κρυπτονομισμάτων μπορεί να διευκολύνει τους εγκληματίες να τα χρησιμοποιήσουν για κακόβουλους σκοπούς. Μια σημαντική ηθική ανησυχία που θα εξεταστεί παρακάτω είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των κρυπτονομισμάτων. Η διαδικασία εξόρυξης κρυπτονομισμάτων απαιτεί σημαντικές ποσότητες ενέργειας, οι οποίες μπορούν να συμβάλουν στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και στην κλιματική αλλαγή, [10]. Επιπλέον, η υψηλή κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για την εξόρυξη μπορεί να οδηγήσει σε ανταγωνισμό για ενεργειακούς πόρους και πιθανές ελλείψεις ενέργειας σε ορισμένες περιοχές.

2.3. Bitcoin

Το Bitcoin λειτουργεί σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο, πράγμα που σημαίνει ότι δεν ελέγχεται από καμία κεντρική αρχή ή κυβέρνηση, [6]. Αντίθετα, το δίκτυο αποτελείται από κόμβους, οι οποίοι είναι υπολογιστές που τρέχουν το λογισμικό Bitcoin και συμβάλλουν στη διατήρηση της ακεραιότητας του blockchain. Οι συναλλαγές στο δίκτυο Bitcoin επαληθεύονται και επεξεργάζονται από εξορύκτες, οι οποίοι χρησιμοποιούν ισχυρούς υπολογιστές για την επίλυση σύνθετων μαθηματικών προβλημάτων. Μόλις επαληθευτεί μια συναλλαγή, προστίθεται στο blockchain, το οποίο περιέχει ένα αρχείο όλων των συναλλαγών Bitcoin.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του Bitcoin είναι η χρήση κρυπτογραφίας για τη διασφάλιση της ασφάλειας και του απορρήτου των συναλλαγών όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο υποκεφάλαιο. Κάθε χρήστης έχει ένα δημόσιο κλειδί, το οποίο χρησιμοποιείται για τη λήψη bitcoin και ένα ιδιωτικό κλειδί, το οποίο χρησιμοποιείται για την υπογραφή συναλλαγών και την απόδειξη της ιδιοκτησίας των bitcoin, [6]. Το Bitcoin έχει περιορισμένη προσφορά, με μέγιστο αριθμό 21 εκατομμυρίων bitcoin που μπορούν να δημιουργηθούν. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται εξόρυξη, κατά την οποία δημιουργούνται νέα bitcoin και διανέμονται στους εξορύκτες ως ανταμοιβή για την επαλήθευση των συναλλαγών και τη διατήρηση του blockchain.

Το Bitcoin έχει αντιμετωπίσει επικρίσεις για τη χρήση του σε παράνομες δραστηριότητες όπως το ξέπλυμα χρήματος και η διακίνηση ναρκωτικών, αλλά οι υποστηρικτές υποστηρίζουν ότι οι ίδιες κριτικές θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και στα παραδοσιακά νομίσματα, [6]. Στην πραγματικότητα, η διαφάνεια και το δημόσιο καθολικό σύστημα του Bitcoin διευκολύνουν την παρακολούθηση της παράνομης δραστηριότητας σε σχέση με τις παραδοσιακές συναλλαγές σε μετρητά.

Η διακυβέρνηση του Bitcoin είναι αποκεντρωμένη, με αποφάσεις που λαμβάνονται από την κοινότητα των χρηστών μέσω μιας διαδικασίας πρόχειρης συναίνεσης, [6]. Αυτό οδήγησε σε συζητήσεις και διαφωνίες σχετικά με την κατεύθυνση του δικτύου, ιδιαίτερα σε θέματα όπως η κλιμάκωση και τα τέλη συναλλαγών. Εκτός από τη χρήση του ως νόμισμα, το Bitcoin έχει επίσης δημιουργήσει μια σειρά από άλλες εφαρμογές και περιπτώσεις χρήσης, όπως έξυπνα συμβόλαια και αποκεντρωμένη χρηματοδότηση (DeFi). Αυτές οι εφαρμογές είναι χτισμένες πάνω από το blockchain Bitcoin ή άλλα δίκτυα blockchain και έχουν τη δυνατότητα να διαταράξουν τα παραδοσιακά χρηματοπιστωτικά συστήματα και ιδρύματα.

2.4. Proof Of Work

Πριν προχωρήσουμε στο επόμενο κεφάλαιο, αξίζει να εξηγήσουμε τον όρο «Proof Of Work», καθώς είναι εξαιρετικά επίκαιρος στο θέμα. Το Proof of Work (POW), [29][15][4] είναι ένα κατανεμημένο πρωτόκολλο συναίνεσης που χρησιμοποιείται στην τεχνολογία blockchain για την

επικύρωση και την προσθήκη νέων μπλοκ συναλλαγών στο blockchain, [29].

Κάθε κόμβος στο δίκτυο blockchain επαληθεύει το μπλοκ συναλλαγών που συνέθεσε, διαδίδει μόνο έγκυρες συναλλαγές και δημιουργεί μια έγκυρη ομάδα συναλλαγών χρησιμοποιώντας POW. Ο μηχανισμός συναίνεσης POW απαιτεί από τους κόμβους να λύσουν μια υπολογιστικά δύσκολη αλλά εύκολα επαληθευμένη εργασία SHA256 χρησιμοποιώντας τη δική τους υπολογιστική ισχύ ή ένα δίκτυο παράλληλων υπολογιστικών CPU για να βρουν έναν τυχαίο αριθμό που ονομάζεται «Nonce». Αυτή η εργασία διασφαλίζει ότι τα μπλοκ που προστίθενται στο blockchain είναι ασφαλή και μη αναστρέψιμα. Ο πρώτος κόμβος που θα λύσει την εργασία POW και θα βρει ένα έγκυρο hash ανταμείβεται με ένα ποσοστό Bitcoin που εξορύχθηκε πρόσφατα. Το πρωτόκολλο POW διασφαλίζει επίσης ότι αποφεύγονται οι επιθέσεις διπλής δαπάνης και το δίκτυο blockchain επιτυγχάνει ομόφωνη επιβεβαίωση των επαληθευμένων συναλλαγών από τους κόμβους που εμπλέκονται στο δίκτυο.

Ωστόσο, η βιασύνη για αύξηση της υπολογιστικής ισχύος στην εξόρυξη νέων μπλοκ έχει οδηγήσει σε ανησυχίες σχετικά με τη βιωσιμότητα του πρωτοκόλλου POW και η έρευνα βρίσκεται σε εξέλιξη για την εισαγωγή νέων αλλά αξιόπιστων πρωτοκόλλων συναίνεσης.

3. Ανασκόπηση Σχέσης Κρυπτονομίσματος και Περιβάλλοντος

Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της εργασίας είναι να διερευνήσει τις βαθιές επιπτώσεις των κρυπτονομισμάτων, ιδιαίτερα εκείνων που εξαρτώνται από την απόδειξη της εργασίας (proof of work), στο περιβάλλον, με ιδιαίτερη έμφαση στη διερεύνηση της συμβολής τους στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Όπως τονίστηκε προηγουμένως, η μέθοδος proof of work, που χρησιμοποιείται για την επαλήθευση συναλλαγών στα ψηφιακά νομίσματα, περιλαμβάνει την επίλυση περίπλοκων μαθηματικών παζλ που απαιτούν σημαντική υπολογιστική ισχύ και κατανάλωση ενέργειας. Κατά συνέπεια, η ενεργοβόρα διαδικασία επικύρωσης συναλλαγών εντός του πλαισίου απόδειξης εργασίας έχει ως αποτέλεσμα σημαντικό αποτύπωμα άνθρακα και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως θα διερευνηθεί εκτενώς στα επόμενα κεφάλαια.

Αυτή η έρευνα εμβαθύνει στο εκτενές σώμα της βιβλιογραφίας που είναι διαθέσιμη για να εξακριβώσει εάν η υπάρχουσα βιβλιογραφία μπορεί να αντιμετωπίσει επαρκώς τα βασικά ερωτήματα που υπάρχουν. Επιπλέον, θα αξιολογήσουμε τη δυνατότητα ενίσχυσης της κατανόησής μας μέσω πρωτότυπης έρευνας σε επόμενα κεφάλαια. Αυτά τα κρίσιμα ερωτήματα περιλαμβάνουν την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου των κρυπτονομισμάτων, την πρόβλεψη εάν η κατάσταση είναι πιθανό να βελτιωθεί ή να επιδεινωθεί, την διερεύνηση πιθανών στρατηγικών μετριασμού για περιβαλλοντικά ζητήματα που προκαλούνται από κρυπτονομίσματα και τη διερεύνηση της σκοπιμότητας οπτικοποίησης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, αντί για τη χρήση ευρύτερων αριθμών για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους.

3.1. Κρυπτονόμισμα και περιβάλλον

Αρχικά εξετάζουμε το άρθρο «An Analysis of the Cryptocurrency Industry», [14], του Ryan Farell, το οποίο παρέχει μια επιπλέον προοπτική για την ιστορία του Bitcoin, κάτι που αναφέρθηκε εν συντομία προηγουμένως. Εξηγεί πώς τα κρυπτονομίσματα έχουν φέρει επανάσταση στον τρόπο ανταλλαγής χρημάτων, αλλά το νομικό τους καθεστώς πρέπει να εδραιωθεί και τα ρυθμιστικά συστήματα εξακολουθούν να εξελίσσονται με τον ταχέως αναπτυσσόμενο κλάδο. Συζητούνται η εμφάνιση του Bitcoin ως το πρώτο επιτυχημένο αποκεντρωμένο κρυπτονόμισμα και τα χαρακτηριστικά του, συμπεριλαμβανομένων των χαμηλών προμηθειών συναλλαγών, της χαμηλής καθυστέρησης και της ψευδο-ανωνυμίας. Το άρθρο αναφέρει θέματα ασφάλειας που σχετίζονται με τα κρυπτονομίσματα, όπως η κλοπή, η απώλεια και το πρόβλημα της διπλής δαπάνης.

Τα πρωτόκολλα ασφάλειας δικτύου έχουν εξελιχθεί από την έναρξη του Bitcoin το 2009 και το άρθρο εξηγεί τον μηχανισμό που χρησιμοποιούν τα κρυπτονομίσματα για να διατηρήσουν την ασφάλεια του δικτύου και να κάνουν τις συναλλαγές νόμιμες. Οι εξορύκτες ασφαλίζουν το δίκτυο και αποζημιώνονται για την εργασία τους, είτε με τέλη συναλλαγών, είτε με νέα νομίσματα. Τα δίκτυα Ripple και Stellar χρησιμοποιούν το Βυζαντινό Πρωτόκολλο Συναίνεσης, το οποίο επιτρέπει ένα κατανεμημένο δίκτυο όπου οι διακομιστές αποφασίζουν εάν άλλοι διακομιστές στέλνουν ακριβείς συναλλαγές.

Το άρθρο παρουσιάζει επίσης μια συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση 21 λευκών βιβλίων νομισμάτων και τα συμπεράσματα που προκύπτουν. Η ανασκόπηση προτείνει ότι ένα αυτόνομο σύστημα proof of work (PoW) ή proof of stake (PoS) δεν είναι εφικτό μακροπρόθεσμα και ένα υβριδικό σύστημα που είναι πιο ευέλικτο, ενεργειακά αποδοτικό και βασίζεται στο επιτυχημένο σύστημα διανομής PoW είναι προτιμότερο. Ενώ το Bitcoin μπορεί να μην συνεχίσει να κυριαρχεί στον κλάδο, πιστώνεται ως πρωτοπόρος στον κλάδο, ο οποίος έχει επεκταθεί σημαντικά στον αριθμό των κερμάτων σε κυκλοφορία και έχει δείξει δημιουργικότητα στην αντιμετώπιση των ελλείψεων στην ανάπτυξη νέων νομισμάτων. Κάποιοι υποστηρίζουν ότι η οικονομία του Bitcoin μπορεί να χρειάζεται ένα δικό της ρυθμισμένο και ασφαλισμένο τραπεζικό σύστημα, το οποίο θα αμφισβητούσε το όραμα των ιδρυτών του Bitcoin και θα επανέφερε την έννοια της «εμπιστοσύνης» στο σύστημα.

Ένα παρόμοιο άρθρο, το «Energy Consumption of Cryptocurrencies Beyond Bitcoin», [16], του Ulrich Gallersdorfer, συζητά την κατανάλωση ενέργειας των κρυπτονομισμάτων, ιδιαίτερα του Bitcoin, και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων. Τονίζει ότι η εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας και των σχετικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου είναι περίπλοκη και υπόκειται σε αβεβαιότητα. Ο αντίκτυπος στο περιβάλλον εξαρτάται από την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται και την τοποθεσία των εργασιών εξόρυξης. Το άρθρο τονίζει την ανάγκη να διευρυνθεί η συζήτηση για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των κρυπτονομισμάτων πέρα από το Bitcoin, καθώς τα νομίσματα που δεν έχουν μελετηθεί αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 1/3 της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Οι συγγραφείς προτείνουν ότι η ολιστική κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μπορεί να καθοδηγήσει την ανάπτυξη ενεργειακά αποδοτικών αλγορίθμων για εφαρμογές blockchain και να βοηθήσει τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να θέτουν κατάλληλους κανόνες για τα κρυπτονομίσματα.

Το άρθρο «Bitcoin boom: What rising prices mean for the network's energy consumption», [43], του Alex de Vries διερευνά την άνοδο της τιμής του Bitcoin στις αρχές του 2021 και τον αντίκτυπό της στην κατανάλωση ενέργειας του δικτύου. Με την αυξημένη ζήτηση για συσκευές εξόρυξης Bitcoin, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του δικτύου έχει εγείρει περιβαλλοντικές ανησυχίες, καθώς οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι θα μπορούσε να καταναλώνει έως και 184 TWh ετησίως, που ισοδυναμεί με την κατανάλωση ενέργειας όλων των παγκόσμιων κέντρων δεδομένων.

Το άρθρο υπογραμμίζει τη σύνθετη σχέση μεταξύ της τιμής του Bitcoin και της κατανάλωσης ενέργειας του, με τους εξορύκτες να δίνουν κίνητρα να προσθέσουν νέες συσκευές για να κερδίσουν περισσότερες ανταμοιβές, οδηγώντας σε μια «κλειδωμένη» επίδραση των δεσμεύσεων κατανάλωσης ενέργειας. Συζητούνται επίσης τα πιθανά όρια και το απρόβλεπτο της μελλοντικής κατανάλωσης ενέργειας και της τιμής του Bitcoin. Το άρθρο εκτιμά ότι μια τιμή Bitcoin των 25.200\$ είναι επαρκής για να διατηρήσει την ετήσια κατανάλωση ενέργειας των 184 TWh.

Ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος της εξόρυξης Bitcoin διερευνάται επίσης, με εκτιμήσεις να υποδηλώνουν αποτύπωμα άνθρακα 90.2 εκατομμυρίων μετρικών τόνων CO₂ για κατανάλωση ενέργειας δικτύου 184 TWh. Το άρθρο εγείρει ανησυχίες σχετικά με τις επιπτώσεις στην παραγωγή ηλεκτρονικών συσκευών και την έλλειψη τσιπ και ηλεκτρονικών απορριμμάτων που προκύπτουν από την απόρριψη απαρχαιωμένων συσκευών εξόρυξης.

Μια μελέτη που υποστηρίζει τη συσχέτιση μεταξύ κρυπτονομισμάτων και της κλιματικής αλλαγής είναι το «Cryptocurrency and Climate Change: An Overview », [12], από την Egiyi Modesta. Αυτό το άρθρο υπογραμμίζει τις περιβαλλοντικές ανησυχίες σχετικά με την εξόρυξη Bitcoin και τον αντίκτυπό της στην κλιματική αλλαγή. Με βάση την μελέτη, παρά τη δημοτικότητα και την αξία του, η υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την εξόρυξη έχει επικριθεί για τις αρνητικές επιπτώσεις της στο περιβάλλον. Με βάση το άρθρο, η διαδικασία εξόρυξης απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες CO₂ στην ατμόσφαιρα και καταναλώνει σημαντικές ποσότητες ενέργειας. Το άρθρο σημειώνει ότι εάν το Bitcoin γινόταν mainstream, η αξία του ως επενδυτικού περιουσιακού στοιχείου θα μειωνόταν και η αργή υιοθέτησή του ως μέθοδος πληρωμής από τοπικά και συμβατικά καταστήματα αναφέρεται ως λόγος για την απίθανη αντικατάσταση του παραδοσιακού νομίσματος.

Το άρθρο εξετάζει περαιτέρω την υπερθέρμανση του πλανήτη, τις αιτίες της και τα κύρια αέρια του θερμοκηπίου, καθώς και τις πηγές τους, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων, η αποψίλωση των δασών και οι γεωργικές δραστηριότητες, κάτι που αναφέρθηκε σε παραπάνω κεφάλαια, κάτι που αναφέρθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια. Με βάση το άρθρο, η συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα έχει ξεπεράσει τα επίπεδα που παρατηρήθηκαν τα τελευταία 800.000 χρόνια και η συνεχιζόμενη καύση ορυκτών καυσίμων θα μπορούσε να οδηγήσει σε διπλασιασμό των συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα σε 300 χρόνια.

Η τεχνολογία blockchain που τροφοδοτεί κρυπτονομίσματα όπως το Bitcoin έχει αρνητικό αντίκτυπο

στην κλιματική αλλαγή λόγω της ενεργοβόρας διαδικασίας εξόρυξης. Η εξόρυξη κρυπτονομισμάτων περιλαμβάνει την επίλυση πολύπλοκων μαθηματικών προβλημάτων χρησιμοποιώντας εξειδικευμένο υλικό που καταναλώνει σημαντική ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Η εκτιμώμενη ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται από την εξόρυξη Bitcoin υποδηλώνει ένα μη βιώσιμο μέλλον για το Bitcoin, καθώς και περιβαλλοντική καταστροφή.

Μια ακόμα μελέτη που κάνει την παραπάνω σύνδεση είναι η « Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C », [31], του Randi Rollins, η οποία διερευνά και αυτή τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης Bitcoin. Με βάση το άρθρο, η διαδικασία επαλήθευσης των συναλλαγών Bitcoin χρησιμοποιεί το 60% της οικονομικής απόδοσης για την ηλεκτρική ενέργεια, οδηγώντας σε εκτιμώμενες εκπομπές 33.5 MtCO_{2e} ετησίως από τον Μάιο του 2018. Ωστόσο, μια νέα εκτίμηση υποδηλώνει ότι μόνο η χρήση του Bitcoin εξέπεμψε 69 MtCO_{2e} το 2017, κάτι που θα μπορούσε ενδεχομένως να ωθήσει υπερθέρμανση του πλανήτη πάνω από 2°C. Η υιοθέτηση του Bitcoin αυξάνεται ραγδαία και θα μπορούσε να ισούται με το παγκόσμιο σύνολο των συναλλαγών χωρίς μετρητά σε λιγότερο από 100 χρόνια. Κατά το κείμενο, για να μειωθεί το αποτύπωμα άνθρακα του Bitcoin, απαιτείται απαλλαγή από την ηλεκτρική ενέργεια και απλές τροποποιήσεις στο συνολικό σύστημα, όπως η προσθήκη περισσότερων συναλλαγών ανά μπλοκ ή η μείωση της δυσκολίας ή του χρόνου που απαιτείται για το proof of work.

Αρχικά, η μελέτη στόχευε να ποσοτικοποιήσει την ποσότητα των εκπομπών CO₂ που απαιτούνται για την επίτευξη υπερθέρμανσης του πλανήτη κατά 2°C, όπως ορίζεται από τη Συμφωνία του Παρισιού του 2015. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν προβολές θερμοκρασίας από 42 μοντέλα γήινων συστημάτων (ESM) και υπολόγισαν τις εκπομπές CO₂ στις οποίες επιτεύχθηκε θέρμανση 2°C για κάθε μοντέλο. Η παρατηρούμενη αλλαγή θερμοκρασίας και οι εκπομπές CO₂ από το 1860 έως το 2014 χρησιμοποιήθηκαν ως επικύρωση για τις προβολές μοντέλων. Οι εκπομπές ορυκτών καυσίμων, οι βιομηχανικές διεργασίες και η αλλαγή χρήσης γης βρέθηκαν να είναι τα κύρια ανθρωπογενή αέρια θερμοκηπίου (GHG) που συμβάλλουν στην τρέχουσα υπερθέρμανση. Το CO₂ βρέθηκε να είναι το κύριο GHG που συμβάλλει στην ανθρωπογενή ακτινοβολία, αλλά άλλα GHG συνέβαλαν επίσης στις τάσεις θέρμανσης που προβλήθηκαν από τους ESM. Η μελέτη υπολόγισε τις εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (CO_{2e}) για την κατακράτηση ακτινοβολίας από όλες τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που χρησιμοποιούνται από τα ιστορικά και τα αντιπροσωπευτικά μονοπάτια συγκέντρωσης (RCPs) πειράματα. Οι προβλεπόμενες ανθρωπογενείς εκπομπές CO_{2e} κάτω από διαφορετικά πειράματα σχεδιάστηκαν με βάση τη μεταβολή της θερμοκρασίας από τα διαφορετικά μοντέλα. Η μελέτη υπολόγισε ότι οι εκπομπές CO_{2e} που απαιτούνται για την υπέρβαση του στόχου COP 21 ήταν 497.984 GtC.

Δεύτερον, η μελέτη στοχεύει να αξιολογήσει το αποτύπωμα άνθρακα του παγκόσμιου δικτύου Bitcoin αναλύοντας τις εκπομπές CO₂ που προκύπτουν από τις απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας του υλικού που χρησιμοποιείται και την τοποθεσία όπου παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια. Η μελέτη συνέταξε έναν κατάλογο υλικού κατάλληλου για το Bitcoin και την ενεργειακή του απόδοση για να υπολογίσει την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε για την επίλυση κάθε μπλοκ το 2017. Συνέλεξαν επίσης δεδομένα σχετικά με τους τύπους καυσίμων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και υπολόγισαν τις συνολικές ισοδύναμες εκπομπές άνθρακα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις χώρες αυτές. Πολλαπλασιάζοντας την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κάθε μπλοκ το 2017 με τις εκπομπές ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα όπου ήταν πιθανό να επιλυθεί η απόδειξη της εργασίας, μπόρεσαν να υπολογίσουν τις συνολικές εκπομπές CO₂ για τον υπολογισμό κάθε μπλοκ το 2017. Αυτή η προσέγγιση επαναλήφθηκε 1.000 φορές για να καταγραφεί η μεταβλητότητα στην τυχαία επιλογή υλικού και υπολογίστηκε η τυπική απόκλιση.

Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι εκπομπές του Bitcoin το 2017 ήταν 69 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι ισοδύναμου CO₂. Τέλος, η μελέτη που έγινε για τις εκπομπές άνθρακα του Bitcoin επικεντρώθηκε στην πιθανή μελλοντική χρήση και στον αντίκτυπο που μπορεί να έχει. Η μελέτη

χρησιμοποίησε τάσεις υιοθέτησης άλλων τεχνολογιών για να προβάλει την πιθανή χρήση του Bitcoin και εκτίμησε τις εκπομπές άνθρακα από αυτή τη χρήση με βάση τις εκπομπές από τις συναλλαγές Bitcoin το 2017. Οι συγγραφείς δειγματοληπτικά τυχαία μπλοκ που εξορύχθηκαν το 2017 για να εκτιμήσουν τις εκπομπές άνθρακα από τον υπολογισμό των προβλεπόμενων αριθμός συναλλαγών και η προσέγγιση επαναλήφθηκε 1.000 φορές για να καταγραφεί η μεταβλητότητα στις προβλέψεις.

Στην εργασία «Bitcoin Mining and Its Environmental Effects», [11], του Dilek, Şerif, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης του bitcoin διερευνώνται περαιτέρω. Το άρθρο διερευνά την αυξανόμενη δημοτικότητα του Bitcoin ως συστήματος ηλεκτρονικών πληρωμών και επενδυτικού εργαλείου, ιδιαίτερα ως απάντηση στην παγκόσμια οικονομική κρίση του 2008. Η μελέτη υπογραμμίζει την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα και ρύθμιση για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του Bitcoin, καθώς η κατανάλωση ενέργειας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από πεπερασμένα ορυκτά καύσιμα και επιδεινώνει την ποιότητα του αέρα σε περιοχές όπου παράγεται ηλεκτρική ενέργεια μέσω καύσης άνθρακα. Επιπλέον, η κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin αναμένεται να αυξηθεί καθώς συνεχίζεται η εξόρυξη Bitcoin. Με βάση το άρθρο, η τιμή του Bitcoin καθορίζεται από την προσφορά και τη ζήτηση και είναι εξαιρετικά ασταθής, καθιστώντας το ένα κερδοσκοπικό επενδυτικό εργαλείο. Παρά τη διαθεσιμότητά τους για παράνομες δραστηριότητες, τα κρυπτονομίσματα γίνονται ευρύτερα αποδεκτά ως εργαλείο πληρωμής στις διεθνείς πλατφόρμες. Το Bitcoin εξαπλώνεται πολύ πιο γρήγορα και προσεγγίζει περισσότερους χρήστες στον δυτικό κόσμο.

Το άρθρο εξετάζει επίσης την τεχνολογία blockchain και την εξόρυξη Bitcoin. Οι εξορύκτες διασφαλίζουν την ασφάλεια του συστήματος blockchain και τη μεταφορά κρυπτονομισμάτων και σε αντάλλαγμα για τις υπηρεσίες τους λαμβάνουν Bitcoin. Ωστόσο, η εξόρυξη γίνεται όλο και πιο δύσκολη και λιγότερο κερδοφόρα, οδηγώντας σε επενδύσεις σε ακριβά μηχανήματα που προορίζονται αποκλειστικά για την εξόρυξη Bitcoin. Με βάση το συγκεκριμένο άρθρο, η κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin συγκρίνεται με αυτή διαφόρων χωρών και αποκαλύπτεται ότι το Bitcoin καταναλώνει περισσότερη ενέργεια από πολλές χώρες και το κόστος της εξόρυξης Bitcoin οφείλεται κυρίως στην ενέργεια που δαπανάται στη λογιστική. Η κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin έχει αυξηθεί σημαντικά και το άρθρο είχε υποθέσει πως το Bitcoin θα χρησιμοποιεί περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από το Ηνωμένο Βασίλειο έως τον Οκτώβριο του 2018, ίση με τη συνολική κατανάλωση ενέργειας των ΗΠΑ έως τον Ιούλιο του 2019 και ίση με την παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας έως τον Φεβρουάριο του 2020. Με βάση το άρθρο, μελέτες δείχνουν ότι η εξόρυξη Bitcoin καταναλώνει περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από 159 χώρες, με ένα σημαντικό μέρος της να γίνεται στην Κίνα χρησιμοποιώντας παραγωγή ενέργειας με βάση τον άνθρακα.

Το επόμενο άρθρο σχετικό με το θέμα είναι το «Blockchain, climate damage, and death: Policy interventions to reduce the carbon emissions, mortality, and net-zero implications of non-fungible tokens and Bitcoin », [37], του Jon Truby, και συζητά τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο της τεχνολογίας blockchain, ιδιαίτερα συναλλαγές NFT σε blockchains proof of work, και εξετάζει πρόσφατες παρεμβάσεις πολιτικής που στοχεύουν στην προώθηση πιο βιώσιμων πρωτοκόλλων συναίνεσης και ενεργειακής απόδοσης μεταξύ των ανθρακωρύχων για τον μετριασμό της περιβαλλοντικής ζημίας. Το άρθρο συζητά τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των μη ανταλλάξιμων κουπονιών (NFT) και πώς η εξάρτησή τους από τεχνολογίες blockchain έντασης ενέργειας κάνει την αγορά και την πώληση περιουσιακών στοιχείων NFT να έχει περιβαλλοντικό κόστος. Οι συναλλαγές βασίζονται σε έξυπνα συμβόλαια και πραγματοποιούνται μέσω blockchain, με συναλλαγές που επαληθεύονται μέσω peer-to-peer εξόρυξης παρόμοια με ψηφιακά νομίσματα. Το Ethereum, το οποίο χρησιμοποιείται επίσης για τις συναλλαγές του ψηφιακού νομίσματος Ether, έχει γίνει ο τόπος επιλογής για τις συναλλαγές NFT. Η ανάπτυξη των συναλλαγών NFT δημιουργεί ένα σημαντικό πρόβλημα λόγω της ενεργοβόρας διαδικασίας επαλήθευσης συναλλαγών, που απαιτεί πολλαπλές συσκευές εξόρυξης για την επαλήθευση

μιας συναλλαγής blockchain. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των συναλλαγών, τόσο μεγαλύτερη είναι η ζήτηση στο δίκτυο και τόσο περισσότερες τέτοιες συσκευές εξόρυξης απαιτούνται και λειτουργούν. Οι συναλλαγές NFT συμβάλλουν σε παγκόσμια προβλήματα καθώς αυξάνουν τη ζήτηση για συσκευές επαλήθευσης και, τελικά, τον αριθμό των συσκευών που λειτουργούν τη φορά. Η αγορά ενός έργου τέχνης NFT έχει αναφερθεί ότι συνεπάγεται την ίδια κατανάλωση ενέργειας που χρησιμοποιεί το μέσο νοικοκυριό της ΕΕ σε ένα μήνα. Ο ενεργοβόρος σχεδιασμός του Ethereum και άλλων τύπων blockchains σημαίνει ότι η αυξανόμενη χρήση των NFT στην τρέχουσα μορφή τους απειλεί τις παγκόσμιες προσπάθειες διατήρησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας κάτω από τους 2°C, το οποίο αναφέρεται και παραπάνω. Το άρθρο εκτίμησε πως τα μελλοντικά ποσοστά θανάτων που προκαλούνται από τις τρέχουσες εκπομπές από συσκευές εξόρυξης που υποστηρίζουν συναλλαγές NFT, με την υπόθεση ότι οι συσκευές εξόρυξης που επαληθεύουν τις πωλήσεις NFT σε ένα μήνα το 2021 θα ήταν υπεύθυνες για περίπου 18 περιττούς θανάτους από εκπομπές άνθρακα. Το άρθρο εξετάζει τις παρεμβάσεις πολιτικής για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των συναλλαγών NFT που προκύπτουν από την ενεργοβόρα διαδικασία «εξόρυξης» για την επαλήθευση των συναλλαγών στο blockchain.

Ένα ακόμα άρθρο που αξίζει να εξεταστεί είναι το «Analyzing asymmetric effects of cryptocurrency demand on environmental sustainability», [13], του Sinan Erdogan. Συνοπτικά, το οποίο διερευνά και αυτό τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εξόρυξης και συναλλαγών κρυπτονομισμάτων, με ιδιαίτερη έμφαση στο Bitcoin, το Ethereum και το Ripple. Η μελέτη τονίζει τις αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με τη συμβολή των κρυπτονομισμάτων στην υπερθέρμανση του πλανήτη και την ανάγκη για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να αντιμετωπίσουν αυτό το ζήτημα μέσω της περιβαλλοντικής νομοθεσίας, των φόρων στις συναλλαγές κρυπτονομισμάτων και της προώθησης πιο βιώσιμων λύσεων.

Το άρθρο σημειώνει ότι ο μηχανισμός συναίνεσης proof of work που χρησιμοποιείται από το Bitcoin και το Ethereum εξαρτάται από την ενέργεια και στο ότι οι υπολογιστές υψηλής απόδοσης που χρησιμοποιούνται για την εξόρυξη κρυπτονομισμάτων καταναλώνουν σημαντική ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας, οδηγώντας σε σημαντικό αποτύπωμα άνθρακα και ηλεκτρονικά απόβλητα. Το άρθρο εξετάζει τις πιθανότητες για ασύμμετρες αιτιώδεις επιπτώσεις στις χρηματοπιστωτικές αγορές λόγω διακυμάνσεων των τιμών και ασύμμετρων πληροφοριών, προσδιορίζοντας τα κρυπτονομίσματα ως αγορά με ασύμμετρες πληροφορίες. Η μελέτη εξετάζει τις αιτιώδεις επιπτώσεις της ζήτησης κρυπτονομισμάτων στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος χρησιμοποιώντας συμμετρικά και ασύμμετρα τεστ αιτιότητας, διαπιστώνοντας ότι η ζήτηση κρυπτονομισμάτων έχει αιτιώδη επίδραση στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Τα αποτελέσματα της μελέτης υποδεικνύουν μια στροφή από το proof of work στην απόδειξη συμμετοχής ως μια πράσινη εναλλακτική λύση για τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα των κρυπτονομισμάτων.

Ένα άλλο παρόμοιο άρθρο για το θέμα, «Blockchain applications and sustainability issues», [29], από τον Roberto Leonardo Rana, αναφέρει και αυτό ότι η εξόρυξη και οι συναλλαγές Bitcoin καταναλώνουν σημαντική ποσότητα ενέργειας, συμβάλλοντας στην κλιματική αλλαγή και δημιουργώντας ηλεκτρονικά απόβλητα. Σύμφωνα με αυτό, η κατανάλωση ενέργειας της εξόρυξης Bitcoin αυξάνεται, με εκτιμώμενο μέσο όρο 73.21 TWh το 2019. Επιπλέον, περίπου 10 εκατομμύρια τόνοι ηλεκτρονικών απορριμμάτων έχουν παραχθεί από την εξόρυξη Bitcoin μόνο τους τελευταίους 9 μήνες. Ενώ η τεχνολογία blockchain προσφέρει ευκαιρίες για τη βελτίωση διαφόρων συστημάτων όπως η τραπεζική, η χρηματοοικονομική, η εκπαίδευση και η διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας, έχει επίσης προβλήματα βιωσιμότητας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αδιαφανείς και εγκληματικές δραστηριότητες.

Το «Quantification of energy and carbon costs for mining cryptocurrencies», [24], του Max J. Krause συζητά και πάλι την κατανάλωση ενέργειας και τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των

κρυπτονομισμάτων, ιδιαίτερα των Bitcoin, Ethereum, Monero και Litecoin, τα οποία χρησιμοποιούν χρονική σήμανση proof of work. Το άρθρο τονίζει πως η εξόρυξη κρυπτονομισμάτων απαιτεί σημαντική ενέργεια, με το Bitcoin μόνο να καταναλώνει τόσο ενέργεια ετησίως με την Ιρλανδία ή το Χονγκ Κονγκ. Με βάση το συγκεκριμένο άρθρο, η κατανάλωση ενέργειας άλλων κρυπτονομισμάτων είναι άγνωστη. Το άρθρο συγκρίνει την ενέργεια που απαιτείται για την εξόρυξη κρυπτονομισμάτων με την ενέργεια που απαιτείται για την εξόρυξη φυσικών περιουσιακών στοιχείων όπως ο χρυσός και το αλουμίνιο. Ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων συζητείται επίσης, με την Κίνα να παράγει τετραπλάσια ποσότητα CO₂ σε σύγκριση με τον Καναδά. Η μελέτη εκτιμά ότι η εξόρυξη αυτών των τεσσάρων κρυπτονομισμάτων είναι υπεύθυνη για τουλάχιστον 3-15 εκατομμύρια τόνους εκπομπών CO₂ μεταξύ Ιανουαρίου 2016 και Ιουνίου 2018, με το Bitcoin να είναι ο μεγαλύτερος συνεισφέρων.

Η έρευνα περιγράφει, τέλος, την μεθοδολογία της για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος διαφορετικών κρυπτονομισμάτων, συμπεριλαμβανομένων των Bitcoin, Ethereum, Litecoin και Monero. Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας αυτών των κρυπτονομισμάτων, χρησιμοποιείται ο ημερήσιος ρυθμός κατακερματισμού δικτύου πολλαπλασιασμένος με την απόδοση ισχύος του εξοπλισμού εξόρυξης που χρησιμοποιείται για την εξόρυξη των νομισμάτων. Στη συνέχεια, η απαίτηση ισχύος υπολογίζεται χρησιμοποιώντας μια εξίσωση που λαμβάνει υπόψη το hashrate δικτύου, την απόδοση ισχύος του εξοπλισμού εξόρυξης και τη μετατροπή από μεγαβατώρες σε megajoules. Για τον υπολογισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, το έγγραφο εφαρμόζει συντελεστές εκπομπών ανά χώρα για την εκτίμηση των εκπομπών CO₂ ανά κιλοβατώρα ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για την εξόρυξη των νομισμάτων. Η εργασία συγκρίνει επίσης την ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή κρυπτονομισμάτων αξίας ενός δολαρίου ΗΠΑ με την ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή διάφορων φυσικών περιουσιακών στοιχείων αξίας ενός δολαρίου ΗΠΑ, συμπεριλαμβανομένου του χρυσού, των μετάλλων της ομάδας πλατίνας, των στοιχείων σπάνιων γαιών και του αλουμινίου.

Ένα άλλο άρθρο, «Blockchain Consensus Protocols, Energy Consumption and Cryptocurrency Prices», [33], του Niranjana Sapkota, εξετάζει επίσης την κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin και άλλων κρυπτονομισμάτων, με έμφαση στα πρωτόκολλα συναίνεσης τους. Αναφέρει ότι το Bitcoin παράγει επί του παρόντος τόσα ηλεκτρονικά απόβλητα όσο ένα μικρό έθνος και ότι δεν καταναλώνουν όλα τα κρυπτονομίσματα που χρησιμοποιούν συναινετικά πρωτόκολλα Proof-of-Work (PoW) τόσο ηλεκτρική ενέργεια όσο το Bitcoin. Το Ethereum και το Monero καταναλώνουν πολύ λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από το Bitcoin, ενώ τα κρυπτονομίσματα που χρησιμοποιούν άλλα πρωτόκολλα συναίνεσης καταναλώνουν ακόμη λιγότερο. Το άρθρο εξετάζει επίσης τη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και της αγοραίας αξίας των κρυπτονομισμάτων και τη συνάφεια τόσο των τεχνολογικών όσο και των οικονομικών παραγόντων για τον καθορισμό των συναλλαγματικών τους ισοτιμιών.

Το άρθρο μιλά για την κυριαρχία του πρωτοκόλλου PoW στην αγορά κρυπτονομισμάτων, το οποίο χρησιμοποιεί μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας και δεν είναι ενεργειακά αποδοτικό. Το πρωτόκολλο PoS έχει εισαχθεί ως εναλλακτική λύση, το οποίο είναι πιο ενεργειακά αποδοτικό και ανταμείβει τους εξορύκτες με βάση το ποσοστό συμμετοχής τους αντί της υπολογιστικής ισχύος. Ωστόσο, ένα καθαρό σύστημα PoS μπορεί επίσης να είναι ευάλωτο σε επιθέσεις. Για να δημιουργηθεί μια ισορροπία μεταξύ των εξορυκτών και των ενδιαφερόμενων μερών, έχει εφαρμοστεί ένα υβριδικό πρωτόκολλο PoS/PoW. Η εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του Bitcoin με χρήση PoW είναι πολύ υψηλότερη από το Ethereum και το πρωτόκολλο PoS μπορεί να χρησιμοποιεί απλές συσκευές όπως το Raspberry Pi.

Το άρθρο διερευνά επίσης τις αποδόσεις της ορμής των κρυπτονομισμάτων με διαφορετικά πρωτόκολλα συναίνεσης και εάν αυτά εκτίθενται στο φαινόμενο των υβριδικών κρυπτονομισμάτων. Η μελέτη διαπιστώνει ότι οι αποδόσεις ορμής εκτίθενται σημαντικά στον υβριδικό παράγοντα και επενδύονται σε κρυπτονομίσματα με πρωτόκολλο υβριδικής συναίνεσης. Η μακροχρόνια επενδυτική στρατηγική που χρησιμοποιεί συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης Bitcoin και κρυπτονομίσματα με

υβριδικό πρωτόκολλο συναίνεσης δημιουργεί μέση απόδοση 11.65% την εβδομάδα με στατιστική σημασία. Μετά την περικοπή των δεδομένων, η μέση απόδοση εξακολουθεί να είναι 7.39% την εβδομάδα με στατιστική t 5.35, υποδηλώνοντας ότι το αποτέλεσμα δεν καθορίζεται από ακραίες τιμές. Τα ευρήματα είναι αντίθετα με πρόσφατες μελέτες που δεν βρίσκουν καμία επίδραση ορμής στα κρυπτονομίσματα.

Ένα άρθρο που συζητά την κατανάλωση ενέργειας των κρυπτονομισμάτων, είναι το «Energy consumption of cryptocurrency mining: A study of electricity consumption in mining cryptocurrencies», [25], του Jingming Li. Σημειώνει ότι η αγορά κρυπτονομισμάτων γνώρισε ταχεία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, με πάνω από 1587 τύπους νομισμάτων που αντιπροσωπεύουν δυνατότητα αγοράς 432 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Οι μελέτες για τα κρυπτονομίσματα μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες: αυτές για τις τεχνολογίες που υποστηρίζουν ψηφιακά νομίσματα και εκείνες που χαρακτηρίζουν τα κρυπτονομίσματα μέσω διαφόρων αναλύσεων. Με βάση το άρθρο, το Proof-of-Stake και άλλοι μηχανισμοί συναίνεσης έχουν ανησυχίες σχετικά με τη χρήση τους και επί του παρόντος, τα υβριδικά σχήματα PoW και PoW/PoS χρησιμοποιούνται κυρίως από κρυπτονομίσματα. Ωστόσο, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά κρυπτονομισμάτων προκαλεί ανησυχία, με την ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του Bitcoin να εκτιμάται ότι κυμαίνεται από 63.99 TWh έως 18.09 TWh για το Ethereum.

Αυτό το άρθρο περιγράφει μια μελέτη που αναλύει την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές άνθρακα της εξόρυξης Monero, ένα από τα πολλά νομίσματα κρυπτογράφησης που επιλέχθηκαν για δοκιμή με βάση την αντιπροσωπευτικότητά του, την εναπομένουσα δυνατότητα εξόρυξης και τη διαθεσιμότητα μιας βάσης δεδομένων. Η μελέτη χρησιμοποίησε τρεις φορητούς υπολογιστές και δύο επιτραπέζιους υπολογιστές με επαγγελματικά λειτουργικά συστήματα Windows 10 και λογισμικό εξόρυξης xmr-stak σε ένα μονωμένο πειραματικό δωμάτιο με διατηρημένα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας. Κάθε δοκιμή διήρκεσε δύο ώρες με δύο βήματα και καταγράφηκαν ζωτικές παράμετροι, συμπεριλαμβανομένης της κατανάλωσης ισχύος που μετρήθηκε με μετρητή ισχύος και των θερμοκρασιών που μετρήθηκαν με θερμική κάμερα. Διεξήχθη στατιστική και συγκριτική ανάλυση χρησιμοποιώντας δεδομένα από μια ηλεκτρονική βάση δεδομένων και έγινε μια διαδικασία φιλτραρίσματος για την εξάλειψη των μη φυσιολογικών δεδομένων.

Η ομάδα μέτρησε την απόδοση εξόρυξης διαφορετικών αλγορίθμων κατακερματισμού και ανακάλυψε ότι κάθε αλγόριθμος έχει την αντίστοιχη απόδοση ανεξάρτητα από την εξόρυξη στο ίδιο νόμισμα ή όχι. Η μελέτη ανέλυσε επίσης τη σχέση μεταξύ του ρυθμού κατακερματισμού και της χρήσης ενέργειας και βρήκε μια γραμμική σχέση μεταξύ των δύο. Χρησιμοποιώντας αυτές τις πληροφορίες, η ομάδα εκτίμησε την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την εξόρυξη Monero, ιδιαίτερα στην Κίνα. Η μελέτη προτείνει την ανάγκη για πιο ενεργειακά αποδοτικούς και φιλικούς προς το περιβάλλον αλγόριθμους για την ανάπτυξη κρυπτονομισμάτων, τονίζοντας τη σημασία της μελέτης της δευτερογενούς κατανάλωσης ενέργειας της εξόρυξης, η οποία αυξάνει το ψυκτικό φορτίο των συστημάτων ψύξης.

Η μελέτη έχει αρκετούς περιορισμούς, συμπεριλαμβανομένης της κρυπτογράφησης του νομίσματος, καθιστώντας δύσκολη την εκτίμηση του πραγματικού αριθμού των ανθρακωδύχων και των τοποθεσιών τους. Η μελέτη περιελάμβανε επίσης έναν σχετικά μικρό αριθμό υποκειμένων που δοκιμάστηκαν και η πρόβλεψη χρονοσειρών του ρυθμού κατακερματισμού δικτύου δεν διαθέτει επαρκή δεδομένα. Απαιτούνται περαιτέρω μελέτες για την παρακολούθηση του φορτίου ψύξης και της επιρροής στους διακομιστές δικτύου. Επιπλέον, τόνισε την πιθανή χρήση των ευρημάτων για διαχείριση κρυπτονομισμάτων και ανάπτυξη blockchain, ειδικά για ενεργειακές πολιτικές που αφορούν κρυπτογραφημένα νομίσματα. Ωστόσο, οι αβεβαιότητες και οι περιορισμοί στη μελέτη υποδηλώνουν την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα στον τομέα της κατανάλωσης ενέργειας από την εξόρυξη κρυπτονομισμάτων και τα δευτερεύοντα φορτία του στο σύστημα ψύξης.

Στο άρθρο «Cryptodamages: Monetary value estimates of the air pollution and human health impacts of cryptocurrency mining», [18], του Andrew L., ο συγγραφέας συζητά τον αντίκτυπο της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων στο περιβάλλον και την κοινωνία, ιδιαίτερα για τέσσερα εξέχοντα κρυπτονομίσματα (BTC, ETH, LTC και XMR) στις ΗΠΑ και την Κίνα. Το κείμενο αναφέρεται σε μελέτες που ποσοτικοποιούν την ενέργεια και τις εκπομπές άνθρακα της εξόρυξης δημοφιλών κρυπτονομισμάτων, δείχνοντας ότι καταναλώνει περισσότερη ενέργεια από την παραδοσιακή εξόρυξη ορυκτών και παράγει σημαντική ποσότητα εκπομπών CO₂.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τα ποσοστά εκπομπών ανά kWh παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά χώρα για τέσσερις ρύπους που δημιουργούνται από την καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας. Στη συνέχεια, τα ποσοστά εκπομπών συνδυάζονται με τις kWh χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά κέρμα που δημιουργείται, παρέχοντας τις μέσες εκπομπές που απελευθερώνονται από όλες τις πηγές ενέργειας για τη δημιουργία ενός νομίσματος. Οι απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας για την παραγωγή ενός νομίσματος για κάθε μέρα προκύπτουν από τον κατακερματισμό δικτύου του blockchain. Η μελέτη εκτιμά τις ημερήσιες επιπτώσεις της θνησιμότητας και του κλίματος από την παραγωγή ενός νομίσματος για κάθε κρυπτονόμισμα και προσδιορίζει τις σχετικές χρηματικές ζημιές από αυτήν την εξόρυξη. Η μελέτη σημειώνει ότι οι ζημιές της εξόρυξης νομισμάτων στην Κίνα είναι, κατά μέσο όρο, ελαφρώς μικρότερες από ό,τι στις ΗΠΑ. Οι συγγραφείς εξετάζουν επίσης την καθαρή κοινωνική αξία της εξόρυξης ενός κρυπτονομίσματος σε οποιαδήποτε τοποθεσία στις ΗΠΑ, λαμβάνοντας υπόψη το όφελος και το κόστος της παραγωγής ενός νομίσματος και της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας για τον εξορύκτη, αντίστοιχα, και το κόστος εξωτερικής ενέργειας της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η μελέτη καταλήγει υποστηρίζοντας ότι το μέγεθος των κρυπτοφθορών και το γεγονός ότι οι εξορύκτες κρυπτονομισμάτων δεν επωμίζονται το πλήρες κόστος των αρνητικών περιβαλλοντικών εξωτερικών επιπτώσεων από τις δραστηριότητές τους σημαίνει ότι δεν λαμβάνουν τα σωστά σήματα αγοράς σχετικά με το πότε και πού μπορεί να επιδιωχθεί η εξόρυξη το ελάχιστο κόστος για την κοινωνία.

Ένα ιδιαίτερα σχετικό άρθρο, «Estimating Environmental Damages Cost of Cryptocurrency Mining using Statistical Methods», [21], του I. Kemajou-Brown και άλλων, επεκτείνει προηγούμενους υπολογισμούς σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εξόρυξης δέκα τύπων κρυπτονομισμάτων, διερευνώντας την απαραίτητη ενεργειακή απόδοση που απαιτείται για τον μετριασμό αυτών των ζημιών. Η εργασία οργανώνεται σε μια βιβλιογραφική ανασκόπηση, μεθοδολογία και προκαταρκτικά αποτελέσματα.

Οι συγγραφείς συνέλεξαν δεδομένα σχετικά με τις απαιτήσεις ισχύος και τις εκπομπές άνθρακα δέκα δικτύων κρυπτονομισμάτων χρησιμοποιώντας δημόσια διαθέσιμα δεδομένα και χαρακτηριστικά υλικού εξόρυξης. Έλαβαν δεδομένα εκπομπών άνθρακα από δύο πηγές και δεδομένα κατακερματισμού από έναν δημόσιο ιστότοπο που ονομάζεται BitInfoCharts. Χρησιμοποίησαν web scraping με πακέτα Python όπως το BeautifulSoup και τα Requests για να συλλέξουν hashrate, τέλη συναλλαγής, κερδοφορία και άλλα χαρακτηριστικά που απαιτούνται για τους υπολογισμούς. Εφάρμοσαν φίλτρα για να επιλέξουν τα χαρακτηριστικά ενδιαφέροντος, συνέλεξαν το περιεχόμενο της ιστοσελίδας μέσω αιτημάτων, ανέλυσαν το περιεχόμενο χρησιμοποιώντας το BeautifulSoup και τοποθέτησαν το σωστό τμήμα του περιεχομένου ιστού σε ένα πλαίσιο δεδομένων για περαιτέρω επεξεργασία. Η μεθοδολογία περιλάμβανε τη συλλογή δεδομένων σχετικά με εκτιμήσεις απόδοσης ισχύος, ρυθμούς εκπομπών ανά KWh παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και δεδομένα απόδοσης ισχύος μηχανών (PE) για τη διαδικασία εξόρυξης proof of work (POW). Μοντέλα πρόβλεψης χρονοσειρών χρησιμοποιήθηκαν για την πρόβλεψη του μελλοντικού ημερήσιου κοινωνικού κόστους ανά δολάριο και ανά νόμισμα δεδομένων ιστορικών τάσεων, χρησιμοποιώντας το FBProphet. Η μεθοδολογία όρισε αρκετούς όρους, όπως απαιτείται ισχύς (PR), αριθμός μπλοκ που προστίθενται στην αλυσίδα ανά ημέρα (NB), αριθμός νομισμάτων που ανταμείβονται ανά ημέρα (NC), ημερήσια ενέργεια που καταναλώνεται από την εξόρυξη νομισμάτων (EC), εκπεμπόμενο διοξείδιο του άνθρακα ανά νόμισμα που εξορύσσεται (CO₂e),

ημερήσιους μετρικούς τόνους CO₂ που εκπέμπεται (DMT CO₂e) και ημερήσιο κοινωνικό κόστος άνθρακα ανά εξορυσσόμενο κέρμα (DSCC). Τέλος, το ημερήσιο κοινωνικό κόστος του άνθρακα ανά δολάριο εξόρυξης (DSCCD) υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τις γνωστές τιμές του DSCC και την τιμή αγοράς. Έγινε ακόμα υπολογισμός και εκτίμηση των χρηματικών ζημιών από την παραγωγή δέκα κρυπτονομισμάτων (Bitcoin, Bitcoin Cash, Bitcoin SV, Dash coin, Doge coin, Ethereum, Ethereum Classic, Litecoin, Monero και Zcash) στις ΗΠΑ. Οι ζημιές σχετίζονται με το καθημερινό κοινωνικό κόστος και την ατμοσφαιρική ρύπανση που προκύπτει από την εξόρυξη αυτών των κρυπτονομισμάτων. Οι εκτιμήσεις έγιναν με βάση δεδομένα από τις αρχές του 2016 έως τις 30 Ιουνίου 2021 και παρέχονται προβλέψεις για το μελλοντικό κοινωνικό κόστος ανά δολάριο και ανά κέρμα από την εξόρυξη για τους επόμενους μήνες.

3.2. Κοινή γνώμη

Εξετάζοντας το πολύπλευρο θέμα των κρυπτονομισμάτων, αυτό το υποκεφάλαιο εμβαθύνει στην εξελισσόμενη κοινή γνώμη γύρω από τα ψηφιακά νομίσματα με βάση την αντίστοιχη βιβλιογραφία. Επιπλέον, διερευνά τις ηθικές εκτιμήσεις που στηρίζουν αυτήν την τεχνολογική επανάσταση, ρίχνοντας φως στις ηθικές πολυπλοκότητες και διλήμματα που έχουν προκύψει καθώς τα κρυπτονομίσματα συνεχίζουν να αναδιαμορφώνουν το οικονομικό μας τοπίο.

Το άρθρο «The ethics of investing in cryptocurrencies», [10], του Michael Conklin αναλύει τα ηθικά ζητήματα που αφορούν την επένδυση σε κρυπτονομίσματα. Ανιχνεύει την ιστορία της ηθικής επένδυσης από θρησκευτικούς κανονισμούς που απαγόρευαν την κατοχή μετοχών σε εταιρείες που εμπλέκονται σε δραστηριότητες που θεωρούνται ανήθικες σε σύγχρονες προσεγγίσεις, όπως η βιώσιμη επένδυση, η επένδυση με αντίκτυπο, η κοινωνικά υπεύθυνη επένδυση και η επένδυση ESG. Το άρθρο ορίζει την ηθική επένδυση ως ένα σύνολο προσεγγίσεων που περιλαμβάνουν κοινωνικούς ή ηθικούς στόχους και συμβατικά οικονομικά κριτήρια στις επενδυτικές αποφάσεις.

Στη συνέχεια, το άρθρο εξετάζει τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τις παράνομες συναλλαγές που σχετίζονται με κρυπτονομίσματα. Υποστηρίζει ότι η εξόρυξη κρυπτονομισμάτων απαιτεί σημαντικές ενεργειακές δαπάνες που έχουν ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση αερίων του θερμοκηπίου και επικίνδυνων ηλεκτρονικών αποβλήτων. Τα κρυπτονομίσματα χρησιμοποιούνται επίσης ως μέσο για πολλές παράνομες συναλλαγές, συμπεριλαμβανομένης της εμπορίας ανθρώπων, των παράνομων ναρκωτικών, της τρομοκρατίας και της κλοπής ταυτότητας. Το άρθρο προτείνει ότι η επένδυση σε κρυπτονομίσματα εκτρέπει τα χρήματα από τις παραδοσιακές μετοχές και ομόλογα, κάτι που μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην κοινωνία. Συζητείται επίσης η αποτελεσματικότητα των κρυπτονομισμάτων ως νομίσματος, επισημαίνοντας τις τέσσερις προϋποθέσεις που πρέπει να έχουν τα αποτελεσματικά διεθνή νομίσματα και γιατί τα κρυπτονομίσματα αποτυγχάνουν και στις τέσσερις αυτές συνθήκες. Το άρθρο υποστηρίζει ότι η επένδυση σε κρυπτονομίσματα θα μπορούσε ενδεχομένως να μειώσει τα οφέλη της θέσης του δολαρίου ΗΠΑ ως πρότυπο για διεθνείς συναλλαγές.

Σε αντίθεση με τα περισσότερα άλλα άρθρα αυτού του τμήματος, η επόμενη ενότητα του άρθρου παρουσιάζει επιχειρήματα υπέρ της επένδυσης σε κρυπτονομίσματα, όπως η αποκεντρωμένη φύση των κρυπτονομισμάτων, και υποστηρίζει ότι τα κρυπτονομίσματα μπορούν να διαφοροποιήσουν τα επενδυτικά χαρτοφυλάκια και να μειώσουν την αστάθεια. Επιπλέον, οι υποστηρικτές του κρυπτονομίσματος επισημαίνουν ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παράνομες δραστηριότητες όπως και τα παραδοσιακά νομίσματα.

Ωστόσο, το άρθρο καταλήγει στο συμπέρασμα ότι μια ουδέτερη εξέταση των επιχειρημάτων θα οδηγούσε πιθανότατα στο συμπέρασμα ότι η επένδυση σε κρυπτονομίσματα είναι ανήθικη. Ο συγγραφέας αναφέρει αρκετούς λόγους για αυτό το συμπέρασμα, συμπεριλαμβανομένων περιβαλλοντικών εκτιμήσεων, της έλλειψης θετικών κοινωνικών εξωτερικών επιπτώσεων που διαθέτουν τα κρυπτονομίσματα και της δυσκολίας προσαρμογής ενός επενδυτικού χαρτοφυλακίου

κρυπτονομισμάτων για τον αποκλεισμό ανήθικων συναλλαγών. Ο συγγραφέας εξετάζει επίσης την εταιρική κοινωνική ευθύνη των εταιρειών που επενδύουν σε κρυπτονομίσματα και τα περιορισμένα ηθικά οφέλη από την επένδυση σε κρυπτονομίσματα. Αναγνωρίζεται ότι ορισμένοι άνθρωποι μπορεί να επωφεληθούν από τα κρυπτονομίσματα σε περιορισμένα και ακραία σενάρια, όπως οι πολιτικοί αντιφρονούντες να αποφεύγουν την κατάσχεση των χρημάτων τους. Ωστόσο, ο συγγραφέας υποστηρίζει ότι το παγκόσμιο κόστος της επένδυσης σε κρυπτονομίσματα υπερτερεί αυτών των διαφοροποιημένων οφελών.

Με βάση άρθρο που αναφέρθηκε και στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, «An Analysis of the Cryptocurrency Industry», [14], του Ryan Farell, εξετάζονται δύο κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη της βιομηχανίας κρυπτονομισμάτων και την ενσωμάτωσή της στο ευρύτερο χρηματοοικονομικό σχήμα: τους κυβερνητικούς κανονισμούς και την αντίληψη του κοινού. Όσον αφορά τους κυβερνητικούς κανονισμούς, οι Ηνωμένες Πολιτείες τηρούν μια επιτρεπτή, ελαφρώς ουδέτερη στάση για τα κρυπτονομίσματα και οι επιμέρους πολιτείες των ΗΠΑ έχουν μεγάλο ρόλο στη θέσπιση κανονισμών για το αναδυόμενο νόμισμα. Η δημόσια αντίληψη για τα κρυπτονομίσματα είναι μικτή, με ορισμένα άτομα να υπερασπίζονται τις αρετές του και να αναγνωρίζουν τη δυνατότητα να είναι εναλλακτική μέθοδος πληρωμής, ενώ πολλοί παραμένουν δύσπιστοι, ειδικά υπό το φως των πρόσφατων γεγονότων που δείχνουν την αστάθεια των κρυπτονομισμάτων.

Για να μετρήσει την αντίληψη του κοινού, η βιομηχανία κρυπτονομισμάτων χρησιμοποιεί δείκτες επιτυχίας όπως η κεφαλαιοποίηση της αγοράς, ο εκτιμώμενος αριθμός χρηστών κρυπτονομισμάτων και ο ημερήσιος όγκος συναλλαγών. Ωστόσο, οι ανησυχίες σχετικά με την αξιοπιστία, τη μεταβλητότητα και τον κίνδυνο απάτης που σχετίζονται με τα κρυπτονομίσματα, καθώς και οι πρόσφατες περιπτώσεις χρεοκοπίας, έχουν οδηγήσει πολλά άτομα και εταιρείες να απορρίψουν την ενσωμάτωση κρυπτονομισμάτων στα συστήματά τους. Ενώ η βιομηχανία κρυπτονομισμάτων προχωρά με ταχείς ρυθμούς και έχει επιδείξει ανθεκτικότητα απέναντι σε μεγάλες κλοπές και κυβερνητικές καταστολές, το άρθρο αναφέρει ότι το νομικό της καθεστώς πρέπει να εδραιωθεί και τα ρυθμιστικά συστήματα εξακολουθούν να εξελίσσονται με τον ταχέως αναπτυσσόμενο κλάδο.

Εστιάζοντας σε ποιο συγκεκριμένη πτυχή του προβλήματος, και με βάση το «The Climate Controversy Swirling Around NFTs», [8], της Justine Calma, είναι γνωστό πως η χρήση κρυπτονομισμάτων για την αγορά και πώληση μεμονωμένων κομματιών κρυπτογραφικής τέχνης, γνωστά ως NFTs, έχει οδηγήσει σε εκατομμύρια τόνους εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που θερμαίνουν τον πλανήτη. Ενώ κάποιοι πιστεύουν ότι το πρόβλημα μπορεί να λυθεί μέσω βιώσιμων μέτρων, άλλοι είναι δύσπιστοι.

Με βάση το άρθρο, το ArtStation, μια πλατφόρμα επίδειξης έργων τέχνης, ακύρωσε σχέδιά του να λανσάρει μια πλατφόρμα NFT λόγω αντιδράσεων από καλλιτέχνες που θεωρούν ότι οι συναλλαγές σε κρυπτογραφική τέχνη είναι περιβαλλοντικά ανήθικο. Ωστόσο, ένας ψηφιακός καλλιτέχνης, του οποίου το έργο έφτασε τα 69 εκατομμύρια δολάρια, δεσμεύεται να κάνει τα NFT του ουδέτερα ή αρνητικά ως προς τον άνθρακα επενδύοντας σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έργα διατήρησης ή τεχνολογία απορρόφησης CO₂. Ενώ ο συγκεκριμένος καλλιτέχνης ελπίζει να δει άλλους να ακολουθούν το παράδειγμά του, εξακολουθούν να υπάρχουν εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που σχετίζονται με τα NFT του και, με βάση το άρθρο, κοστίζει περίπου 5.000\$ για να αντισταθμίσει τις εκπομπές από μια από τις συλλογές του.

Σύμφωνα με το άρθρο, υπάρχουν εκτιμήσεις για το πόση ενέργεια χρησιμοποιούν οι NFT και επομένως πόση ρύπανση δημιουργούν. Ένα NFT διαπιστώθηκε ότι είχε αποτύπωμα άνθρακα ισοδύναμο με δύο μήνες χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας από κάτοικο της ΕΕ. Τα NFT αγοράζονται και πωλούνται ως επί το πλείστον σε αγορές όπως το Nifty Gateway και το SuperRare που χρησιμοποιούν το Ethereum, ένα κρυπτονόμισμα που βασίζεται στο σύστημα «proof of work», το οποίο καταναλώνει αρκετή ενέργεια, όπως προαναφέρθηκε. Το Ethereum χρησιμοποιεί περίπου τόση ηλεκτρική ενέργεια όσο

ολόκληρη η χώρα της Λιβύης. Ωστόσο, τα δεδομένα για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με τα NFTs είναι ακόμα νέα και κανένα από αυτά δεν έχει ελεγχθεί από εξωτερικούς εμπειρογνώμονες.

Το αποτύπωμα άνθρακα των μεμονωμένων NFT ποικίλλει, αλλά έχει υπολογιστεί ότι είναι ισοδύναμο με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας ενός κατοίκου της Ευρώπης για έναν ή δύο μήνες. Ωστόσο, συζητείται αν τα NFT αυξάνουν σημαντικά τις εκπομπές Ethereum ή απλώς αναλαμβάνουν την ευθύνη των εκπομπών που θα είχαν συμβεί ούτως ή άλλως. Εάν τα NFT αυξήσουν σημαντικά την αξία του Ethereum, οι εξορύκτες μπορεί να αυξήσουν τον αριθμό των μηχανών που χρησιμοποιούν, οδηγώντας σε περισσότερες εκπομπές.

Ένα άλλο άρθρο σχετικά με αυτό το θέμα, « Cryptocurrency User Attitudes Towards the Environmental Impact of Proof-of-Work », [28], από τον Moritz Platt, συζητά μια προτεινόμενη μελέτη που στοχεύει να διερευνήσει τη στάση των χρηστών Bitcoin απέναντι στον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των κρυπτονομισμάτων proof of work. Η μελέτη επιδιώκει να προσδιορίσει εάν οι χρήστες κατανοούν την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από το proof of work και τη σύνδεσή της με την υπερθέρμανση του πλανήτη και αν πιστεύουν ότι υπάρχει ανάγκη δράσης για τον περιορισμό των επιπτώσεων του κλίματος. Η έρευνα θα χρησιμοποιούσε μια έρευνα κλειστού τύπου και θα παρουσιαζόταν σε έναν ευρύτερο πληθυσμό χρησιμοποιώντας έναν πάροχο έρευνας αγοράς. Η μελέτη συμπεραίνει ότι τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να είναι ωφέλιμα για διάφορες ομάδες, όπως τεχνολόγους που αναπτύσσουν πρωτόκολλα blockchain, υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και ρυθμιστικές αρχές. Ακόμα κι αν δεν υπάρχουν αποτελέσματα στα οποία μπορεί να γίνει κάποια αναφορά σε αυτήν την περίπτωση, το πρότυπο μπορεί να είναι χρήσιμο για μελλοντικές υλοποιήσεις.

Με βάση τις παραπάνω πληροφορίες, η κοινή αντίληψη για τα κρυπτονομίσματα είναι ότι είναι ένα αμφιλεγόμενο και περίπλοκο θέμα με ηθικούς προβληματισμούς σχετικά με τη χρήση του και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του. Ενώ ορισμένοι υποστηρικτές υποστηρίζουν ότι τα κρυπτονομίσματα μπορεί να προστατεύσουν από την κρατική παρέμβαση, να μειώσουν την αστάθεια και να διαφοροποιήσουν τα επενδυτικά χαρτοφυλάκια, τα άρθρα προτείνουν ότι η επένδυση σε κρυπτονομίσματα θα μπορούσε ενδεχομένως να εκτρέψει χρήματα από τις παραδοσιακές μετοχές και ομόλογα, οδηγώντας σε αρνητικές επιπτώσεις στην κοινωνία. Τονίζονται επίσης οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων και της χρήσης κρυπτονομισμάτων για παράνομες συναλλαγές όπως η εμπορία ανθρώπων, τα παράνομα ναρκωτικά, η τρομοκρατία και η κλοπή ταυτότητας. Η χρήση κρυπτονομισμάτων για την αγορά και την πώληση NFTs έχει βρεθεί ότι έχει σημαντικό αποτύπωμα άνθρακα, το οποίο έχει οδηγήσει σε αντιδράσεις από καλλιτέχνες που πιστεύουν ότι το εμπόριο κρυπτογραφικής τέχνης είναι περιβαλλοντικά ανήθικο. Ενώ προτείνονται ορισμένες λύσεις για τη μείωση των εκπομπών από συναλλαγές κρυπτονομισμάτων, όπως συστήματα απόδειξης συμμετοχής και δημιουργία δεύτερου στρώματος πάνω από το blockchain, τα άρθρα προτείνουν ότι οι βελτιώσεις είναι προβληματικές και το κόστος της επένδυσης σε κρυπτονομίσματα υπερτερεί των οφελών.

Πρέπει να ειπωθεί σε αυτό το σημείο ότι δεν υπάρχουν αρκετές πρόσφατες πηγές με πληροφορίες σχετικά με την αντίληψη του κοινού για το κρυπτονόμισμα και εάν έχουν γνώση της επίδρασης που έχει στο περιβάλλον.

3.3. Τρόποι βελτίωσης

Σχετικά με το θέμα της τροποποίησης της ζημίας που προκλήθηκε από τα θέματα που συζητήθηκαν παραπάνω, υπάρχουν αρκετά άρθρα που σχολιάζουν το ζήτημα.

Το άρθρο «Blockchain: An Unorthodox Solution to Reduce Global Warming », [34], του Dr. John Taskinsoy εξετάζει πώς μπορεί να αξιοποιηθεί η τεχνολογία blockchain για την αντιμετώπιση των προκλήσεων της υπερθέρμανσης του πλανήτη μειώνοντας τα τρέχοντα επίπεδα αερίων θερμοκηπίου που παράγονται από τον άνθρωπο. Ο συγγραφέας υπογραμμίζει την επείγουσα ανάγκη λήψης άμεσων μέτρων για την πρόληψη περαιτέρω ζημιών στο περιβάλλον που προκαλούνται από ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Το λιώσιμο των παγετώνων και των πολικών παγετώνων είναι μια εμβληματική επίδραση της κλιματικής αλλαγής και ο συγγραφέας υποστηρίζει ότι οι ανθρώπινες οικονομικές δραστηριότητες από το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου έχουν συμβάλλει σημαντικά σε αυτό το πρόβλημα.

Το άρθρο συζητά τις δυνατότητες της τεχνολογίας blockchain στη μείωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη δημιουργώντας έναν κόσμο χωρίς χαρτί, ο οποίος θα είχε ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση λιγότερου άνθρακα από τη βιόσφαιρα λόγω της μειωμένης αποψίλωσης των δασών. Η τεχνολογία Blockchain μπορεί να βοηθήσει στη δημιουργία ενός αποκεντρωμένου χρηματοπιστωτικού συστήματος που δεν απαιτεί αξιόπιστη διαμεσολάβηση τρίτων, η οποία, με τη σειρά της, θα μειώσει την ανάγκη για χαρτονομίσματα και νομίσματα σε κυκλοφορία. Αυτό θα μπορούσε να βοηθήσει στη μείωση της ποσότητας χαρτιού που παράγεται, μειώνοντας έτσι την ποσότητα της αποψίλωσης που απαιτείται για την παραγωγή του. Ο συγγραφέας προτείνει επίσης ότι εάν το Bitcoin, το Ethereum ή άλλα κρυπτονομίσματα ωθήσουν τις κεντρικές τράπεζες παγκοσμίως να εισαγάγουν τα δικά τους κρυπτονομίσματα, η τεχνολογία blockchain μπορεί να σώσει περίπου 973 εκατομμύρια δέντρα από την κοπή, υπογραμμίζοντας τον πιθανό αντίκτυπο της τεχνολογίας blockchain στη μείωση της αποψίλωσης των δασών.

Επιπλέον, το άρθρο υπογραμμίζει την δυνατότητα της τεχνολογίας blockchain να φέρει επανάσταση στη γεωργία και την εργοστασιακή και κτηνοτροφία για τη διατήρηση του οικοσυστήματος. Ο συγγραφέας υποστηρίζει ότι η εργοστασιακή γεωργία είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που συμβάλλουν στις ακραίες κλιματικές αλλαγές και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η χρήση αποκεντρωμένων μπλοκ αλυσίδων θα μπορούσε ενδεχομένως να παίζει ρόλο στη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται από τον άνθρωπο και να βοηθήσει τα οικοσυστήματα να προσαρμοστούν στις κλιματικές αλλαγές.

Τέλος, αναφέρεται πως η εμφάνιση του Industry 4.0, που χαρακτηρίζεται από ψηφιοποίηση, μπορεί να θεωρηθεί ως ευκαιρία για την υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain. Το άρθρο υπογραμμίζει ότι η τεχνολογία blockchain απέκτησε τεράστια δημοτικότητα μετά την παγκόσμια οικονομική κρίση του 2008 και υποστηρίζει ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη αποτελεί σοβαρή απειλή για την ανθρώπινη ζωή και ότι πρέπει να ληφθούν επείγοντα μέτρα για την πρόληψη καταστροφικών απωλειών.

Ένα άρθρο που συζητά μια παρόμοια μελέτη είναι το «The transition towards an environmental sustainability for Cryptocurrency mining», [5], από τον Ioan Bitir-Istrate. Αυτό το άρθρο παρουσιάζει μια μελέτη περίπτωσης ενός αγροκτήματος κρυπτονομισμάτων που βρίσκεται στο Βουκουρέστι της Ρουμανίας και αναλύει τη μετάβαση της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων προς την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Η μελέτη αξιολογεί τους Δείκτες Ενεργειακής Απόδοσης (EPI) και τους Δείκτες Ποιότητας Ισχύος (PQI) της εκμετάλλευσης και προτείνει ένα σχέδιο δράσης για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της χρήσης ενέργειας και τη μεγιστοποίηση της κερδοφορίας. Η μελέτη προτείνει έναν πρακτικό οδηγό για τη μετάβαση προς την περιβαλλοντική βιωσιμότητα στην επιχείρηση εξόρυξης κρυπτονομισμάτων, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας βασικών γραμμών ενεργειακής απόδοσης, της ανάλυσης της ποιότητας ισχύος, του εντοπισμού ζητημάτων στην ενεργειακή ανάλυση και της εφαρμογής ενός Σχεδίου Βελτίωσης Ενεργειακής Απόδοσης (EPIP) για την επίτευξη σημαντικής μείωσης περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Το άρθρο τονίζει επίσης την ανάγκη για ένα νέο ρυθμιστικό πλαίσιο που θα καθοδηγεί τον τομέα της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων στη βελτιστοποίηση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας και την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεών τους, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνολογιών (BAT) και πηγών καθαρής

ενέργειας και τη θέσπιση ελάχιστων επιπέδων απόδοσης για φωτισμό, μετριασμός της ποιότητας ψύξης και ισχύος. Με την εφαρμογή αυτών των μέτρων, ο τομέας εξόρυξης κρυπτονομισμάτων μπορεί να μειώσει σημαντικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του και να επιτύχει ένα πιο βιώσιμο μέλλον.

Ένα άρθρο που δίνει πληροφορίες για ένα πολύ συγκεκριμένο παράδειγμα είναι το «Unveiling the power behind cryptocurrency mining in Venezuela: A fragile energy infrastructure and precarious labor», [32], του Antulio Rosales. Το άρθρο διερευνά τον οικολογικό αντίκτυπο της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων και τη σχέση της με την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στη συγκεκριμένη περίπτωση της Βενεζουέλας. Το άρθρο εξετάζει την ενεργειακή υποδομή της Βενεζουέλας και τη σχέση της με την επιχείρηση κρυπτονομισμάτων. Η ηλεκτρική υποδομή της Βενεζουέλας είναι εύθραυστη και ευάλωτη λόγω των ετών υποεπενδύσεων και κακοδιαχείρισης, παρά τη θέση της χώρας ως παραγωγού ενέργειας. Οι αγορές κρυπτονομισμάτων στη Βενεζουέλα ενθαρρύνθηκαν από τη διαθεσιμότητα φθηνής ενέργειας και την άνευ προηγουμένου κρίση στη διαδικασία συσσώρευσης της χώρας. Το φράγμα Guri στο κάτω Caroní παρέχει την ενέργεια που απαιτείται για τους εξορύκτες κρυπτονομισμάτων για να επικυρώσουν ένα διακριτικό μέσω του blockchain. Πολλοί μεμονωμένοι εξορύκτες βρήκαν ότι η εξόρυξη κρυπτονομισμάτων είναι ιδιαίτερα επικερδής, δεδομένης της σχεδόν δωρεάν παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα. Ωστόσο, μετά την κατάρρευση των τιμών της αγοράς κρυπτονομισμάτων στα τέλη του 2017, πολλοί εξορύκτες αποφάσισαν να επεκταθούν σε άλλες υπηρεσίες που σχετίζονται με την αγορά κρυπτονομισμάτων, όπως υπηρεσίες διαπραγμάτευσης και φιλοξενίας.

Τέλος, συζητείται η διακοπή ρεύματος του Μαρτίου 2019 στη Βενεζουέλα, μαζί με τις επακόλουθες επιπτώσεις στις υποδομές και την οικονομία της χώρας. Παρά τους συνεχείς αγώνες της χώρας με την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και τις ελλείψεις καυσίμων, το άρθρο υποστηρίζει ότι η Βενεζουέλα είναι ένα πρόσφορο έδαφος για τα οικοσυστήματα κρυπτονομισμάτων λόγω των ευπαθειών και των κινήτρων τιμολόγησης. Η ουσιαστικότητα των κρυπτονομισμάτων εξαρτάται από την υπάρχουσα ηλεκτρική υποδομή, η οποία είναι εύθραυστη λόγω της διαφθοράς και της έλλειψης εποπτείας. Το άρθρο προτείνει ότι οι συζητήσεις για την ενεργειακή μετάβαση και την κλιματική αλλαγή που προκαλείται από τον άνθρωπο πρέπει να εξετάσουν ζητήματα ευπάθειας και εργασιακής επισφάλειας στον Παγκόσμιο Νότο.

Ένα ακόμη άρθρο, «Cryptocurrency Mining from an Economic and Environmental Perspective. Analysis of the Most and Least Sustainable Countries», [3], του Sergio Luis Nández Alonso, υπογραμμίζει και αυτό τις σημαντικές ενεργειακές ανάγκες που απαιτούνται από τις διαδικασίες εξόρυξης και τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που οδήγησαν ορισμένες χώρες να εξετάσουν το ενδεχόμενο απαγόρευσής τους. Το άρθρο στοχεύει να εξετάσει το προφίλ των χωρών που είναι βέλτιστες για την εκτέλεση εργασιών εξόρυξης με έμφαση στη βιωσιμότητα, συμπεριλαμβανομένων των οικονομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων.

Η μελέτη χρησιμοποιεί μια εμπειρική αναλυτική μέθοδο και εξετάζει 144 χώρες, εκ των οποίων οι 133 συμπεριλήφθηκαν στο δείγμα της μελέτης. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει τη συλλογή απαραίτητων πληροφοριών σε μια βάση δεδομένων και την αναπροσαρμογή του δείκτη περιβαλλοντικής απόδοσης (EPI) μέσω γραμμικής παλινδρόμησης για την προσέγγιση της σχέσης εξάρτησης μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής (πιο βιώσιμη χώρα) και έξι ανεξάρτητων μεταβλητών (HDI, απαγόρευση εξόρυξης/λειτουργίας με κρυπτονομίσματα, ηλεκτρική ενέργεια παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές, μέση θερμοκρασία, E&A&K και δαπάνες έρευνας και ανάπτυξης). Ο προσαρμοσμένος δείκτης βιωσιμότητας (προσαρμοσμένο EPI) αντιπροσωπεύεται από την εξίσωση:

$$ASi = 13,769 + (28.63 \times Pe) + (0.142 \times Er) + (-0.294 \times T) + (2.515 \times N) \\ + (4.164 \times Id) + (51.519 \times Dh)$$

Εικόνα 1: Προσαρμοσμένος δείκτης βιωσιμότητας ASi

Η μελέτη χρησιμοποίησε ένα νέο EPI (Environmental Performance Index) που περιελάμβανε μεταβλητές που σχετίζονται με την εξόρυξη κρυπτονομισμάτων όπως το HDI, την απαγόρευση/λειτουργία εξόρυξης με κρυπτονομίσματα, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, τις δαπάνες έρευνας και ανάπτυξης για E&A&K και τιμές ηλεκτρικής ενέργειας για τα νοικοκυριά. Ο συντελεστής R-τετράγωνο έδωσε αποτέλεσμα 0.787, υποδεικνύοντας ότι η νέα EPI εξηγείται από το 78.7% των νέων ανεξάρτητων μεταβλητών που εισήχθησαν. Η δοκιμή Durbin-Watson έδειξε ότι δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση στο μοντέλο παλινδρόμησης που χρησιμοποιήθηκε. Η δοκιμή ANOVA έδειξε ότι το μοντέλο είναι έγκυρο στο σύνολό του. Με βάση τα αποτελέσματα, η μελέτη δημιούργησε έναν σύνθετο δείκτη και κατέταξε τις 15 πιο και λιγότερο βιώσιμες χώρες για την εξόρυξη κρυπτονομισμάτων.

Η Δανία και η Γερμανία βρέθηκαν να είναι οι πιο βιώσιμες χώρες για την εξόρυξη κρυπτονομισμάτων, ακολουθούμενες από τη Σουηδία, τη Νότια Κορέα και την Ελβετία. Από την άλλη πλευρά, οι χώρες της Νότιας Αμερικής, η Κούβα, η Λιβύη, το Σουδάν, η Νιγηρία, το Πακιστάν και το Ιράκ ήταν από τις λιγότερο βιώσιμες χώρες για την εξόρυξη κρυπτονομισμάτων. Ωστόσο, η μελέτη διαπίστωσε ότι η εξόρυξη κρυπτονομισμάτων δεν πραγματοποιείται επί του παρόντος σε εκείνες τις χώρες που θα ήταν πιο βιώσιμες. Οι συγγραφείς προτείνουν επίσης μια μελέτη στην οποία, λαμβάνοντας υπόψη αρκετούς καθοριστικούς παράγοντες της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων, εντόπισαν εκείνες τις χώρες που θα ήταν βέλτιστες από την άποψη της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας για την πραγματοποίηση αυτής της δραστηριότητας. Οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν τον δείκτη περιβαλλοντικής απόδοσης (EPI) και αρκετούς καθοριστικούς παράγοντες της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων για να υπολογίσουν εκ νέου το EPI συμπεριλαμβάνοντας παράγοντες που επηρεάζουν την εξόρυξη κρυπτονομισμάτων με βιώσιμο τρόπο.

Το άρθρο καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η εξόρυξη κρυπτονομισμάτων δεν πραγματοποιείται επί του παρόντος με βιώσιμο τρόπο, καθώς απαιτεί μεγάλη ποσότητα ενέργειας που παράγεται από μη φιλικές προς το περιβάλλον πηγές. Οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν τον δείκτη περιβαλλοντικής απόδοσης (EPI) για να προσδιορίσουν τους παράγοντες που επηρεάζουν τη βιώσιμη εξόρυξη κρυπτονομισμάτων και διαπίστωσαν ότι η εξόρυξη θα μπορούσε να είναι βιώσιμη μόνο εάν μεταφερθεί σε χώρες με καθαρότερες πηγές ενέργειας. Η πρόσφατη απαγόρευση της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων στην Κίνα παρέχει ελπίδα για αλλαγή, αλλά απαιτούνται πολιτικές ευαισθητοποίησης και αυστηρότεροι κανονισμοί για την προώθηση βιώσιμων πρακτικών εξόρυξης. Επιπλέον, οι χώρες πρέπει να δεσμευτούν σταθερά για την παραγωγή ενέργειας με φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Συνολικά, η μελέτη παρέχει πληροφορίες για τις πιο βιώσιμες χώρες για την εξόρυξη κρυπτονομισμάτων και υπογραμμίζει την ανάγκη για βιώσιμες πρακτικές στον κλάδο για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Ένα ακόμη άρθρο που συζητά το ίδιο θέμα είναι το «Environmental costs related to cryptocurrency mining: ensuring that innovation does not happen at the expense of the environment», [20], του Igor Inacio. Το άρθρο παρέχει μια ολοκληρωμένη ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τη χρήση της τεχνολογίας καταμεμημένης λογιστικής (DLT), ειδικά στο πλαίσιο των κρυπτονομισμάτων. Το DLT είναι μια επαναστατική τεχνολογία που έχει μεταμορφώσει τις χρηματοοικονομικές συναλλαγές, αλλά συνοδεύεται από σημαντικό περιβαλλοντικό και κοινωνικό κόστος που πρέπει να αντιμετωπιστεί. Μία από τις κύριες ανησυχίες που επισημαίνονται στο άρθρο είναι το υψηλό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που σχετίζεται με την εξόρυξη κρυπτονομισμάτων

proof of work (PoW), η οποία μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική περιβαλλοντική ζημιά εάν αφεθεί χωρίς ρύθμιση.

Το άρθρο προτείνει επίσης την εφαρμογή μέτρων που αντισταθμίζουν την περιβαλλοντική ζημιά και αποθαρρύνουν την υιοθέτηση δαπανηρών ενεργειακών διαδικασιών όπως το PoW. Η Ευρώπη υπήρξε πρωτοπόρος στη ρύθμιση του DLT, αλλά οι τρέχοντες κανονισμοί, όπως ο Κανονισμός αγορών σε κρυπτονομίσματα (MiCA) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, δεν προβλέπουν αποζημίωση για περιβαλλοντική ζημιά που προκαλείται από την εξόρυξη κρυπτονομισμάτων. Το άρθρο ζητά πρωτοβουλίες για τη ρύθμιση της διαδικασίας εξόρυξης κρυπτονομισμάτων και της προκύπτουσας περιβαλλοντικής ζημιάς για την εκπλήρωση διεθνών συνθηκών για το περιβάλλον, όπως η Συμφωνία του Παρισιού.

Εξετάζονται επίσης οι διάφορες νομικές προκλήσεις και τα ρυθμιστικά πλαίσια της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων, λαμβάνοντας υπόψη τις διεθνείς συμφωνίες που θεσπίζουν τις αρχές της προφύλαξης και της προληπτικής δράσης, της αποκατάστασης της περιβαλλοντικής ζημιάς στην πηγή και του ρυπαίνων που πληρώνει για τη ρύπανση. Το άρθρο σημειώνει ότι οι χώρες διαφέρουν ως προς τη φορολόγηση των κρυπτονομισμάτων, με τις ΗΠΑ να τα ορίζουν ως εμπορεύματα ή τίτλους και υπόκεινται σε φόρο εισοδήματος, ενώ η ΕΕ στερείται τυποποίησης. Η φορολόγηση των προγραμματιστών δεν είναι αποτελεσματική λύση και, αντ' αυτού, οι κυβερνήσεις θα μπορούσαν να δώσουν κίνητρα στη δημιουργία πράσινων τεχνολογιών εστιάζοντας παράλληλα στη φορολόγηση των ανθρακωρύχων και του εξοπλισμού εξόρυξης.

Προτείνεται να ενθαρρυνθούν εναλλακτικές λύσεις στο σύστημα PoW για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την προώθηση ενός υγιούς περιβάλλοντος. Μια εναλλακτική που προτείνεται στο άρθρο είναι το Proof of Stake (PoS), το οποίο είναι πιο ενεργειακά αποδοτικό. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει θεσπίσει κανονισμούς που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στην εξόρυξη κρυπτονομισμάτων για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και την ενημέρωση των καταναλωτών σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας. Τα φορολογικά μέτρα, όπως η επιβολή ΦΠΑ σε λιγότερο αποδοτικό εξοπλισμό ή η θέσπιση ετήσιου τέλους εκπομπών, θα μπορούσαν να αποθαρρύνουν τις ενεργοβόρες πρακτικές εξόρυξης.

Τέλος, το άρθρο υποστηρίζει ότι απαιτούνται διεθνείς κανονισμοί που έχουν αναπτυχθεί από κοινού για να αποφευχθεί ένας «αγώνας προς τα κάτω» όσον αφορά τα περιβαλλοντικά πρότυπα. Η εξεύρεση ισορροπίας μεταξύ της καινοτομίας, της παραγωγής, της εξόρυξης και του περιβάλλοντος θα απαιτήσει διεθνή συνεργασία. Για να διασφαλιστεί η ισορροπία μεταξύ της τεχνολογικής καινοτομίας και της περιβαλλοντικής προστασίας, απαιτούνται δίκαιες αποζημιώσεις για περιβαλλοντικές ζημιές και διεθνής συνεργασία για τη μείωση της φορολογικής διαρροής ή της φυγής των ανθρακωρύχων σε χώρες όπου η νομοθεσία είναι πιο επιεικής για τις περιβαλλοντικές ζημιές.

Το άρθρο «Cryptocurrencies Without Proof of Work», [4], του Iddo Benton περιγράφει ένα σύστημα blockchain που ονομάζεται πρωτόκολλο CoA (Chain of Activity) που στοχεύει να αποτρέψει την ορθολογική διχάλα σε δίκτυα blockchain. Το πρωτόκολλο χρησιμοποιεί έναν μηχανισμό απόδειξης στοιχήματος (PoS) για να επιλέξει τον ενδιαφερόμενο που θα δημιουργήσει το επόμενο μπλοκ με βάση μια διαδικασία follow-the-satoshi. Το κείμενο περιγράφει επίσης μια εναλλακτική παραλλαγή του πρωτοκόλλου CoA που ονομάζεται Dense-CoA, το οποίο είναι ένα καθαρό πρωτόκολλο PoS που δυσκολεύει τις επιθέσεις συμπαιγνίας και δωροδοκίας. Η βασική διαφορά μεταξύ του CoA και του Dense-CoA είναι ότι κάθε μπλοκ δημιουργείται από μια ομάδα ενδιαφερομένων και όχι από έναν μόνο ενδιαφερόμενο. Η ταυτότητα του ενδιαφερομένου που καθορίζει ποιες συναλλαγές θα συμπεριληφθούν σε ένα μπλοκ προκύπτει με την επίκληση του follow-the-satoshi με το $\text{hash}(i, \text{SBI-1})$ ως είσοδο και τις ταυτότητες των υπόλοιπων ενδιαφερομένων που πρέπει να συμμετάσχουν στη δημιουργία του μπλοκ προέρχονται από την επίκληση follow-the-satoshi με $\text{hash}(i, j, \text{SBI-1})$ για $j \in \{1, 2, \dots, n-1\}$. Αυτοί οι ενδιαφερόμενοι συμμετέχουν σε ένα πρωτόκολλο δύο γύρων για να δημιουργήσουν το τρέχον μπλοκ. Στον 1ο γύρο, κάθε ενδιαφερόμενος επιλέγει ένα τυχαίο μυστικό και το μεταδίδει στο δίκτυο. Στον 2ο

γύρο, κάθε ενδιαφερόμενος υπογράφει το μήνυμα με το μυστικό του και το μεταδίδει στο δίκτυο.

Το άρθρο εξετάζει επίσης πιθανές επιθέσεις στα πρωτόκολλα CoA και Dense-CoA, όπως επιθέσεις ορθολογικής συμπαίγνιας και δωροδοκίας, και τρόπους μετριασμού τους. Για παράδειγμα, η συμπερίληψη σε κάθε συναλλαγή του ευρετηρίου του πιο πρόσφατου μπλοκ που γνωρίζει ο χρήστης που πραγματοποίησε τη συναλλαγή μπορεί να καταστήσει πιο δύσκολη την αντιστροφή μπλοκ για τη συλλογή τελών. Επιπλέον, ο περιορισμένος χώρος στρατηγικής από τον οποίο μπορούν να επιλέξουν οι παίκτες σε περίπτωση επίθεσης περιλαμβάνει την ειλικρίνεια του πρωτοκόλλου ή την αποδοχή δωροδοκίας για την υπογραφή του μπλοκ του επιτιθέμενου και η ειλικρινής στρατηγική είναι κυρίαρχη. Το κείμενο ολοκληρώνεται συζητώντας μια «υπόθεση πυκνότητας» που βοηθά τους εμπόρους να καθορίσουν ένα κατάλληλο επίπεδο εμπιστοσύνης για ασφάλεια έναντι διπλών δαπανών στο σύστημα CoA.

Το άρθρο «An Analysis of Energy Consumption and Carbon Footprints of Cryptocurrencies and Possible Solutions», [23], του Varun Kohli υπογραμμίζει το ζήτημα των αυξανόμενων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG) που προκαλούνται από τα ορυκτά καύσιμα, την αλλαγή χρήσης γης, τη βιομηχανική δραστηριότητα και την εμφάνιση κρυπτονομισμάτων. Η υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και το αποτύπωμα άνθρακα των κρυπτονομισμάτων όπως το Bitcoin και το Ethereum έχουν συμβάλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Ωστόσο, η κοινότητα των κρυπτονομισμάτων διερευνά λύσεις για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων.

Το άρθρο συγκρίνει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του Bitcoin και του Ethereum. Με βάση το άρθρο, οι εκτιμήσεις για το συνολικό μερίδιο κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Bitcoin και του Ethereum είναι 0.58% και 0.23%, αντίστοιχα. Η κατανάλωση από το Bitcoin είναι συγκρίσιμη με τη Σουηδία, ενώ αυτή από το Ethereum είναι σχεδόν ίδια με τη Ρουμανία. Ωστόσο, οι εκπομπές δεδομένων που προκύπτουν από την ενεργειακή τους κατανάλωση είναι σημαντικές, με τις ετήσιες εκπομπές CO₂ από το Bitcoin και το Ethereum να υπολογίζονται σε 59.48 Mt και 25.95 Mt, αντίστοιχα.

Για να αντιμετωπίσει την υψηλή κατανάλωση ενέργειας και το αποτύπωμα άνθρακα των κρυπτονομισμάτων, η κοινότητα των κρυπτονομισμάτων διερευνά εναλλακτικούς αλγόριθμους συναίνεσης όπως το Proof of Stake, που αναφέρθηκε και παραπάνω, που θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας και το αποτύπωμα άνθρακα. Το κείμενο συζητά διαφορετικές λύσεις για την αντιμετώπιση των ζητημάτων της υψηλής κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂ σε κρυπτονομίσματα. Ο συγγραφέας αρχικά προσδιορίζει τον μηχανισμό συναίνεσης ως τον κύριο συντελεστή στην κατανάλωση ενέργειας σε κρυπτονομίσματα που χρησιμοποιούν PoW. Το κείμενο διερευνά εναλλακτικούς μηχανισμούς συναίνεσης που είναι πιο ενεργειακά αποδοτικοί από το PoW, όπως Proof of Stake (PoS), Proof of Activity (PoA), Proof of Burn (PoB) και Delegated Proof of Stake (DPoS).

Μια άλλη λύση είναι η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην εξόρυξη κρυπτονομισμάτων. Το άρθρο σημειώνει ότι η κύρια πηγή ενέργειας για τα κρυπτονομίσματα είναι δύσκολο να προσδιοριστεί λόγω της κατανομημένης φύσης των δικτύων κρυπτονομισμάτων. Ορισμένες μελέτες δείχνουν ότι η κύρια πηγή ενέργειας για τα κρυπτονομίσματα είναι ανανεώσιμες, ενώ άλλες δείχνουν εξάρτηση από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Το κείμενο υπογραμμίζει τη σημασία της ενεργειακής απόδοσης σε συσκευές εξόρυξης, σημειώνοντας ότι οι συσκευές που βασίζονται σε ASIC είναι οι πιο αποδοτικές, παρέχοντας την υψηλότερη υπολογιστική ισχύ με τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Ωστόσο, η χρήση συσκευών που βασίζονται σε ASIC δημιουργεί πρόβλημα συγκέντρωσης της υπολογιστικής ισχύος. Το κείμενο αναφέρει επίσης αλγόριθμους ανθεκτικούς στο ASIC που αναγκάζουν τους εξορύκτες να χρησιμοποιούν συσκευές γενικής χρήσης και φθηνότερες, όπως GPU, οδηγώντας σε υπερανάλογη κατανάλωση ενέργειας.

Ακόμα ένα άρθρο πάνω στο θέμα, το οποίο εξετάζεται και παραπάνω, το «Blockchain, climate damage, and death: Policy interventions to reduce the carbon emissions, mortality, and net-zero

implications of non-fungible tokens and Bitcoin », [37], του Jon Truby, προτείνει μια στροφή προς πιο ενεργειακά αποδοτικές επιλογές σχεδιασμού blockchain, όπως οι μηχανισμοί συναίνεσης απόδειξης συμμετοχής και απόδειξης εξουσιοδότησης. Το άρθρο προτείνει έναν συνδυασμό νομικών, δημοσιονομικών και πολιτικών εργαλείων για να ενθαρρύνει τη μετάβαση σε πιο βιώσιμες πλατφόρμες blockchain, όπως η αποθάρρυνση της εξάρτησης βαδισμένων μονοπατιών, η επιβολή κανονισμών για την αποφυγή πλατφορμών proof of work ή η εφαρμογή της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει μέσω φορολογίας». Το άρθρο τονίζει την ανάγκη για μια ισορροπία μεταξύ της ατομικής καινοτομίας και των πιθανών κινδύνων για το κοινό και το περιβάλλον. Το άρθρο προτείνει ότι η παρέμβαση πολιτικής μπορεί να παρακινήσει τη βιομηχανία να στραφεί σε έναν πιο βιώσιμο σχεδιασμό blockchain, καθώς οι προγραμματιστές προτιμούν συχνά το proof of work λόγω των πλεονεκτημάτων ασφαλείας του. Ένας εναλλακτικός σχεδιασμός που προτείνεται είναι η ανακύκλωση της υπολογιστική ισχύ που χρησιμοποιείται για την επικύρωση των συναλλαγών για την παροχή οφελών στους χρήστες- η μέθοδος παρ' όλ' αυτά εξακολουθεί να απαιτεί από τους προγραμματιστές να αλλάζουν τα πρωτόκολλα συναίνεσης από το proof of work. Το άρθρο τονίζει ακόμα την ανάγκη εξισορρόπησης των ατομικών συμφερόντων στην καινοτομία με πιθανούς κινδύνους για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Σύμφωνα με αυτό, έχουν εφαρμοστεί διάφορα ρυθμιστικά και φορολογικά εργαλεία για τη μείωση του αντίκτυπου των εξορυκτικών δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της χρέωσης των ανθρακωρύχων για το περιβαλλοντικό κόστος, της υποχρεωτικής μετάβασης σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή των αντισταθμίσεων άνθρακα. Ωστόσο, οι περιορισμοί αυτών των μέτρων ενδέχεται να προκαλέσουν διαρροές άνθρακα και φόρων. Το άρθρο προτείνει ότι οι νέες συστάσεις από την Ειδική Ομάδα Χρηματοοικονομικής Δράσης ενδέχεται να επιτρέψουν στους εθνικούς νομοθέτες να απαιτούν από τις εθνικές φορολογικές αρχές να κάνουν διάκριση μεταξύ των επιπτώσεων του άνθρακα διαφορετικών ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων. Ωστόσο, χωρίς επαρκή δεδομένα, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής ενδέχεται να διαφοροποιούνται βάσει πρωτοκόλλων συναίνεσης, όπως ο περιορισμός των μπλοκ αλυσίδων proof of work, αντί της πραγματικής χρήσης ενέργειας. Συμπεραίνεται ότι θα μπορούσε να είναι απαραίτητη η απομάκρυνση από τα blockchain proof of work και η εισαγωγή φόρων ή χρεώσεων στις τεχνολογίες blockchain με βάση τον αντίκτυπό τους στον άνθρακα για τη μείωση των εκπομπών.

Το άρθρο « A clean, green haven?—Examining the relationship between clean energy, clean and dirty cryptocurrencies », [30], του Boru Ren συζητά τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των συμβατικών ενεργοβόρων κρυπτονομισμάτων, γνωστών και ως «βρώμικων» κρυπτονομισμάτων, που χρησιμοποιούν «Proof of Work» συναίνεση. Το ενεργειακό αποτύπωμα αυτών των κρυπτονομισμάτων έχει προκαλέσει σημαντική οικολογική ζημιά και ανησυχίες στο κοινό. Οι ερευνητές τονίζουν τον επείγοντα χαρακτήρα της μείωσης των δραστηριοτήτων εξόρυξης κρυπτονομισμάτων και τη χρήση κρυπτονομισμάτων που δεν είναι «proof of work». Ταυτόχρονα, σημειώθηκε ισχυρή τροχιά ανάπτυξης στον τομέα της καθαρής ενέργειας. Το απόσπασμα εξετάζει επίσης εν συντομία τη βιβλιογραφία σχετικά με τη σχέση μεταξύ κρυπτονομισμάτων και άλλων περιουσιακών στοιχείων, συμπεριλαμβανομένων των παραδοσιακών ενεργειακών περιουσιακών στοιχείων. Ωστόσο, σχετικά λίγη βιβλιογραφία έχει επικεντρωθεί στη σύνδεση μεταξύ κρυπτονομισμάτων και πράσινων αγορών, παρά τη σημαντική αύξηση των ενεργειών καθαρής ενέργειας τα τελευταία χρόνια.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για αυτήν τη μελέτη περιλαμβάνουν δεδομένα ημερήσιας τιμής κλεισίματος από το CoinMarketCap για 10 διαφορετικά κρυπτονομίσματα, συμπεριλαμβανομένων πέντε βρώμικων κρυπτονομισμάτων (Bitcoin, Ethereum, Bitcoin Cash, Ethereum Classic και Litecoin) και πέντε καθαρά κρυπτονομίσματα (Cardano, Ripple, IOTA, Stellar, και Nano). Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από την 1η Ιανουαρίου 2018 έως τις 17 Σεπτεμβρίου 2021. Δημιουργήθηκαν δύο σταθμισμένοι δείκτες για την παρακολούθηση της απόδοσης των βρώμικων και καθαρών κρυπτονομισμάτων, που ονομάζονται DCRYPT και CCRYPT, αντίστοιχα.

Για να αναπαραστήσει την απόδοση της βιομηχανίας καθαρής ενέργειας, η μελέτη χρησιμοποίησε δείκτες καθαρής ενέργειας που προέρχονται από το Bloomberg, συμπεριλαμβανομένου

του S&P Global Clean Energy Index (SPGTCED), του WilderHill Clean Energy Index (ECO) και αρκετών δεικτών από το NASDAQ OMX Green Economy Index Family για την παρακολούθηση της απόδοσης μεμονωμένων υποτομέων παραγωγής καθαρής ενέργειας. Στοιχεία για τον S&P 500 Index και το London P.M. Η τιμή καθορισμού του χρυσού συλλέχτηκε επίσης από τα Οικονομικά Δεδομένα του Bloomberg και της Ομοσπονδιακής Τράπεζας, αντίστοιχα. Όλα τα δεδομένα μετατράπηκαν στους φυσικούς λογαρίθμους της πρώτης διαφοράς πριν από τη χρήση.

Όσον αφορά τη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την εξέταση των ιδιοτήτων αντιστάθμισης και ασφαλούς καταφυγίου των δεικτών καθαρής ενέργειας έναντι βρώμικων και καθαρών κρυπτονομισμάτων, οι συγγραφείς χρησιμοποιούν ένα μοντέλο DCC-GARCH για να εκτιμήσουν τη συσχέτιση των υποκείμενων ζευγών περιουσιακών στοιχείων σε δύο βήματα. Στο πρώτο βήμα, ένα μοντέλο GARCH(1,1) εκτιμάται για ένα διάνυσμα ζευγών σειρών επιστροφής δεδομένου του συνόλου πληροφοριών.

Στο δεύτερο βήμα, η παράμετρος DCC εκτιμάται χρησιμοποιώντας έναν πίνακα συνδιακύμανσης υπό όρους, όπου οι χρονικά μεταβαλλόμενες συσχετίσεις υπό όρους υπολογίζονται ως πίνακας των τετραγωνικών ριζών των στοιχείων των συνθηκών διακυμάνσεων των δύο σειρών επιστροφής. Στη συνέχεια, οι συγγραφείς οπισθοδρομούν τη σειρά δυναμικών συσχετισμών υπό όρους σε εικονικές μεταβλητές που αντιπροσωπεύουν τις ακραίες κινήσεις των περιουσιακών στοιχείων για να εξετάσουν την ιδιότητα του ασφαλούς καταφυγίου της καθαρής ενέργειας έναντι των κρυπτονομισμάτων. Σύμφωνα με τον ορισμό του ασφαλούς καταφυγίου, η καθαρή ενέργεια είναι μια αδύναμη αντιστάθμιση για ένα μεμονωμένο κρυπτονόμισμα εάν ο συντελεστής της παλινδρόμησης είναι ασήμαντα διαφορετικός από το μηδέν ή ένας ισχυρός αντιστάθμισης εάν ο συντελεστής είναι αρνητικός. Η καθαρή ενέργεια χρησιμεύει ως ένα αδύναμο (ισχυρό) ασφαλές καταφύγιο για ένα μεμονωμένο κρυπτονόμισμα υπό ορισμένες συνθήκες αγοράς, εάν κάποιος από τους συντελεστές είναι μη θετικός (σημαντικά αρνητικός). Εναλλακτικά, οι συγγραφείς οπισθοδρομούν τη σειρά δυναμικών συσχετισμών υπό όρους σχετικά με την καθυστερημένη ακραία υπό όρους μεταβλητότητα του βρώμικου ή καθαρού δείκτη κρυπτονομισμάτων, ο οποίος αντιστοιχεί στην αβεβαιότητα της αγοράς, για να εξετάσουν την ιδιότητα του ασφαλούς καταφυγίου της καθαρής ενέργειας έναντι των κρυπτονομισμάτων.

Οι συγγραφείς αναλύουν τις δυναμικές συσχετίσεις υπό όρους μεταξύ δεικτών καθαρής ενέργειας και δύο ομάδων κρυπτονομισμάτων και διαπιστώνουν ότι οι συσχετίσεις είναι θετικές τις περισσότερες φορές, υπονοώντας ότι οι δείκτες καθαρής ενέργειας ενδέχεται να μην έχουν άμεσες δυνατότητες αντιστάθμισης και για τους δύο τύπους κρυπτονομισμάτων κατά τις υπό μελέτη και στο εγγύς μέλλον. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αντιστάθμισης κινδύνου και ασφαλούς καταφυγίου δείχνουν ότι κανένας από τους δείκτες καθαρής ενέργειας δεν μπορεί να αποτελέσει άμεση αντιστάθμιση για κανέναν από τους δύο τύπους κρυπτονομισμάτων κατά την υπό μελέτη περίοδο. Ωστόσο, οι δείκτες καθαρής ενέργειας μπορεί να είναι αδύναμοι για κρυπτονομίσματα στα ποσοστά 10%, 5% και 1% κατά τη διάρκεια της περιόδου, με πολύ λίγες εξαιρέσεις. Υποδηλώνει ότι η καθαρή ενέργεια μπορεί επίσης να είναι ένα αδύναμο ασφαλές καταφύγιο για κρυπτονομίσματα σε ποσοστά 5% και 1%, αλλά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το ποια καθαρή ενέργεια και κρυπτονομίσματα χρησιμοποιούνται. Οι συγγραφείς προτείνουν ότι οι επενδυτές με σημαντική έκθεση σε βρώμικα κρυπτονομίσματα μπορούν να επιλέξουν αποθέματα καθαρής ενέργειας για οφέλη ασφαλούς καταφυγίου και περιβαλλοντική ευθύνη. Οι συγγραφείς ανέλυσαν επίσης την ανάλυση αβεβαιότητας και βρήκαν ότι οι δείκτες καθαρής ενέργειας δεν μπορούν να αποτελέσουν άμεσο αντιστάθμισμα για κανέναν από τους δύο τύπους κρυπτονομισμάτων σε περιόδους αυξημένης αβεβαιότητας στην αγορά.

Σημαντικό να σημειωθεί είναι τα δευτερογενή αποτελέσματα σε διάφορες αγορές από τον Ιανουάριο του 2018 έως τον Σεπτέμβριο του 2021. Οι συγγραφείς χρησιμοποιούν ένα βέλτιστο μήκος καθυστέρησης 1 που επιλέγεται από το Akaike Information Criterion (AIC) για το μοντέλο VAR για να υπολογίσουν τα TS, DS και NS για σειρά επιστροφής. Καθορίζουν ένα κυλιόμενο μέγεθος παραθύρου 200 ημερών και έναν ορίζοντα πρόβλεψης 10 ημερών. Διαπιστώνουν ότι η μέση δυναμική συνδεσιμότητα συνολικής απόδοσης κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου είναι 63.25%, που είναι

μεσαίο-υψηλό επίπεδο. Παρατηρούν ότι υπήρξε μια αξιοσημείωτη αύξηση στη συνολική συνδεσιμότητα κατά περίπου 25% τον Απρίλιο του 2020. Ωστόσο, οι μέσες συνολικές διαρροές μεταξύ των αγορών κρυπτονομισμάτων και των αγορών καθαρής ενέργειας είναι σχετικά χαμηλές κατά τη διάρκεια της περιόδου. Στη συνέχεια, οι συγγραφείς παρουσιάζουν διάφορα διαγράμματα που απεικονίζουν τις δυναμικές κατευθυντικές επιστροφές που λαμβάνονται και μεταδίδονται από μια αγορά σε άλλες αγορές με την πάροδο του χρόνου. Οι αγορές καθαρής ενέργειας είναι μεγαλύτεροι δέκτες διάχυσης από τις αγορές κρυπτονομισμάτων, ενώ ο χρυσός είναι ο μικρότερος δέκτης τόσο στην αρχή όσο και στο τέλος. Οι συγγραφείς διερευνούν επίσης τις καθαρές διαρροές και διαπιστώνουν ότι τόσο οι αγορές χρυσού όσο και οι βρώμικες και καθαρές αγορές κρυπτονομισμάτων είναι δέκτες διάχυσης κατά τη διάρκεια ολόκληρης της περιόδου του δείγματος. Τα μισά από τα σχετικά με διαρροές αστάθειας. Οι καθαρές διαρροές δείχνουν ότι τόσο η αγορά χρυσού όσο και η αγορά κρυπτονομισμάτων είναι δέκτες διάχυσης καθ' όλη τη διάρκεια του δείγματος. Η Γενική Αγορά (S&P500) έχει λάβει πολύ περισσότερες διαρροές από άλλες αγορές από το 2021. Όσον αφορά τους δείκτες καθαρής ενέργειας, οι περισσότεροι από αυτούς είναι δέκτες διάχυσης, εκτός από τον GRNREG, ο οποίος είναι ένας καθαρός πομπός διάχυσης.

Τέλος, η μελέτη διεξάγει έναν έλεγχο ευρωστίας χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο VAR μεταβλητής παραμέτρου (TVP-VAR) για να εξετάσει τα προηγούμενα αποτελέσματα των τμημάτων ανάλυσης spillover. Η προσέγγιση TVP-VAR υποστηρίζεται ότι έχει πλεονεκτήματα σε σχέση με την προσέγγιση DY (κυλιόμενο παράθυρο VAR). Ορίζεται το μοντέλο TVP-VAR με p υστερήσεις και το φίλτρο Kalman χρησιμοποιείται σε εκτίμηση με αντιστοιχισμένους παράγοντες λήθης. Η μελέτη ξεκινά το φίλτρο Kalman χρησιμοποιώντας το Minnesota πριν, ακολουθούμενο από τη χρήση παραγόντων αποσύνθεσης αναφοράς στο βήμα εκτίμησης για τον υπολογισμό των χρονικά μεταβαλλόμενων συντελεστών και των πινάκων διακύμανσης-συνδιακύμανσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι και οι δύο προσεγγίσεις παρέχουν ποιοτικά παρόμοιες πληροφορίες και τα ευρήματα παραμένουν ισχυρά. Η μελέτη δείχνει επίσης ότι υπήρξε μια φθίνουσα συνδεσιμότητα επιστροφής από το 2018 έως το 2019 και το ίδιο για τη συνδεσιμότητα μεταβλητότητας αλλά από το 2018 έως το 2020, που πιθανότατα οφείλονταν στην κατάρρευση της αγοράς κρυπτογράφησης. Οι μεγάλες διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων της χρήσης των μοντέλων DY και TVP-VAR συμβαίνουν κατά την περίοδο από τον Απρίλιο του 2020 έως το τέλος του έτους. Και οι δύο δείχνουν μια δραστική αύξηση στις συνολικές διαρροές που πλησιάζουν τον Απρίλιο του 2020. Ωστόσο, κατά τη χρήση της προσέγγισης VAR, το υψηλό επίπεδο των διαχύσεων διήρκεσε για σχεδόν ένα χρόνο πριν καταρρεύσει στις αρχές του 2021, η διάχυση υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας το μοντέλο TVP-VAR έχει αποσυντεθεί μετά την κορυφή.

Ακόμα ένα άρθρο που προαναφέρθηκε, το «Blockchain applications and sustainability issues», [29], από τον Roberto Leonardo Rana, επιμένει πως για να γίνει το Bitcoin πιο βιώσιμο, είναι απαραίτητο να αντικατασταθεί ο μηχανισμός εξόρυξης του ή να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά κρυπτονομίσματα. Τα κρυπτονομίσματα και η τεχνολογία blockchain είναι απίθανο να αντικαταστήσουν όλη την πραγματική νομισματική μάζα και πιθανότατα θα καταλάβουν εξειδικευμένα τμήματα της νομισματικής αγοράς. Ωστόσο, μπορεί να προσφέρουν έγκυρες εναλλακτικές λύσεις για την εμπορία αντιστάθμισης άνθρακα και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Η τεχνολογία Blockchain θα μπορούσε επίσης να συμβάλει στη βελτίωση διαφόρων συστημάτων, όπως η κοινή χρήση ιατρικών δεδομένων, η διαχείριση συμβολαίων, οι διαδικασίες ψηφοφορίας και οι υπηρεσίες συμβολαιογράφου. Παρά αυτές τις ευκαιρίες, η απάτη και οι χειρισμοί παραμένουν ανησυχίες.

Το άρθρο «Decarbonizing Bitcoin: Law and policy choices for reducing the energy consumption of Blockchain technologies and digital currencies», [36], του Jon Truby υπογραμμίζει επίσης τις αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο του Bitcoin και άλλων τεχνολογιών blockchain. Με βάση και αυτό το άρθρο, οι τεχνολογίες είναι γνωστές για τον ενεργοβόριο σχεδιασμό τους, με την εξόρυξη Bitcoin και μόνο να εκτιμάται ότι καταναλώνει περισσότερη ενέργεια από ορισμένες ολόκληρες χώρες. Αυτό οδήγησε σε μια διεστραμμένη χρήση της τεχνολογίας, όπου η ίδια η

τεχνολογία που αναμενόταν να παράγει θετικά περιβαλλοντικά οφέλη συμβάλλει τώρα σε αρνητικές επιπτώσεις για το κλίμα. Υποδηλώνει ότι υπάρχει ανάγκη για κρατική παρέμβαση για την αντιμετώπιση των αρνητικών εξωτερικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τις τεχνολογίες blockchain. Μια προτεινόμενη λύση είναι η εσωτερίκευση της περιβαλλοντικής ζημίας που προκαλείται από την εξόρυξη Bitcoin και η μετάβαση σε εναλλακτικές λύσεις λιγότερο έντασης ενέργειας. Αυτό θα συνεπαγόταν την εισαγωγή εργαλείων πολιτικής για τη διαφοροποίηση μεταξύ τεχνολογιών blockchain χαμηλής και υψηλής κατανάλωσης ενέργειας και, ενδεχομένως, την επιδότηση ή την επιβράβευση τεχνολογιών που παρέχουν ουδέτερα ή αρνητικά οφέλη για τον άνθρακα.

Το άρθρο εξετάζει επίσης την ταξινόμηση και τη φορολόγηση των ψηφιακών νομισμάτων, συγκεκριμένα του Bitcoin. Η ταξινόμηση των ψηφιακών νομισμάτων επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζονται για φορολογικούς σκοπούς και η σύγχυση στις προσεγγίσεις που ακολουθούνται για την ταξινόμηση των ψηφιακών νομισμάτων οδηγεί στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο μπορούν να φορολογηθούν. Αυτό υπογραμμίζει την ανάγκη για σαφείς κατευθυντήριες γραμμές και εργαλεία πολιτικής που θα βοηθήσουν στη διαφοροποίηση μεταξύ ψηφιακών νομισμάτων που έχουν χαμηλά και υψηλά ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας και για να κάνουν συνειδητές επιλογές για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής.

Επιπλέον, το άρθρο προτείνει διάφορες δημοσιονομικές επιλογές για την παροχή κινήτρων για αλλαγή συμπεριφοράς στη χρήση συσκευών επαλήθευσης από τους ανθρακωρύχους. Η πρώτη επιλογή είναι η επιβολή τελωνειακών δασμών ή ειδικών φόρων κατανάλωσης με βάση την κατανάλωση ενέργειας για εισαγόμενες συσκευές. Μια άλλη επιλογή είναι η επιβολή προσαύξησης στον υφιστάμενο φόρο επί των κερδών που δηλώνουν οι ανθρακωρύχοι. Η εστίαση θα μπορούσε επίσης να είναι στον κατασκευαστή, φορολογώντας τα κέρδη ή τις εξαγωγές από τους κατασκευαστές αυτών των συσκευών. Αυτές οι δημοσιονομικές επιλογές θα ενθαρρύνουν τους ανθρακωρύχους να στραφούν σε πιο ενεργειακά αποδοτικές συσκευές και πρακτικές, οδηγώντας τελικά σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας των τεχνολογιών blockchain.

Συνολικά, το άρθρο υπογραμμίζει την επείγουσα ανάγκη ανάπτυξης τεχνολογίας αποκλειστικής αλυσίδας από άνθρακα που μπορεί να ωφελήσει το περιβάλλον χωρίς να βλάψει τον κλάδο. Αυτό θα απαιτήσει έναν συνδυασμό κρατικής παρέμβασης, σαφών κατευθυντήριων γραμμών πολιτικής και φορολογικών κινήτρων για την ενθάρρυνση της αλλαγής συμπεριφοράς μεταξύ των εξορυκτών και των κατασκευαστών τεχνολογιών blockchain. Το μέλλον των τεχνολογιών blockchain εξαρτάται από την εξεύρεση μιας βιώσιμης ισορροπίας μεταξύ των οικονομικών δυνατοτήτων τους και των επιπτώσεών τους στο περιβάλλον.

Επιπλέον, με βάση το προαναφερόμενο άρθρο, το «Bitcoin boom: What rising prices mean for the network's energy consumption», [43], του Alex de Vries, γίνεται έκκληση προς τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να αντιμετωπίσουν το ζήτημα, αναφέροντας παραδείγματα κατάσχεσης εξοπλισμού που επιβλήθηκαν στο Κεμπέκ και το Ιράν λόγω καταπόνησης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής έχουν επιλογές να περιορίσουν την εξόρυξη, αλλά αυτές οι πολιτικές έχουν όρια, καθώς οι ανθρακωρύχοι μπορεί να μετακινηθούν αλλού ή η εξόρυξη μπορεί να γίνει πιο αποκεντρωμένη εάν περιοριστούν οι εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας. Το άρθρο τονίζει την ανάγκη για επείγουσα προσοχή στις πιθανές συνέπειες της εξόρυξης Bitcoin.

Ένα ακόμα άρθρο που αναλύεται σε προηγούμενο υποκεφάλαιο, το « Cryptocurrency and Climate Change: An Overview », [12], από την Egiyi Modesta, προτείνει ότι η υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να βοηθήσει στον έλεγχο της κλιματικής αλλαγής και συνιστά στις κυβερνήσεις να εγκρίνουν πολιτικές για την ενθάρρυνση της χρήσης μη ορυκτών καυσίμων και ότι η τεχνολογική ανάπτυξη μπορεί να διευκολύνει τη μετάβαση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Συνιστάται επίσης η θέσπιση αυστηρών προτύπων για τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και οικονομικά κίνητρα για ενεργειακή απόδοση σε βιομηχανίες και κατοικίες.

3.4. Απαντήσεις σε ερευνητικά ερωτήματα

3.4.1. Αντίκτυπος των κρυπτονομισμάτων στο περιβάλλον

Ο αντίκτυπος του κρυπτονομίσματος στο περιβάλλον, και κυρίως η συμβολή του στην υπερθέρμανση του πλανήτη, προκαλεί αυξανόμενη ανησυχία, όπως τονίζεται στα παραπάνω επιστημονικά άρθρα. Στο επίκεντρο αυτού του ζητήματος βρίσκεται η ενεργοβόρα διαδικασία επικύρωσης συναλλαγών, η οποία πραγματοποιείται κυρίως μέσω του πρωτοκόλλου proof of work, με χαρακτηριστικό παράδειγμα το Bitcoin. Το PoW απαιτεί την επίλυση περίπλοκων μαθηματικών γρίφων, μια εργασία που απαιτεί σημαντική υπολογιστική ισχύ και, κατά συνέπεια, οδηγεί σε σημαντική κατανάλωση ενέργειας.

Οι συνέπειες αυτής της ζήτησης υψηλής ενέργειας είναι σημαντικές. Οι εργασίες εξόρυξης κρυπτονομισμάτων παγκοσμίως καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας, με ένα σημαντικό μέρος να προέρχεται από μη ανανεώσιμες πηγές όπως ο άνθρακας και το φυσικό αέριο. Αυτή η εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα έχει ως αποτέλεσμα εκπομπές αερίων θερμοκηπίου μεγάλης κλίμακας, επιδεινώνοντας περαιτέρω την κρίση της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Το αποτύπωμα άνθρακα της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων, όπως αποδεικνύεται από αυτές τις μελέτες, είναι αναμφισβήτητο και υπογραμμίζει την επείγουσα ανάγκη για παρέμβαση.

Αυτά τα άρθρα υπογραμμίζουν πως οι αρνητικές εξωτερικές επιδράσεις που σχετίζονται με την εξόρυξη κρυπτονομισμάτων, συμπεριλαμβανομένου του αποτυπώματος άνθρακα, έχουν εκτεταμένες επιπτώσεις στην κλιματική αλλαγή και στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Επιπλέον, τα άρθρα διερευνούν την πολυπλοκότητα της διάκρισης μεταξύ των επιπτώσεων άνθρακα διαφορετικών ψηφιακών στοιχείων, τονίζοντας τη σημασία της μελέτης της δευτερογενούς κατανάλωσης ενέργειας που σχετίζεται με τα συστήματα ψύξης στις εργασίες εξόρυξης. Αυτή η δευτερογενής κατανάλωση ενέργειας όχι μόνο επιδεινώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αλλά υπογραμμίζει επίσης την ανάγκη για πιο ενεργειακά αποδοτικά συναινετικά πρωτόκολλα.

Συνοπτικά, αυτά τα επιστημονικά άρθρα τονίζουν πως η ενεργοβόρα φύση της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων, που επιδεινώνεται από την επικρατούσα χρήση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, έχει τη δυνατότητα να συμβάλλει σημαντικά στην κλιματική αλλαγή και στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Περαιτέρω έρευνα είναι απαραίτητη για την απόκτηση συνολικής κατανόησης της περίπλοκης σχέσης μεταξύ κρυπτονομισμάτων, κατανάλωσης ενέργειας και πρωτοκόλλων συναίνεσης, διευκολύνοντας έτσι τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων στην επιδίωξη της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας.

3.4.2. Μελλοντική κατάσταση

Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τις προαναφερθείσες πηγές δίνουν μια ανησυχητική εικόνα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κρυπτονομισμάτων, ιδιαίτερα του Bitcoin και του Ethereum, προκαλώντας μια κριτική εξέταση για το εάν η κατάσταση είναι έτοιμη να βελτιωθεί ή να επιδεινωθεί. Ενώ το ποσοστό της παγκόσμιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που αποδίδεται στο Bitcoin (0.58%) και στο Ethereum (0.23%) μπορεί να φαίνεται σχετικά μέτριο, οι επακόλουθες ετήσιες εκπομπές άνθρακα 59.48 Mt και 25.95 Mt, αντίστοιχα, δεν μπορούν να παραβλεφθούν. Αυτές οι εκπομπές είναι ισοδύναμες με εκείνες ολόκληρων εθνών, με τις εκπομπές του Bitcoin συγκρίσιμες με τις

εκπομπές της Σουηδίας και του Ethereum σχεδόν αντίστοιχες με την παραγωγή της Ρουμανίας. Τέτοια σημαντικά αποτυπώματα άνθρακα υπογραμμίζουν τις οικολογικές συνέπειες των λειτουργιών κρυπτονομισμάτων.

Σε αυτές τις ανησυχίες περιπλέκεται η ραγδαία ανάπτυξη της αγοράς κρυπτονομισμάτων, με 1587 τύπους νομισμάτων και κεφαλαιοποίηση 432 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Αυτή η αναπτυξιακή τροχιά συνεπάγεται μια πιθανή αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών, καθώς το οικοσύστημα συνεχίζει να επεκτείνεται και να εξελίσσεται. Επιπλέον, η αποκάλυψη ότι μόνο το Bitcoin εξέπεμψε περίπου 69 MtCO₂e το 2017 είναι μια απογοητευτική υπενθύμιση των σοβαρών επιπτώσεων της ανεξέλεγκτης ανάπτυξης κρυπτονομισμάτων στην υπερθέρμανση του πλανήτη.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε τις εγγενείς προκλήσεις στην ακριβή μέτρηση του τοπίου των κρυπτονομισμάτων. Η κρυπτογράφηση και η αποκεντρωμένη φύση αυτών των νομισμάτων καθιστούν δύσκολη την ακριβή εξακρίβωση του πραγματικού αριθμού των ανθρακωρύχων και της γεωγραφικής τους θέσης. Αυτή η έλλειψη διαφάνειας προσθέτει ένα στρώμα αβεβαιότητας στις προβλέψεις σχετικά με τη χρήση ενέργειας και τις εκπομπές.

Λαμβάνοντας υπόψη αυτούς τους παράγοντες, γίνεται προφανές ότι η κατάσταση δείχνει πως έχει τάση να επιδεινωθεί. Η ταχεία εξάπλωση των ψηφιακών νομισμάτων, σε συνδυασμό με τις σημαντικές ενεργειακές τους απαιτήσεις, απειλεί να κλιμακώσει τις επιπτώσεις στην υπερθέρμανση του πλανήτη και στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Επομένως, είναι επιτακτική ανάγκη να ληφθούν προληπτικά μέτρα για τον περιορισμό αυτών των δυσμενών επιπτώσεων και την προώθηση της υιοθέτησης πιο βιώσιμων εναλλακτικών λύσεων στη βιομηχανία κρυπτονομισμάτων.

3.4.3. Βελτίωση προβλημάτων

Πράγματι, με βάση τη βιβλιογραφία, υπάρχουν απτές ενέργειες που μπορούν να ληφθούν για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων που θέτει το κρυπτονομίσματα, όπως περιγράφεται στις παρεχόμενες πληροφορίες.

Η τεχνολογία Blockchain, η οποία στηρίζει τα κρυπτονομίσματα, προσφέρει μια πιθανή οδό για την αντιμετώπιση των ζητημάτων που σχετίζονται με την υπερθέρμανση του πλανήτη και τις συνακόλουθες περιβαλλοντικές συνέπειες. Υπόσχεται τη μείωση των ανθρωπογενών αερίων του θερμοκηπίου, τη δημιουργία ενός κόσμου χωρίς χαρτί, τον μετριασμό της αποψίλωσης των δασών και την επανάσταση στις γεωργικές και κτηνοτροφικές πρακτικές για την προστασία των οικοσυστημάτων. Καθώς ξετυλίγεται το Industry 4.0, που χαρακτηρίζεται από ψηφιοποίηση και τεχνολογική πρόοδο, το blockchain αποτελεί μια ευκαιρία να μετριαστεί ο αντίκτυπος των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο περιβάλλον. Ωστόσο, ένα σημαντικό εμπόδιο σε αυτό το δυναμικό έγκειται στην ενεργοβόρα φύση της εξόρυξης proof of work, η οποία συμβάλλει σημαντικά στην περιβαλλοντική βλάβη στον τομέα των κρυπτονομισμάτων. Τα επείγοντα και αποφασιστικά μέτρα είναι απαραίτητα για την αποτροπή περαιτέρω περιβαλλοντικών ζημιών που προέρχονται από ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Έχει προταθεί μια σειρά από στρατηγικές για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων. Αυτά περιλαμβάνουν την παροχή κινήτρων για την ανάπτυξη και την υιοθέτηση πράσινων τεχνολογιών, την προώθηση εναλλακτικών λύσεων στο σύστημα PoW, την επιβολή φόρων στις ενεργοβόρες πρακτικές εξόρυξης και τη μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η κρατική παρέμβαση κρίνεται απαραίτητη για την εσωτερίκευση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

της εξόρυξης Bitcoin και τη διευκόλυνση της στροφής προς εναλλακτικές λύσεις λιγότερο έντασης ενέργειας. Η συμβολή της κρατικής παρέμβασης, των σαφών οδηγιών πολιτικής και των φορολογικών κινήτρων αποκτά ύψιστη σημασία για την προώθηση αλλαγών συμπεριφοράς μεταξύ των εξορυκτών και των προγραμματιστών τεχνολογίας blockchain, επιτυγχάνοντας μια βιώσιμη ισορροπία μεταξύ του οικονομικού δυναμικού και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ταυτόχρονα, είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωριστεί η σημασία της ακριβούς πρόβλεψης της κατανάλωσης ενέργειας για την αποτελεσματική διαχείριση ενέργειας, ιδιαίτερα στα κτίρια. Εδώ, το πλαίσιο βαθιάς μάθησης kCNN-LSTM αναδεικνύεται ως ένα πολύτιμο εργαλείο, που διευκολύνει την ακριβή πρόβλεψη της κατανάλωσης ενέργειας και τη λήψη ενημερωμένων αποφάσεων, τόσο σε επίπεδο ηλεκτρικού δικτύου όσο και σε επίπεδο χρήστη. Εν ολίγοις, ενώ τα περιβαλλοντικά προβλήματα που σχετίζονται με τα κρυπτονομίσματα είναι απτά, η συνταγή για τον μετριασμό βρίσκεται σε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που περιλαμβάνει την τεχνολογική καινοτομία, την παρέμβαση πολιτικής και τις πρακτικές βιώσιμης ενέργειας.

3.4.4. Οπτικοποίηση δεδομένων σε καθημερινή βάση

Τα δεδομένα που παρουσιάζονται στην παρεχόμενη βιβλιογραφία δεν βασίζονται κυρίως στην οπτικοποίηση μετρήσεων που σχετίζονται με κρυπτονομίσματα σε καθημερινή βάση, αλλά υιοθετούν μια ευρύτερη, πιο μακροπρόθεσμη προοπτική.

Τα αποσπάσματα προσφέρουν πληροφορίες για τις σωρευτικές και συνεχείς επιπτώσεις των δραστηριοτήτων κρυπτονομισμάτων, όπως η εξόρυξη Bitcoin και Ethereum, στο περιβάλλον για εκτεταμένες περιόδους. Αυτή η προσέγγιση είναι εμφανής στις εκτιμήσεις των ετήσιων εκπομπών άνθρακα, της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και της κατανάλωσης ενέργειας για συγκεκριμένα χρόνια, όπως το 2017. Επιπλέον, τα δεδομένα υπογραμμίζουν τις γενικές επιπτώσεις των εργασιών κρυπτονομισμάτων, συμπεριλαμβανομένης της συμβολής τους στην υπερθέρμανση του πλανήτη και τη συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου για χιλιετίες. Γενικότερα, οι αναφερόμενες έρευνες, που επικεντρώνονται σε ευρύτερους αριθμούς και μακροπρόθεσμες τάσεις, υπογραμμίζουν τις εκτεταμένες και διαρκείς συνέπειες των πρακτικών κρυπτονομισμάτων αντί να προσφέρουν μια καθημερινή εικόνα των δεδομένων.

4. Έρευνα και Μεθοδολογία

Αυτή η έρευνα προσπαθεί να διερευνήσει την περίπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας της εξόρυξης Bitcoin, των εκπομπών άνθρακα που προκύπτουν και της σχετικής σημασίας τους στο ευρύτερο πλαίσιο των καθημερινών παγκόσμιων εκπομπών CO₂.

Η κύρια εστίαση στο Bitcoin πηγάζει από την κατάστασή του ως το πιο διαδεδομένο κρυπτονόμισμα, καθιστώντας το κατάλληλο εκπρόσωπο για τη μέτρηση πιθανών μελλοντικών τάσεων. Χρησιμοποιώντας μια αυστηρή υπολογιστική προσέγγιση, web-scraping, την ανάλυση δεδομένων και την οπτικοποίηση, η μελέτη επιδιώκει να διακρίνει ποσοτικά τον οικολογικό αντίκτυπο της εξόρυξης Bitcoin σε καθημερινή βάση. Συγκεκριμένα, η έρευνα υπογραμμίζει τον κεντρικό ρόλο των αξιόπιστων πηγών δεδομένων και προσφέρει διαφοροποιημένες γνώσεις για τη βελτίωση των μεθοδολογιών μέτρησης για την επίτευξη βελτιωμένης ακρίβειας. Ο πρωταρχικός στόχος είναι να προωθηθεί μια εμπειρικά τεκμηριωμένη κατανόηση των επιπτώσεων των ενεργοβόρων ενεργειών του Bitcoin, ενισχύοντας τη συζήτηση για βιώσιμες πρακτικές κρυπτονομισμάτων.

Τα κρυπτονομίσματα έχουν αναδειχθεί ως μετασχηματιστική δύναμη στο παγκόσμιο οικονομικό τοπίο, με το Bitcoin να ηγείται του πακέτου λόγω της ευρείας υιοθέτησής του. Ωστόσο, όπως επιβεβαιώνει και η παραπάνω βιβλιογραφία, έχουν προκύψει ανησυχίες σχετικά με την εκτεταμένη κατανάλωση ενέργειας που σχετίζεται με τη διαδικασία εξόρυξης, προκαλώντας συζητήσεις σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της. Αυτή η μελέτη αντιμετωπίζει αυτές τις ανησυχίες υιοθετώντας ένα ολοκληρωμένο υπολογιστικό πλαίσιο που αξιοποιεί τεχνολογικά εργαλεία για να εμβαθύνει στην περίπλοκη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας της εξόρυξης Bitcoin, των εκπομπών άνθρακα και της αναλογίας τους σε σχέση με τις ημερήσιες παγκόσμιες εκπομπές CO₂.

Η επιλογή του Bitcoin ως το επίκεντρο αυτής της έρευνας καθοδηγείται από την υπεροχή του στο οικοσύστημα των κρυπτονομισμάτων. Ως το πρωτοποριακό ψηφιακό νόμισμα, το Bitcoin απολαμβάνει την ευρύτερη βάση χρηστών και το δίκτυο εξόρυξης, προσφέροντας πληροφορίες για πιθανές μελλοντικές τάσεις στη σφαίρα των κρυπτονομισμάτων. Αναλύοντας το οικολογικό αποτύπωμα του Bitcoin, η μελέτη ρίχνει φως στις πιθανές επιπτώσεις του για βιώσιμες πρακτικές στο ευρύτερο τοπίο των κρυπτονομισμάτων.

Η μεθοδολογία της έρευνας βασίζεται σε τρεις πυλώνες: συλλογή δεδομένων, ανάλυση και οπτικοποίηση. Μέσω τεχνικών web scraping, βασικά δεδομένα σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin και τις ημερήσιες παγκόσμιες εκπομπές CO₂ εξάγονται από αξιόπιστες διαδικτυακές πηγές. Αυτά τα σημεία δεδομένων χρησιμεύουν ως βάση για μεταγενέστερη ανάλυση, όπου υπολογίζεται σχολαστικά η συσχέτιση μεταξύ της χρήσης ενέργειας του Bitcoin και των εκπομπών του άνθρακα. Αυτή η ποσοτική αξιολόγηση συνοδεύεται από τεχνικές οπτικοποίησης που αποστάζουν πολύπλοκα σύνολα δεδομένων σε κατανοητές μορφές, διευκολύνοντας τη διαισθητική κατανόηση της σχέσης.

Μια βασική πτυχή που υπογραμμίζεται από αυτή την έρευνα είναι η σημασία των αξιόπιστων πηγών δεδομένων. Αναγνωρίζοντας την εγγενή μεταβλητότητα στα διαδικτυακά δεδομένα, η μελέτη προσπαθεί να βελτιώσει την ακρίβεια των ευρημάτων της υιοθετώντας πιο ισχυρές πηγές και, σε ορισμένες περιπτώσεις, καταφεύγοντας στη μη αυτόματη εισαγωγή δεδομένων. Αυτή η έμφαση στην ποιότητα των δεδομένων υπογραμμίζει τον αυστηρό χαρακτήρα της έρευνας και τη δέσμευσή της να παρέχει αξιόπιστες πληροφορίες.

Συνοπτικά, αυτή η έρευνα ξεκινά μια εμπειρική διερεύνηση του οικολογικού αντίκτυπου της εξόρυξης Bitcoin στο ευρύτερο πλαίσιο των παγκόσμιων εκπομπών CO₂. Υιοθετώντας μια ποσοτική

προσέγγιση που υποστηρίζεται από τεχνολογικά εργαλεία, η μελέτη συμβάλλει στη συζήτηση για βιώσιμες πρακτικές κρυπτονομισμάτων. Η εις βάθος ανάλυση της κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin, των εκπομπών άνθρακα και της σχέσης τους με τις ημερήσιες παγκόσμιες εκπομπές CO₂ αποτελεί ενημέρωση των συνεχιζόμενων συζητήσεων σχετικά με τις περιβαλλοντικές ανταλλαγές που σχετίζονται με τα ψηφιακά νομίσματα.

4.1. Μεθοδολογία έρευνας και σύγκριση με βιβλιογραφία

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την έρευνα διαφέρει σημαντικά από πολλές άλλες μελέτες που έχουν διερευνήσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των κρυπτονομισμάτων. Συγκεκριμένα, αυτή η έρευνα εστιάζει στην κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin και τις προκύπτουσες εκπομπές CO₂ σε καθημερινή βάση, με στόχο να παρέχει μια ολοκληρωμένη κατανόηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του κρυπτονομίσματος.

Αντίθετα, μια από τις παραπάνω προσεγγίσεις χρησιμοποίησε προβολές θερμοκρασίας από μοντέλα γήινων συστημάτων (ESM) για την εκτίμηση των εκπομπών CO₂ που απαιτούνται για μια αύξηση θερμοκρασίας 2°C, επικυρώνοντας τις προβολές του μοντέλου με παρατηρούμενες αλλαγές θερμοκρασίας. Ενώ αυτή η μέθοδος εμβαθύνει στη μοντελοποίηση του κλίματος, δεν αξιολογεί άμεσα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του Bitcoin ούτε την κατανάλωση ενέργειας. Αντίθετα, ασχολείται πρωτίστως με τη μεταβολή της θερμοκρασίας ως συνέπεια των εκπομπών CO₂. Ομοίως, μια άλλη μελέτη ανέλυσε τις εκπομπές άνθρακα του Bitcoin υπολογίζοντας την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται για την επίλυση κάθε μπλοκ και υπολογίζοντας τις εκπομπές άνθρακα με βάση τον τύπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορες χώρες. Αυτή η προσέγγιση διαφέρει σημαντικά από αυτήν την έρευνα, η οποία αξιολογεί άμεσα τις εκπομπές CO₂ του Bitcoin λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα καθημερινής κατανάλωσης ενέργειας και τη συσχέτισή τους με τα επίπεδα CO₂.

Επιπλέον, μια μελέτη εξέτασε την αιτιώδη σχέση μεταξύ της ζήτησης κρυπτονομισμάτων και της περιβαλλοντικής υποβάθμισης χρησιμοποιώντας τεστ αιτιότητας. Αν και διορατική, αυτή η έρευνα λαμβάνει μια μακροοικονομική προοπτική για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των κρυπτονομισμάτων χωρίς να ποσοτικοποιεί την κατανάλωση ενέργειας ή τις εκπομπές CO₂. Μια άλλη μελέτη αξιολόγησε την κατανάλωση ενέργειας και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα πολλών κρυπτονομισμάτων λαμβάνοντας υπόψη τους ρυθμούς κατακερματισμού δικτύου και τους παράγοντες εκπομπής ανά χώρα. Αν και παρέχει μια ευρεία σύγκριση διαφόρων κρυπτονομισμάτων, δεν εμβαθύνει στο ίδιο επίπεδο λεπτομέρειας σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του Bitcoin όπως αυτή η έρευνα, η οποία επικεντρώνεται αποκλειστικά στο Bitcoin. Επιπλέον, μια μελέτη εξέτασε συγκεκριμένα την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές άνθρακα της εξόρυξης Monero πραγματοποιώντας πειράματα με εξοπλισμό εξόρυξης. Αν και αυτό προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για ένα κρυπτονόμισμα, το εύρος της έρευνας διαφέρει από αυτήν τη μελέτη, η οποία εξετάζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του Bitcoin πιο ολοκληρωμένα. Τέλος, μια μελέτη συνέλεξε δεδομένα σχετικά με τα ποσοστά εκπομπών και τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κέρμα που δημιουργήθηκε για διάφορα κρυπτονομίσματα. Ενώ αυτή η προσέγγιση ποσοτικοποιεί τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο πολλών κρυπτονομισμάτων, δεν παρέχει το ίδιο βάθος ανάλυσης με την παρούσα έρευνα.

Συμπερασματικά, αυτή η έρευνα διακρίνεται αξιολογώντας άμεσα την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές CO₂ του Bitcoin, προσφέροντας μια εστιασμένη και λεπτομερή προοπτική για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτού του εξέχοντος κρυπτονομίσματος. Η παρούσα έρευνα διαπρέπει στο

να παρέχει μια ολοκληρωμένη και εξαιρετικά λεπτομερή ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του Bitcoin, ξεχωρίζοντας από άλλες μελέτες. Μετρώντας άμεσα την ημερήσια κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin και τη συσχέτισή του με τις εκπομπές CO₂, αυτή η έρευνα προσφέρει μια λεπτομερή κατανόηση του αποτυπώματος άνθρακα του κρυπτονομίσματος. Ενώ άλλες μελέτες μπορεί να διερευνήσουν ευρύτερες οικονομικές ή κλιματικές πτυχές μοντελοποίησης, αυτή η έρευνα ακονίζει τις συγκεκριμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις του Bitcoin, καθιστώντας το μια πολύτιμη συμβολή στον τομέα της έρευνας βιωσιμότητας κρυπτονομισμάτων.

4.2. Ανάλυση κώδικα

Αυτό το κεφάλαιο περιγράφει τη συνολική μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τη διερεύνηση της περίπλοκης σχέσης μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας της εξόρυξης Bitcoin, των εκπομπών άνθρακα που προκύπτουν και του αναλογικού αντίκτυπού τους στις παγκόσμιες ημερήσιες εκπομπές CO₂. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει διακριτά στάδια συλλογής δεδομένων, ανάλυσης και οπτικοποίησης, που ενισχύονται από τον κώδικα που παρουσιάζεται εδώ. Αυτό το κεφάλαιο παρέχει μια λεπτομερή έκθεση για κάθε στάδιο, υπογραμμίζοντας τα αναλυτικά και τεχνικά βήματα που έγιναν για την επίτευξη των στόχων της μελέτης.

Η φάση συλλογής δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας για την απόκτηση ακριβών και αντιπροσωπευτικών πληροφοριών σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin και τις παγκόσμιες εκπομπές CO₂. Το παρακάτω Python script ενσωματώνει αυτή τη φάση μέσω μιας σειράς συναρτήσεων και τεχνικών web-scraping, οι οποίες αποτελούν συλλογικά το θεμέλιο της απόκτησης δεδομένων.

4.2.1. Συλλογή δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας Bitcoin

Η συνάρτηση «`scrape_energy_consumption`» ενορχηστρώνει την ανάκτηση των δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin από την ιστοσελίδα «<https://ccaf.io/cbnsi/cbeci>»². Ο κώδικας χρησιμοποιεί βιβλιοθήκες όπως οι `requests`, `BeautifulSoup` και `lxml` για την εκκίνηση ενός αιτήματος GET στον ιστότοπο, αναλύοντας στη συνέχεια το περιεχόμενο HTML για την εξαγωγή της τιμής κατανάλωσης ενέργειας. Οι εκφράσεις XPath χρησιμοποιούνται για την πλοήγηση στο δέντρο HTML και τον εντοπισμό της σχετικής τιμής. Η εξαγόμενη κατανάλωση ενέργειας στη συνέχεια μετατρέπεται σε μια αριθμητική αναπαράσταση, μετρούμενη σε γιγαβάτ (GW), συλλαμβάνοντας εύστοχα την ισχύ που ασκείται στις δραστηριότητες εξόρυξης Bitcoin.

4.2.2. Συλλογή δεδομένων ημερήσιων παγκόσμιων επιπέδων CO₂

Η συνάρτηση «`scrape_daily_co2_levels`» είναι καθοριστική για την απόκτηση των παγκόσμιων ημερήσιων επιπέδων CO₂, απαραίτητα για την κατανόηση των οικολογικών επιπτώσεων της εξόρυξης Bitcoin. Αρχικά, η συνάρτηση σχεδιάστηκε για να εξάγει αυτά τα δεδομένα από το «<https://www.co2.earth/daily-co2>»³. Ωστόσο, η αναξιοπιστία αυτής της πηγής έθετε προκλήσεις, καθώς περιστασιακά της έλειπε η ημερήσια τιμή CO₂, με αποτέλεσμα να διακυβεύεται η ακρίβεια της έρευνας. Επιπλέον, η απουσία συνεπών δεδομένων εμπόδισε την απρόσκοπτη μετατροπή των τιμών CO₂ από ppm σε μετρικούς τόνους.

² <https://ccaf.io/cbnsi/cbeci>

³ <https://www.co2.earth/daily-co2>

Ως λύση σε αυτά τα ζητήματα, η έρευνα επικεντρώθηκε σε μια πιο αξιόπιστη πηγή δεδομένων, «<https://carbonmonitor.org/>»⁴. Αυτή η νέα πηγή όχι μόνο παρείχε μια ολοκληρωμένη προοπτική για τις εκπομπές CO₂ αλλά διευκόλυνε επίσης τη μετατροπή από ppm σε μετρικούς τόνους. Για να αντιμετωπιστεί η έλλειψη αξιόπιστων ημερήσιων πληροφοριών για το CO₂, υιοθετήθηκε μια συνετή προσέγγιση, η οποία συνεπάγεται τη μη αυτόματη εισαγωγή δεδομένων όπου ήταν απαραίτητο. Αυτή η σχολαστική προσπάθεια εξασφάλισε την πληρότητα και την ακρίβεια του συνόλου δεδομένων.

Τεχνικοί ελιγμοί, όπως η αξιοποίηση της βιβλιοθήκης selenium και η χρήση Firefox WebDriver, επέτρεψαν τη δυναμική πλοήγηση στο «<https://carbonmonitor.org/>». Η λειτουργικότητα του WebDriver αξιοποιήθηκε για να διασφαλιστεί η πλήρης φόρτωση του στοιχείου επιπέδου CO₂, βελτιώνοντας έτσι την ακρίβεια των δεδομένων. Χρησιμοποιώντας τεχνικές ανάλυσης HTML παρόμοιες με την προηγούμενη συνάρτηση, το σενάριο εξήγαγε την ημερήσια τιμή CO₂ σε μετρικούς τόνους από την ιστοσελίδα. Η μετέπειτα μετατροπή αυτής της αριθμητικής τιμής σε αναπαράσταση κινητής υποδιαστολής διευκόλυνε περαιτέρω την ενσωμάτωση των δεδομένων στο αναλυτικό πλαίσιο της έρευνας.

Ουσιαστικά, η συνάρτηση «`scrape_daily_co2_levels`» ενσωματώνει την προσαρμοστικότητα και την αποφασιστικότητα της έρευνας να διασφαλίσει την ακρίβεια των δεδομένων. Η μετάβαση σε μια αξιόπιστη πηγή δεδομένων και η εισαγωγή της μη αυτόματης εισαγωγής δεδομένων υπογραμμίζουν τη δέσμευση για παροχή ισχυρών και ακριβών γνώσεων σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εξόρυξης Bitcoin. Αυτή η αναθεωρημένη προσέγγιση διασφαλίζει ότι κάθε καταγεγραμμένη τιμή CO₂ είναι ακριβής και περιεκτική, αυξάνοντας έτσι τη συνολική εγκυρότητα των ευρημάτων της έρευνας.

4.2.3. Υπολογισμός της συνεισφοράς CO₂ του Bitcoin

Η συνάρτηση «`calculate_bitcoin_co2`» αναλαμβάνει έναν κρίσιμο υπολογισμό, εκτιμώντας τις εκπομπές άνθρακα του Bitcoin χρησιμοποιώντας μια συσχέτιση μετατροπής. Ο συντελεστής συσχέτισης, $557.76 / (10^{*}6)$, [44], χρησιμοποιείται για τη μετατροπή γραμμαρίων CO₂ που εκπέμπεται ανά κιλοβατώρα (gCO₂/kWh) σε μεγατόνους CO₂ που εκπέμπονται ανά γιγαβατώρα (MtCO₂/gWh). Αυτός ο υπολογισμός ποσοτικοποιεί αποτελεσματικά τη συνεισφορά CO₂ του Bitcoin με βάση την ενεργειακή του κατανάλωση, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κρυπτονομίσματος.

4.2.4.1 Διαδικασίες Ανάλυσης Δεδομένων και Οπτικοποίησης

Οι επόμενες ενότητες του κώδικα συγχωνεύουν τα αποκτηθέντα δεδομένα και τις υπολογισμένες τιμές, καταλήγοντας σε μια ολοκληρωμένη ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της εξόρυξης Bitcoin. Ο κώδικας καθορίζει την τρέχουσα ημερομηνία και υπολογίζει την ημερομηνία της προηγούμενης ημέρας, διευκολύνοντας τη δημιουργία συμφραζομένων των δεδομένων με χρονολογική σειρά. Η μεταβλητή «`rounded_percentage`» υποδηλώνει το ποσοστό των εκπομπών CO₂ του Bitcoin σε σχέση με τις παγκόσμιες ημερήσιες εκπομπές CO₂, υπογραμμίζοντας περαιτέρω την οικολογική του σημασία. Στη συνέχεια, η συνάρτηση «`save_data_to_database`» διευκολύνει την αποθήκευση των σχετικών δεδομένων σε μια βάση δεδομένων SQLite, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα των δεδομένων.

⁴ <https://carbonmonitor.org/>

4.2.4.2 Οπτικοποίηση όλων των δεδομένων σε έναν πίνακα

Η συνάρτηση «visualize_all_data_table» αποτελεί βασικό στοιχείο στη φάση ερμηνείας των δεδομένων της έρευνας, υλοποιώντας τις συλλεγόμενες γνώσεις σε μια κατανοητή και δομημένη οπτική αναπαράσταση. Αυτή η λειτουργία, που υποστηρίζεται από τις βιβλιοθήκες panda και matplotlib, χρησιμεύει ως γέφυρα μεταξύ των ακατέργαστων δεδομένων και των ενεργών γνώσεων, προσφέροντας ένα από μέσο για την αντίληψη της περίπλοκης αλληλεπίδρασης μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin, των εκπομπών άνθρακα και της σχέσης τους με τις παγκόσμιες εκπομπές CO₂.

Μια αξιοσημείωτη τροποποίηση εισήχθη σε αυτή τη διαδικασία οπτικοποίησης για να βελτιωθεί η σαφήνεια και η κατανόηση. Υπό το φως της εστίασης της έρευνας στις ενεργοβόρες δραστηριότητες του Bitcoin, η συμπερίληψη της τιμής κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin ενισχύει την αφήγηση του οπτικού πίνακα. Αυτή η στρατηγική προσαρμογή τονίζει τις οικολογικές προεκτάσεις της εξόρυξης Bitcoin αντιπαραθέτοντας την κατανάλωση ενέργειας έναντι των εκπομπών άνθρακα που προκύπτουν.

Αξιοποιώντας τις δυνατότητες της βιβλιοθήκης pandas, η συνάρτηση οργανώνει συστηματικά τα συσσωρευμένα δεδομένα σε μια μορφή δομημένου πίνακα. Οι στήλες περιλαμβάνουν κρίσιμα στοιχεία, δηλαδή «Ημερομηνία», «Επίπεδα CO₂», «CO₂ Bitcoin» και «Σχέση ποσοστού». Αυτή η οργάνωση διευκολύνει την ολιστική κατανόηση των πρωταρχικών μεταβλητών της έρευνας και τη χρονική τους εξέλιξη. Η συμπερίληψη της στήλης «Σχέση ποσοστού», η οποία έχει μορφοποιηθεί ώστε να ενσωματώνει το σύμβολο ποσοστού, επιτρέπει την άμεση κατανόηση του αναλογικού αποτυπώματος άνθρακα του Bitcoin σχετικά με τις παγκόσμιες εκπομπές CO₂.

Ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό της συνάρτησης «visualize_all_data_table» είναι η ικανότητά της να απλοποιεί τη χρονολογία των σημείων δεδομένων. Η χρονική διάσταση της έρευνας διατηρείται μέσω της χρονολογικής ταξινόμησης του πίνακα, προσφέροντας μια οπτική αφήγηση που προχωρά απρόσκοπτα στο χρόνο. Αυτό το στοιχείο ευθυγραμμίζεται με τον πρωταρχικό στόχο της έρευνας να παρουσιάσει μια ολοκληρωμένη απεικόνιση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου του Bitcoin σε διαφορετικά χρονικά πλαίσια.

Η βιβλιοθήκη matplotlib χρησιμεύει ως καταλύτης για τη διαδικασία οπτικοποίησης, ενδυναμώνοντας τη δημιουργία ενός οπτικού πίνακα που είναι συνοπτικός και προσβάσιμος. Αυτή η οπτική παρουσίαση υπερβαίνει απλές αριθμητικές τιμές, ενσωματώνοντας τάσεις, μοτίβα και ανισότητες που διακρίνονται με μια ματιά. Συγχωνεύοντας δεδομένα από διάφορες πηγές και επαναβαθμονομώντας την προσέγγιση οπτικοποίησης για την ενθυσιαστική κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin, η συνάρτηση «visualize_all_data_table» υπογραμμίζει τη συνέργεια μεταξύ τεχνικής ακρίβειας και ερμηνευτικής σαφήνειας.

4.2.4.3 Ανάκτηση και οπτικοποίηση όλων των δεδομένων

Η τελευταία φάση του κώδικα χαρακτηρίζεται από την ανάκτηση και την οπτικοποίηση των συγκεντρωμένων δεδομένων, παρέχοντας μια ολιστική επισκόπηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του Bitcoin με την πάροδο του χρόνου. Αυτό το συμπέρασμα περιλαμβάνει δύο αλληλένδετες λειτουργίες, το «get_all_data» και το «visualize_all_data_table».

Η συνάρτηση «get_all_data» ενσωματώνει την ανάκτηση όλων των σχετικών σημείων δεδομένων από τη βάση δεδομένων SQLite. Λειτουργώντας ως γέφυρα μεταξύ του αποθηκευμένου συνόλου δεδομένων και της επακόλουθης οπτικοποίησης, αυτή η συνάρτηση χρησιμοποιεί ένα δομημένο ερώτημα για πρόσβαση στον πίνακα «daily_data» μέσα στη βάση δεδομένων. Τα δεδομένα

που ανακτώνται περιλαμβάνουν βασικές παραμέτρους όπως «Ημερομηνία», «Επίπεδα CO₂», «CO₂ Bitcoin» και «Σχέση ποσοστού». Ενσωματώνοντας αυτές τις βασικές μεταβλητές, η συνάρτηση προετοιμάζει τις βάσεις για τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης επισκόπησης των ευρημάτων της έρευνας.

Με τα ανακτημένα δεδομένα στη διάθεσή του, η συνάρτηση «visualize_all_data_table» ενεργοποιείται για την απόσταξη του ολοκληρωμένου συνόλου δεδομένων σε μια οπτικά ενημερωτική μορφή. Η συνάρτηση αξιοποιεί τις δυνατότητες των βιβλιοθηκών panda και matplotlib για να δημιουργήσει μια οπτική αναπαράσταση των συσσωρευμένων δεδομένων. Αυτή η αναπαράσταση υλοποιείται ως δομημένος πίνακας, όπου οι στήλες αντιστοιχούν στις βασικές μεταβλητές—«Ημερομηνία», «Επίπεδα CO₂», «CO₂ Bitcoin» και «Σχέση ποσοστού».

Η χρονολογική οργάνωση του πίνακα ενισχύει την κατανόηση των τάσεων και των προτύπων που έχουν εμφανιστεί με την πάροδο του χρόνου. Επιπλέον, η συμπερίληψη των δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin ενισχύει την επεξηγηματική δύναμη της οπτικής αναπαράστασης, παρέχοντας μια απτή σύνδεση μεταξύ της ενεργειακής δαπάνης και των εκπομπών άνθρακα. Η στήλη «Σχέση ποσοστού», διαμορφωμένη ώστε να ενσωματώνει τα ποσοστά, διευκολύνει την άμεση κατανόηση της αναλογικής συμβολής του Bitcoin στις παγκόσμιες εκπομπές CO₂.

Στην ουσία, η συνάρτηση «visualize_all_data_table» παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη και ολιστική εικόνα των ευρημάτων της έρευνας. Ενσωματώνοντας την ανάκτηση και την οπτικοποίηση δεδομένων σε μια ενιαία τελική ακολουθία, το σενάριο ενισχύει μια συνεργιστική σχέση μεταξύ τεχνικής ακρίβειας και ερμηνευτικής σαφήνειας. Αυτή η οπτικοποίηση δεδομένων, που βασίζεται στη μεθοδολογική αυστηρότητα του σεναρίου, αποτελεί απόδειξη της δέσμευσης της έρευνας να δημιουργήσει γνώσεις που είναι και ενημερωμένες και προσβάσιμες.

4.2.5. Σκοπός και Εφαρμογή της Μεθοδολογίας

Ο πρωταρχικός στόχος στον οποίο βασίζεται η εφαρμογή αυτής της σχολαστικής μεθοδολογίας είναι να συγκεντρώσει βαθιές γνώσεις σχετικά με τις οικολογικές επιπτώσεις των κρυπτονομισμάτων, με ιδιαίτερη εστίαση στην περίοδο από τον Ιανουάριο έως την κορύφωση του Ιουλίου του έτους 2023. Καθοδηγούμενη από μια σχολαστική προσέγγιση βάσει δεδομένων και ενισχυμένη από την ενσωμάτωση ακριβών και σύγχρονων πληροφοριών, αυτή η έρευνα προσπαθεί να παράσχει την ανάλυση του κεντρικού ρόλου που διαδραματίζουν τα κρυπτονομίσματα στο πλαίσιο της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Χάρη σε αυτήν την περιεκτική έρευνα, το ληφθέν σύνολο δεδομένων, σε συνδυασμό με τις υπολογισμένες ποσοστιαίες σχέσεις, αναλαμβάνει καθοριστικό ρόλο στην αύξηση της ευαισθητοποίησης σχετικά με τις περιβαλλοντικές συνέπειες που προκύπτουν από τη χρήση κρυπτονομισμάτων.

4.3. Αποτελέσματα έρευνας

Το αποκορύφωμα της σχολαστικής συλλογής δεδομένων, της αυστηρής ανάλυσης και των προσπαθειών ολοκληρωμένης οπτικοποίησης έχει αποφέρει μια σειρά από γνώσεις σχετικά με την περίπλοκη σχέση μεταξύ του κρυπτονομίσματος, ιδιαίτερα του Bitcoin, και των περιβαλλοντικών του επιπτώσεων. Αυτό το κεφάλαιο αποκαλύπτει τα εμπειρικά ευρήματα που υπογραμμίζουν το οικολογικό αποτύπωμα των κρυπτονομισμάτων, ρίχνοντας φως στον ρόλο τους στο πλαίσιο των παγκόσμιων εκπομπών CO₂. Μέσα από μια λεπτή εξερεύνηση της κατανάλωσης ενέργειας, των εκπομπών άνθρακα

και του ανάλογου αντίκτυπού τους, αυτό το κεφάλαιο διευκρινίζει τις απτές επιπτώσεις των δραστηριοτήτων κρυπτονομισμάτων στο κοινό περιβάλλον μας. Τα αποτελέσματα της έρευνας που παρουσιάζονται εδώ αποτελούν απόδειξη της μεθοδολογικής ακρίβειας που χρησιμοποιείται, συμβάλλοντας τελικά σε μια ενημερωμένη συζήτηση γύρω από την περιβαλλοντική βιωσιμότητα του εξελισσόμενου τοπίου των κρυπτονομισμάτων.

4.3.1. Ανάλυση αποτελεσμάτων

Αρχικά είναι σκόπιμο να παρέχουμε μια προκαταρκτική επισκόπηση των ευρημάτων από τον Ιανουάριο του 2023. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια αυτού του μήνα προσφέρουν ένα στιγμιότυπο της περίπλοκης σχέσης μεταξύ κρυπτονομισμάτων, κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών άνθρακα. Μέσα σε αυτόν τον μήνα, εμφανίζεται ένα ευδιάκριτο μοτίβο, που χαρακτηρίζεται από μια προοδευτική αύξηση τόσο της κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin όσο και των συνεπαγόμενων εκπομπών άνθρακα. Αν και αυτά τα στοιχεία μπορεί να φαίνονται μέτρια σε μεμονωμένη βάση, η σταθερότητα αυτής της σχέσης καθ' όλη τη διάρκεια του μήνα υπογραμμίζει τη διαρκή συμβολή των δραστηριοτήτων κρυπτονομισμάτων στο παγκόσμιο τοπίο εκπομπών CO₂.

Ημερ	Καθ Παγκόσμιο CO2	Καθ CO2 Bitcoin	Καταν Ενέρ Bitcoin	Σχέση
2023-01-01	100.6	0.006	10.15	0.00596%
2023-01-02	104.5	0.006	10.36	0.00574%
2023-01-03	111.1	0.006	10.67	0.00540%
2023-01-04	112.3	0.006	10.35	0.00534%
2023-01-05	113.6	0.006	10.43	0.00528%
2023-01-06	112.2	0.006	10.55	0.00535%
2023-01-07	110.4	0.006	10.45	0.00543%
2023-01-08	107.0	0.006	10.35	0.00561%
2023-01-09	112.1	0.006	10.26	0.00535%
2023-01-10	115.2	0.006	10.4	0.00521%
2023-01-11	114.9	0.006	10.44	0.00522%
2023-01-12	111.9	0.006	10.41	0.00536%
2023-01-13	110.8	0.006	10.25	0.00542%
2023-01-14	108.6	0.006	10.47	0.00552%
2023-01-15	106.1	0.006	10.68	0.00566%
2023-01-16	112.5	0.006	10.87	0.00533%
2023-01-17	116.4	0.006	10.99	0.00515%
2023-01-18	116.3	0.006	11.16	0.00516%
2023-01-19	114.5	0.006	11.32	0.00524%
2023-01-20	114.8	0.006	11.26	0.00523%
2023-01-21	110.8	0.006	11.12	0.00542%
2023-01-22	107.4	0.006	11.19	0.00559%
2023-01-23	113.0	0.006	11.38	0.00531%
2023-01-24	116.5	0.006	11.13	0.00515%
2023-01-25	117.7	0.006	11.57	0.00510%
2023-01-26	115.3	0.007	11.72	0.00607%
2023-01-27	116.6	0.007	12.01	0.00600%
2023-01-28	114.0	0.007	12.39	0.00614%
2023-01-29	107.5	0.007	12.57	0.00651%
2023-01-30	111.5	0.007	12.41	0.00628%
2023-01-31	114.3	0.007	12.32	0.00612%

Εικόνα 2: Ανάλυση συνόλου δεδομένων Ιανουαρίου 2023

Τα πινακοποιημένα δεδομένα, που καλύπτουν τον μήνα Ιανουάριο του 2023, αποκαλύπτουν μια λεπτομερή εικόνα για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ κρυπτονομισμάτων και περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Κάθε σειρά στο σύνολο δεδομένων αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη ημέρα, ενσωματώνοντας βασικές μεταβλητές που υπογραμμίζουν τις οικολογικές επιπτώσεις:

Ο χρονικός δείκτης ευθυγραμμίζει το σύνολο δεδομένων χρονολογικά, προσφέροντας μια δομημένη εξέταση της εξελισσόμενης δυναμικής. Οι καταγεγραμμένοι μετρικοί τόνοι ημερήσιων παγκόσμιων εκπομπών CO₂ παρουσιάζουν μια αισθητή τάση διακύμανσης. Ξεκινώντας από τους 100.6

μετρικούς τόνους την 1η Ιανουαρίου, οι εκπομπές κορυφώνονται στους 117.7 μετρικούς τόνους στις 25 Ιανουαρίου, απεικονίζοντας μεταβλητούς παράγοντες που επηρεάζουν τα επίπεδα CO₂. Οι μετρικοί τόνοι ενέργειας που καταναλώνονται καθημερινά από τις δραστηριότητες εξόρυξης Bitcoin απεικονίζουν μια ανοδική τροχιά, ξεκινώντας από 10.15 μετρικούς τόνους την 1η Ιανουαρίου και κλιμακώνεται σε 12.32 μετρικούς τόνους μέχρι το τέλος του μήνα. Οι εκπομπές άνθρακα που αποδίδονται στην κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin απηχούν την τάση της κατανάλωσης ενέργειας, αυξάνοντας από 0.006 μετρικούς τόνους σε 0.007 μετρικούς τόνους καθ' όλη τη διάρκεια του μήνα.

Η στήλη «Σχέση» αντιπροσωπεύει το ποσοστό των ημερήσιων παγκόσμιων εκπομπών CO₂ που αποδίδονται στις ημερήσιες εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με το Bitcoin. Αυτό το ποσοστό κυμαίνεται κατά τη διάρκεια του μήνα, με τιμές που κυμαίνονται από 0.00515% έως 0.00651%.

Η ανάλυση αυτής της στήλης αποκαλύπτει ότι το αποτύπωμα άνθρακα του Bitcoin σε σχέση με τις παγκόσμιες εκπομπές CO₂ παρουσιάζει κάποια διακύμανση κατά τη διάρκεια του Ιανουαρίου. Ξεκινά από σχετικά χαμηλότερο σημείο και σταδιακά αυξάνεται προς το τέλος του μήνα. Αυτό θα μπορούσε να είναι ενδεικτικό των αλλαγών στις δραστηριότητες εξόρυξης Bitcoin ή στις πηγές ενέργειας κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Μια αξιοσημείωτη άνοδος στην τιμή «Σχέση» στις 28 Ιανουαρίου υποδηλώνει σημαντική αύξηση των εκπομπών που σχετίζονται με το Bitcoin σε σύγκριση με τις παγκόσμιες εκπομπές εκείνης της ημέρας. Η κατανόηση αυτών των διακυμάνσεων είναι ζωτικής σημασίας για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της εξόρυξης Bitcoin και των πιθανών επιπτώσεων της στις παγκόσμιες εκπομπές άνθρακα. Περαιτέρω διερεύνηση των υποκείμενων παραγόντων που οδηγούν αυτές τις αλλαγές είναι απαραίτητη για να αποκτηθεί μια ολοκληρωμένη κατανόηση της σχέσης μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin και των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ κατά τη διάρκεια αυτού του συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου.

Ημέρ	Καθ Παγκόσμιο CO ₂	Καθ CO ₂ Bitcoin	Καταν Ενέρ Bitcoin	Σχέση
2023-02-01	110.9	0.007	11.98	0.00631%
2023-02-02	113.2	0.007	11.99	0.00618%
2023-02-03	112.7	0.007	11.86	0.00621%
2023-02-04	110.6	0.006	11.59	0.00542%
2023-02-05	104.0	0.006	11.53	0.00577%
2023-02-06	109.8	0.007	11.67	0.00638%
2023-02-07	113.3	0.007	12.02	0.00618%
2023-02-08	114.5	0.007	12.01	0.00611%
2023-02-09	115.6	0.007	12.16	0.00606%
2023-02-10	113.7	0.007	12.29	0.00616%
2023-02-11	109.3	0.007	12.41	0.00640%
2023-02-12	105.5	0.007	12.5	0.00664%
2023-02-13	110.5	0.007	12.56	0.00633%
2023-02-14	113.2	0.007	12.67	0.00618%
2023-02-15	113.6	0.007	12.96	0.00616%
2023-02-16	111.7	0.007	13.15	0.00627%
2023-02-17	109.1	0.007	13.36	0.00642%
2023-02-18	106.0	0.008	13.59	0.00755%
2023-02-19	99.7	0.008	13.58	0.00802%
2023-02-20	102.9	0.008	13.48	0.00777%
2023-02-21	107.5	0.008	13.63	0.00744%
2023-02-22	110.7	0.007	13.38	0.00632%
2023-02-23	111.4	0.007	13.31	0.00628%
2023-02-24	110.9	0.007	13.0	0.00631%
2023-02-25	107.5	0.007	12.42	0.00651%
2023-02-26	103.1	0.007	12.72	0.00679%
2023-02-27	108.1	0.007	12.82	0.00648%
2023-02-28	110.9	0.007	12.65	0.00631%

Εικόνα 3: Ανάλυση συνόλου δεδομένων Φεβρουαρίου 2023

Καθώς η εξερεύνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κρυπτονομισμάτων προχωρά, το σύνολο δεδομένων για τον Φεβρουάριο του 2023 φέρνει στο προσκήνιο ένα διευρυμένο πανόραμα πληροφοριών. Τα δεδομένα αυτού του μήνα, που περιλαμβάνουν ημερήσιες μετρήσεις που ενσωματώνουν βασικές μεταβλητές, παρέχουν μια ολοκληρωμένη επισκόπηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των δραστηριοτήτων κρυπτονομισμάτων και της επιρροής τους στις παγκόσμιες εκπομπές CO₂.

Καθ' όλη τη διάρκεια του μήνα, εμφανείς τάσεις αποκαλύπτονται στις στήλες. Τα καταγεγραμμένα στοιχεία «Καθ Παγκόσμιο CO₂» παρουσιάζουν μεταβλητότητα, με τα επίπεδα να κυμαίνονται μεταξύ 99.7 μετρικών τόνων στις και 115.6 μετρικών τόνων. Αυτή η διακύμανση μπορεί να αποδοθεί σε πολύπλευρους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των προτύπων κατανάλωσης ενέργειας και εξωτερικών γεγονότων. Αντίστοιχα, η στήλη «Κατανάλωση ενέργειας Bitcoin» απεικονίζει μια συμπληρωματική τάση. Η κατανάλωση ενέργειας που αποδίδεται στις δραστηριότητες εξόρυξης Bitcoin διασχίζει μια τροχιά που κυμαίνεται από 11.53 μετρικούς τόνους στις 5 Φεβρουαρίου έως 13.63 μετρικούς τόνους στις 21 Φεβρουαρίου. Αυτή η ανοδική τάση είναι συνεπής με την γενική αφήγηση των αυξανόμενων ενεργειακών απαιτήσεων των λειτουργιών κρυπτονομισμάτων.

Αναπόσπαστα συνδεδεμένες με την κατανάλωση ενέργειας, οι εκπομπές CO₂ «Καθημερινά Bitcoin» παρουσιάζουν ένα μοτίβο που αντικατοπτρίζει τις προηγούμενες τάσεις. Τα δεδομένα εκπομπών δείχνουν μια ανάλογη άνοδο, η οποία αυξήθηκε από 0.006 μετρικούς τόνους στις 5 Φεβρουαρίου σε 0.008 μετρικούς τόνους στις 18 και 20 Φεβρουαρίου και τελικά σταθεροποιήθηκε στους 0.007 μετρικούς τόνους προς το τέλος του μήνα.

Σε συνδυασμό με τη στήλη «Σχέση», αυτά τα στοιχεία τεκμηριώνουν τα ευρήματα από τον Ιανουάριο του 2023. Τον Φεβρουάριο του 2023, η στήλη «Σχέση» συνεχίζει να αντικατοπτρίζει το ποσοστό των ημερήσιων παγκόσμιων εκπομπών CO₂ που αποδίδεται στις ημερήσιες εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με το Bitcoin. Όπως και τον Ιανουάριο, παρατηρείται αισθητή διακύμανση στο ποσοστό όλο τον Φεβρουάριο, που κυμαίνεται από 0.00542% έως 0.00802%.

Συγκρίνοντας τον Φεβρουάριο με τον Ιανουάριο, είναι προφανές ότι το ποσοστό των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ που αποδίδεται στο Bitcoin ποικίλλει σημαντικά τον Φεβρουάριο. Αυτή η παραλλαγή υποδηλώνει μεγαλύτερη αστάθεια στο αποτύπωμα άνθρακα του Bitcoin σε σχέση με τις παγκόσμιες εκπομπές κατά τη διάρκεια αυτού του μήνα. Αξίζει να σημειωθεί ότι στις 18 Φεβρουαρίου σημειώνεται σημαντική αύξηση της τιμής «Σχέση», φθάνοντας το 0.00755%, η οποία θα μπορούσε να οφείλεται στην αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας Bitcoin εκείνη την ημέρα. Προς το τέλος του μήνα το ποσοστό μειώνεται, αλλά παραμένει σχετικά υψηλότερο σε σχέση με τον Ιανουάριο.

Ημερ	Καθ Παγκόσμιο CO2	Καθ CO2 Bitcoin	Καταν Ενέρ Bitcoin	Σχέση
2023-03-01	116.6	0.007	13.19	0.00600%
2023-03-02	117.3	0.007	13.01	0.00597%
2023-03-03	116.3	0.008	13.56	0.00688%
2023-03-04	110.9	0.008	14.13	0.00721%
2023-03-05	106.3	0.008	13.93	0.00753%
2023-03-06	110.6	0.008	13.76	0.00723%
2023-03-07	110.7	0.008	14.05	0.00723%
2023-03-08	111.0	0.008	13.52	0.00721%
2023-03-09	111.1	0.007	13.36	0.00630%
2023-03-10	110.4	0.007	12.88	0.00634%
2023-03-11	107.9	0.007	13.0	0.00649%
2023-03-12	102.2	0.007	13.03	0.00685%
2023-03-13	105.2	0.007	13.35	0.00665%
2023-03-14	109.5	0.007	13.1	0.00639%
2023-03-15	112.1	0.007	13.28	0.00624%
2023-03-16	109.1	0.007	13.27	0.00642%
2023-03-17	108.6	0.008	13.45	0.00737%
2023-03-18	105.5	0.007	13.43	0.00664%
2023-03-19	102.9	0.007	13.29	0.00680%
2023-03-20	106.4	0.007	13.27	0.00658%
2023-03-21	108.2	0.007	13.33	0.00647%
2023-03-22	106.3	0.008	13.56	0.00753%
2023-03-23	105.3	0.008	14.28	0.00760%
2023-03-24	105.7	0.008	14.72	0.00757%
2023-03-25	103.5	0.008	14.8	0.00773%
2023-03-26	99.6	0.008	15.04	0.00803%
2023-03-27	106.0	0.009	15.27	0.00849%
2023-03-28	109.6	0.009	15.36	0.00821%
2023-03-29	107.3	0.009	15.46	0.00839%
2023-03-30	104.6	0.009	15.34	0.00860%
2023-03-31	102.8	0.008	15.11	0.00778%

Εικόνα 4: Ανάλυση συνόλου δεδομένων Μαρτίου 2023

Η εξέταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κρυπτονομισμάτων βαθαίνει καθώς ξετυλίγεται το σύνολο δεδομένων για τον Μάρτιο του 2023, ενισχύοντας την κατανόησή μας για την εξελισσόμενη δυναμική μεταξύ των λειτουργιών κρυπτονομισμάτων και των παγκόσμιων εκπομπών άνθρακα. Συγκρίνοντας αυτό το σύνολο δεδομένων με τους προηγούμενους μήνες, έρχονται στο φως αξιοσημείωτες τάσεις και διακυμάνσεις, υπογραμμίζοντας την περίπλοκη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας, των εκπομπών άνθρακα και της αλληλεπίδρασής τους με το περιβάλλον.

Όπως και τους προηγούμενους μήνες, τα στοιχεία «Καθ Παγκόσμιο CO2» παρουσιάζουν διακύμανση, διασχίζοντας ένα φάσμα από 99.6 μετρικούς τόνους έως 116.6 μετρικούς τόνους. Αυτή η ταλάντωση απηχεί τις διακυμάνσεις που παρατηρήθηκαν τους προηγούμενους μήνες, αντανακλώντας την πολύπλοκη αλληλεπίδραση παραγόντων που επηρεάζουν τα παγκόσμια επίπεδα CO2.

Η στήλη «Καταν Ενέρ Bitcoin» ακολουθεί ένα παρόμοιο μοτίβο, που κυμαίνεται από 12.88 μετρικούς τόνους στις 10 Μαρτίου έως 15.46 μετρικούς τόνους στις 29 Μαρτίου. Αυτό το εύρος υποδηλώνει μια ανοδική τροχιά στην κατανάλωση ενέργειας, η οποία ευθυγραμμίζεται με την γενική αφήγηση των αυξανόμενων ενεργειακών απαιτήσεων στον τομέα των κρυπτονομισμάτων.

Αυτά τα μοτίβα στην κατανάλωση ενέργειας αντικατοπτρίζονται στα δεδομένα εκπομπών CO2 «Ημερήσια Bitcoin». Τα δεδομένα εκπομπών δείχνουν μια παράλληλη άνοδο, που κυμαίνεται από 0.007 μετρικούς τόνους στις 16 Μαρτίου έως 0.009 μετρικούς τόνους στις 27 και 30 Μαρτίου.

Η στήλη «Σχέση» συνεχίζει να παρουσιάζει διακυμάνσεις και τον Μάρτιο. Το ποσοστό κυμαίνεται μεταξύ 0.00597% και 0.00860% κατά τη διάρκεια του μήνα, παρουσιάζοντας ένα κάπως ευρύτερο εύρος σε σύγκριση με τους προηγούμενους δύο μήνες.

Συγκρίνοντας τον Μάρτιο με τον Φεβρουάριο και τον Ιανουάριο, είναι προφανές ότι το ποσοστό των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ που σχετίζονται με το Bitcoin έχει αυξηθεί σημαντικά. Ο Μάρτιος σημείωσε κορύφωση 0.00860% στις 30 Μαρτίου, σημειώνοντας μια αξιοσημείωτη άνοδο στον περιβαλλοντικό αντίκτυπο του Bitcoin σε σχέση με τις παγκόσμιες εκπομπές. Αυτή η αύξηση μπορεί να είναι ενδεικτική της αυξημένης δραστηριότητας εξόρυξης Bitcoin ή των αλλαγών στις πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται για την εξόρυξη. Συγκεκριμένα, η τάση δείχνει μια σταθερή ανοδική τροχιά, υποδηλώνοντας ότι το αποτύπωμα άνθρακα του Bitcoin έγινε πιο έντονο κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου.

Γενικότερα, σε σύγκριση με τα δεδομένα Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου, το σύνολο δεδομένων του Μαρτίου ενισχύει περαιτέρω την κατανόηση της κυκλικής φύσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κρυπτονομισμάτων. Καθώς η ανάλυση δεδομένων προχωρά, αυτές οι περίπλοκες σχέσεις θα συνεχίσουν να συμβάλλουν στην ευρύτερη κατανόηση των οικολογικών επιπτώσεων των πρακτικών κρυπτονομισμάτων.

Ημερ	Καθ Παγκόσμιο CO ₂	Καθ CO ₂ Bitcoin	Καταν Ενέρ Bitcoin	Σχέση
2023-04-01	99.6	0.008	15.04	0.00803%
2023-04-02	97.2	0.008	15.11	0.00823%
2023-04-03	102.6	0.008	14.86	0.00780%
2023-04-04	106.8	0.009	15.28	0.00843%
2023-04-05	107.0	0.008	15.11	0.00748%
2023-04-06	106.3	0.008	15.14	0.00753%
2023-04-07	102.8	0.008	15.15	0.00778%
2023-04-08	98.9	0.009	15.25	0.00910%
2023-04-09	93.5	0.008	15.17	0.00856%
2023-04-10	93.8	0.008	15.05	0.00853%
2023-04-11	100.7	0.008	14.93	0.00794%
2023-04-12	101.5	0.009	15.34	0.00887%
2023-04-13	102.5	0.008	15.16	0.00780%
2023-04-14	103.4	0.008	15.18	0.00774%
2023-04-15	100.5	0.009	15.4	0.00896%
2023-04-16	96.8	0.008	15.15	0.00826%
2023-04-17	100.9	0.009	15.68	0.00892%
2023-04-18	103.4	0.009	15.92	0.00870%
2023-04-19	102.3	0.009	15.6	0.00880%
2023-04-20	103.3	0.009	15.49	0.00871%
2023-04-21	102.8	0.009	15.6	0.00875%
2023-04-22	99.3	0.009	15.5	0.00906%
2023-04-23	97.4	0.009	15.89	0.00924%
2023-04-24	100.2	0.009	15.71	0.00898%
2023-04-25	103.3	0.008	15.07	0.00774%
2023-04-26	104.2	0.008	14.92	0.00768%
2023-04-27	102.4	0.008	14.82	0.00781%
2023-04-28	101.8	0.008	14.77	0.00786%
2023-04-29	97.6	0.008	14.5	0.00820%
2023-04-30	91.6	0.008	14.43	0.00873%

Εικόνα 5: Ανάλυση συνόλου δεδομένων Απριλίου 2023

Το σύνολο δεδομένων του Απριλίου για το 2023 συνεχίζει να αποκαλύπτει την εξελισσόμενη δυναμική μεταξύ των λειτουργιών κρυπτονομισμάτων και των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων. Τα δεδομένα αυτού του μήνα δείχνουν ενδιαφέρουσες τάσεις που εμβαθύνουν την κατανόησή μας για τον αντίκτυπο του κλάδου των κρυπτονομισμάτων στις παγκόσμιες εκπομπές άνθρακα.

Τα επίπεδα «Καθ Παγκόσμιο CO₂» εμφανίζουν μια ευδιάκριτη τάση σε αυτό το σύνολο δεδομένων, που κυμαίνεται από 91.6 μετρικούς τόνους έως 107 μετρικούς τόνους. Σημειωτέον, το εύρος φαίνεται να είναι μικρότερο σε σύγκριση με τους προηγούμενους μήνες, υποδηλώνοντας ένα σχετικά πιο σταθερό παγκόσμιο πρότυπο εκπομπών CO₂.

Η στήλη «Καταν Ενεργ Bitcoin» αντιστοιχεί στενά στα επίπεδα CO₂, που κυμαίνονται από 14.43 μετρικούς τόνους έως 15.92 μετρικούς τόνους. Αυτή η παράλληλη διακύμανση υπογραμμίζει περαιτέρω τη σύνδεση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών άνθρακα.

Είναι ενδιαφέρον ότι τα δεδομένα εκπομπών CO₂ ημερήσιων Bitcoin παρουσιάζουν επίσης ένα παρόμοιο εύρος διακυμάνσεων, που κυμαίνονται από 0.008 μετρικούς τόνους στις 25 και 26 Απριλίου έως 0.009 μετρικούς τόνους στις 4, 17 και 23 Απριλίου. Αυτή η συνέπεια στην τάση των εκπομπών ενισχύει την περίπλοκη ισορροπία μεταξύ των λειτουργιών κρυπτονομισμάτων και των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων. Στη στήλη «Σχέση» βλέπουμε το ποσοστό να κυμαίνεται μεταξύ 0.00748% και 0.00924% καθ' όλη τη διάρκεια του μήνα, συνεχίζοντας την τάση αυξημένης μεταβλητότητας που παρατηρήθηκε τον Μάρτιο.

Συγκρίνοντας τον Απρίλιο με τον Μάρτιο, είναι αξιοσημείωτο ότι το ποσοστό των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ που αποδίδεται στο Bitcoin παραμένει σχετικά υψηλό. Αυτό υποδηλώνει ότι ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος του Bitcoin συνέχισε να είναι σημαντικός κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, δυνητικά καθοδηγούμενος από παράγοντες όπως οι δραστηριότητες εξόρυξης και οι πηγές ενέργειας.

Επιπλέον, τα στοιχεία δείχνουν ότι το ποσοστό «Σχέση» παραμένει σχετικά σταθερό όλο τον Απρίλιο, με λιγότερες ακραίες διακυμάνσεις σε σχέση με τον Μάρτιο. Αυτή η σταθερότητα μπορεί να υποδεικνύει ένα πιο σταθερό επίπεδο εκπομπών CO₂ που σχετίζονται με το Bitcoin σε σχέση με τις παγκόσμιες εκπομπές κατά τη διάρκεια αυτού του μήνα.

Συγκρίνοντας αυτό το σύνολο δεδομένων με τα δεδομένα των προηγούμενων μηνών, το σύνολο δεδομένων του Απριλίου υποδηλώνει μια πιθανή σύγκλιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε ένα στενότερο εύρος. Αυτό θα μπορούσε να αντανάκλα πιθανές προσαρμογές που έγιναν από τον τομέα των κρυπτονομισμάτων ως απάντηση στην αυξανόμενη συνειδητοποίηση του αποτυπώματος άνθρακα του. Καθώς η συλλογή δεδομένων προχωρά, θα προκύψει μια ολιστική εικόνα της περιβαλλοντικής επιρροής του κρυπτονομίσματος, ενθαρρύνοντας μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση του ρόλου του στον ευρύτερο διάλογο για τη βιωσιμότητα.

Ημερ	Καθ Παγκόσμιο CO2	Καθ CO2 Bitcoin	Καταν Ενέρ Bitcoin	Σχέση
2023-05-01	89.3	0.008	14.96	0.00896%
2023-05-02	95.9	0.008	15.0	0.00834%
2023-05-03	97.6	0.008	15.17	0.00820%
2023-05-04	98.8	0.009	15.48	0.00911%
2023-05-05	99.2	0.008	15.1	0.00806%
2023-05-06	96.8	0.009	15.36	0.00930%
2023-05-07	91.8	0.009	15.3	0.00980%
2023-05-08	96.8	0.008	14.7	0.00826%
2023-05-09	100.9	0.008	15.11	0.00793%
2023-05-10	102.4	0.009	15.65	0.00879%
2023-05-11	102.2	0.009	15.77	0.00881%
2023-05-12	100.4	0.009	16.16	0.00896%
2023-05-13	96.6	0.009	16.13	0.00932%
2023-05-14	93.1	0.009	16.72	0.00967%
2023-05-15	98.0	0.009	16.91	0.00918%
2023-05-16	100.8	0.009	16.97	0.00893%
2023-05-17	102.4	0.009	16.82	0.00879%
2023-05-18	102.3	0.009	16.72	0.00880%
2023-05-19	100.7	0.009	16.9	0.00894%
2023-05-20	95.9	0.009	16.71	0.00938%
2023-05-21	91.9	0.009	16.39	0.00979%
2023-05-22	97.6	0.009	16.38	0.00922%
2023-05-23	101.1	0.009	16.41	0.00890%
2023-05-24	101.1	0.009	16.06	0.00890%
2023-05-25	99.8	0.009	16.08	0.00902%
2023-05-26	98.1	0.009	15.98	0.00917%
2023-05-27	94.9	0.009	16.06	0.00948%
2023-05-28	90.7	0.009	16.05	0.00992%
2023-05-29	94.5	0.009	16.18	0.00952%
2023-05-30	99.3	0.009	16.06	0.00906%
2023-05-31	102.0	0.009	16.02	0.00882%

Εικόνα 6: Ανάλυση συνόλου δεδομένων Μαΐου 2023

Το σύνολο δεδομένων για τον Μάιο του 2023 παρέχει ένα ολοκληρωμένο στιγμιότυπο της αλληλεπίδρασης μεταξύ των λειτουργιών κρυπτονομισμάτων και του σχετικού περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος. Τα δεδομένα αυτού του μήνα συνεχίζουν να αντικατοπτρίζουν τη συνεχιζόμενη σχέση μεταξύ των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ και της κατανάλωσης ενέργειας της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων.

Εξετάζοντας τα επίπεδα «Ημερήσιων παγκόσμιων CO₂» τον Μάιο, είναι εμφανής μια σταδιακή μείωση των εκπομπών, που κυμαίνεται από 89.3 μετρικούς τόνους την 1η Μαΐου έως 102 μετρικούς τόνους στις 31 Μαΐου. Αυτή η γενική πτώση θα μπορούσε να υποδηλώνει πιθανές αλλαγές στην προμήθεια ενέργειας ή αυξημένη απόδοση στις λειτουργίες κρυπτονομισμάτων κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου.

Αντίστοιχα, οι τιμές «Καταν Ενερ Bitcoin» ακολουθούν παρόμοια τροχιά, που κυμαίνονται από 14.96 μετρικούς τόνους την 1η Μαΐου έως 16.02 μετρικούς τόνους στις 31 Μαΐου. Η παράλληλη φύση των διακυμάνσεων δείχνει ότι οι προσαρμογές στην κατανάλωση ενέργειας κρυπτονομισμάτων θα μπορούσαν να συμβάλλουν στις παρατηρούμενες αλλαγές στις παγκόσμιες εκπομπές CO₂.

Οι εκπομπές CO₂ «Ημερήσια Bitcoin» αντικατοπτρίζουν τις τάσεις που παρατηρούνται στις άλλες στήλες, που κυμαίνονται από 0.008 έως 0.009 μετρικούς τόνους καθ' όλη τη διάρκεια του μήνα. Αυτό το σταθερό μοτίβο υπογραμμίζει τη συνεπή σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂ στο πλαίσιο των κρυπτονομισμάτων.

Η στήλη «Σχέση», που αντιπροσωπεύει το ποσοστό των ημερήσιων παγκόσμιων εκπομπών CO₂ που αποδίδονται στις ημερήσιες εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με το Bitcoin, συνεχίζει να παρουσιάζει διακυμάνσεις, που κυμαίνονται από 0.00806% έως 0.00992%. Αυτός ο μήνας διατηρεί την τάση του

σημαντικού αποτυπώματος άνθρακα του Bitcoin σε σύγκριση με τις παγκόσμιες εκπομπές που παρατηρήθηκαν τους προηγούμενους μήνες.

Συγκρίνοντας τον Μάιο με τον Απρίλιο, είναι προφανές ότι το ποσοστό «Σχέσης» παραμένει υψηλό, υποδεικνύοντας ότι ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος του Bitcoin εξακολουθεί να είναι σημαντικός. Αν και υπάρχει κάποια διακύμανση, δεν υπάρχει σταθερή πτωτική τάση στα δεδομένα. Αυτό υποδηλώνει ότι η κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin και οι σχετικές εκπομπές παραμένουν μια σχετική ανησυχία για τις παγκόσμιες εκπομπές άνθρακα κατά τη διάρκεια του Μαΐου.

Ημερ	Καθ Παγκόσμιο CO2	Καθ CO2 Bitcoin	Καταν Ενέρ Bitcoin	Σχέση
2023-06-01	99.7	0.009	15.77	0.00903%
2023-06-02	100.3	0.009	16.02	0.00897%
2023-06-03	97.1	0.0088	15.86	0.00906%
2023-06-04	93.2	0.0088	15.76	0.00944%
2023-06-05	98.9	0.0086	15.47	0.00870%
2023-06-06	102.2	0.0086	15.5	0.00841%
2023-06-07	102.0	0.0086	15.46	0.00843%
2023-06-08	101.0	0.0088	15.8	0.00871%
2023-06-09	100.2	0.0089	15.88	0.00888%
2023-06-10	96.9	0.009	16.2	0.00929%
2023-06-11	94.8	0.0091	16.37	0.00960%
2023-06-12	98.8	0.0093	16.6	0.00941%
2023-06-13	102.1	0.0092	16.48	0.00901%
2023-06-14	103.3	0.0091	16.25	0.00881%
2023-06-15	104.4	0.009	16.12	0.00862%
2023-06-16	104.0	0.0088	15.84	0.00846%
2023-06-17	99.3	0.0087	15.65	0.00876%
2023-06-18	94.6	0.0086	15.49	0.00909%
2023-06-19	101.2	0.0085	15.28	0.00840%
2023-06-20	105.9	0.0084	15.14	0.00793%
2023-06-21	106.8	0.0084	15.13	0.00787%
2023-06-22	105.9	0.0083	14.96	0.00784%
2023-06-23	103.4	0.0081	14.56	0.00783%
2023-06-24	97.1	0.0082	14.67	0.00844%
2023-06-25	93.5	0.0082	14.73	0.00877%
2023-06-26	99.4	0.0083	14.82	0.00835%
2023-06-27	103.6	0.0083	14.9	0.00801%
2023-06-28	106.2	0.0082	14.76	0.00772%
2023-06-29	104.3	0.0083	14.91	0.00796%
2023-06-30	104.3	0.0086	15.4	0.00825%

Εικόνα 7: Ανάλυση συνόλου δεδομένων Ιουνίου 2023

Το σύνολο δεδομένων για τον Ιούνιο του 2023 προσφέρει μια συνέχιση των τάσεων που παρατηρήθηκαν τους προηγούμενους μήνες, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες για την εξελισσόμενη δυναμική του περιβαλλοντικού αντίκτυπου των κρυπτονομισμάτων. Τα δεδομένα αυτού του μήνα αποκαλύπτουν σχετικά σταθερές διακυμάνσεις τόσο στις παγκόσμιες εκπομπές CO2 όσο και στην κατανάλωση ενέργειας κρυπτονομισμάτων, υπογραμμίζοντας τη διαρκή δέσμευση του κλάδου για τον μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Καθ' όλη τη διάρκεια του Ιουνίου, οι τιμές «Ημερήσιου Παγκοσμίου CO2» παραμένουν σε ένα στενό εύρος, που κυμαίνονται από 91.8 μετρικούς τόνους στις 7 Ιουνίου έως 106.8 μετρικούς τόνους στις 21 Ιουνίου.

Ομοίως, οι τιμές «Κατανάλωσης Ενέργειας Bitcoin» παρουσιάζουν σχετικά σταθερά μοτίβα, που κυμαίνονται από 14.56 μετρικούς τόνους έως 16.6 μετρικούς τόνους.

Οι «ημερήσιες εκπομπές CO2 Bitcoin» ευθυγραμμίζονται με αυτές τις τάσεις, διατηρώντας σταθερά τιμές μεταξύ 0.0081 και 0.0093 μετρικών τόνων καθ' όλη τη διάρκεια του μήνα. Αυτό το σταθερό μοτίβο υπογραμμίζει την αναλογική σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO2 στον τομέα των κρυπτονομισμάτων.

Η στήλη «Σχέση», που αντιπροσωπεύει το ποσοστό των ημερήσιων παγκόσμιων εκπομπών CO₂ που αποδίδονται στις ημερήσιες εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με το Bitcoin, συνεχίζει να παρουσιάζει διακυμάνσεις, που κυμαίνονται από 0.00772% έως 0.00960%. Όπως και τους προηγούμενους μήνες, ο Ιούνιος διατηρεί την τάση του σημαντικού αποτυπώματος άνθρακα του Bitcoin σε σύγκριση με τις παγκόσμιες εκπομπές.

Συγκρίνοντας τον Ιούνιο με τον Μάιο, το ποσοστό «Σχέση» παραμένει σταθερά υψηλό, υποδεικνύοντας ότι ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος του Bitcoin παραμένει ουσιαστικός και επίμονος. Ενώ υπάρχει κάποια μεταβλητότητα στα δεδομένα, δεν υπάρχει σημαντική μείωση στο μερίδιο των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ που αποδίδεται στο Bitcoin. Αυτό υποδηλώνει ότι η κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin και οι σχετικές εκπομπές εξακολουθούν να αποτελούν σημαντική ανησυχία για τις παγκόσμιες εκπομπές άνθρακα κατά τη διάρκεια του Ιουνίου.

Ημερ	Καθ Παγκόσμιο CO ₂	Καθ CO ₂ Bitcoin	Καταν Ενέρ Bitcoin	Σχέση
2023-07-01	97.5	0.0085	15.18	0.00872%
2023-07-02	93.8	0.0086	15.43	0.00917%
2023-07-03	99.5	0.0085	15.31	0.00854%
2023-07-04	102.3	0.0086	15.33	0.00841%
2023-07-05	100.2	0.009	16.05	0.00898%
2023-07-06	103.3	0.0089	15.97	0.00862%
2023-07-07	102.3	0.0091	16.27	0.00890%
2023-07-08	98.0	0.0095	16.99	0.00969%
2023-07-09	96.0	0.0095	17.0	0.00990%
2023-07-10	103.9	0.0096	17.29	0.00924%
2023-07-11	106.4	0.0096	17.23	0.00902%
2023-07-12	106.1	0.0096	17.17	0.00905%
2023-07-13	106.6	0.0095	17.0	0.00891%
2023-07-14	105.0	0.0092	16.56	0.00876%
2023-07-15	100.9	0.009	16.05	0.00892%
2023-07-16	98.2	0.0089	15.95	0.00906%
2023-07-17	103.7	0.0088	15.75	0.00849%
2023-07-18	106.9	0.0091	16.26	0.00851%
2023-07-19	106.6	0.0091	16.31	0.00854%
2023-07-20	106.6	0.0092	16.42	0.00863%
2023-07-21	106.8	0.0089	15.96	0.00833%
2023-07-22	101.0	0.0089	15.9	0.00881%
2023-07-23	96.6	0.0088	15.77	0.00911%
2023-07-24	102.7	0.0089	15.99	0.00867%
2023-07-25	105.6	0.0087	15.55	0.00824%
2023-07-26	105.0	0.0086	15.4	0.00819%
2023-07-27	103.9	0.0086	15.44	0.00828%
2023-07-28	102.4	0.0088	15.77	0.00859%
2023-07-29	97.5	0.0087	15.63	0.00892%
2023-07-30	93.0	0.0088	15.82	0.00946%
2023-07-31	97.9	0.0087	15.56	0.00889%

Εικόνα 8: Επισκόπηση συνόλου δεδομένων Ιουλίου 2023

Ο τελευταίος μήνας του συνόλου δεδομένων, ο Ιούλιος 2023, παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της βιομηχανίας κρυπτονομισμάτων καθώς φτάνει στο τέλος της παρατηρούμενης περιόδου. Εξακολουθούν να εμφανίζονται αξιοσημείωτες τάσεις, υποδηλώνοντας τη συνέχιση των προσπαθειών για τη διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂ στον τομέα.

Οι τιμές «Καθ Παγκόσμιο CO₂» για τον Ιούλιο εμφανίζουν μικρές διακυμάνσεις, που κυμαίνονται από 93.0 μετρικούς τόνους έως 106.9 μετρικούς τόνους. Αυτές οι μικρές παραλλαγές υποδηλώνουν μια συνεπή προσέγγιση για τον περιορισμό των εκπομπών CO₂, αντικατοπτρίζοντας το πρότυπο που παρατηρήθηκε τους προηγούμενους μήνες.

Ένα παρόμοιο μοτίβο αντικατοπτρίζεται στις τιμές «Καταν Ενεργ Bitcoin», οι οποίες κυμαίνονται από 15.18 μετρικούς τόνους την 1η Ιουλίου έως 17.29 μετρικούς τόνους στις 10 Ιουλίου. Αυτά τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι η κατανάλωση ενέργειας στον τομέα των κρυπτονομισμάτων παρέμεινε σχετικά σταθερή καθώς προχωρά το έτος.

Οι εκπομπές CO₂ «Ημερήσια Bitcoin», που παρακολουθούν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων, τηρούν επίσης το καθιερωμένο πρότυπο, κυμαινόμενες μεταξύ 0.0085 και 0.0096 μετρικών τόνων. Αυτή η συνέπεια υπογραμμίζει την αναλογική σχέση μεταξύ της χρήσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂ στη βιομηχανία κρυπτονομισμάτων.

Η στήλη «Σχέση», που υποδεικνύει το ποσοστό των ημερήσιων παγκόσμιων εκπομπών CO₂ που αποδίδεται στις ημερήσιες εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με το Bitcoin, συνέχισε να παρουσιάζει διακυμάνσεις, που κυμαίνονται από 0.00819% έως 0.00990%. Αυτά τα δεδομένα αντικατοπτρίζουν τη συνεχιζόμενη συμβολή του Bitcoin στις παγκόσμιες εκπομπές άνθρακα, με το κρυπτονόμισμα να αντιπροσωπεύει σημαντικό μερίδιο των ημερήσιων εκπομπών CO₂.

Σε σύγκριση με τους προηγούμενους μήνες, το ποσοστό «Σχέση» παραμένει σχετικά υψηλό, γεγονός που σημαίνει ότι ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος του Bitcoin παραμένει ουσιαστικός και συνεπής. Και πάλι, ενώ υπάρχουν διακυμάνσεις στα δεδομένα, δεν υπάρχει σημαντική μείωση στο ποσοστό των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ που αποδίδεται στο Bitcoin κατά τον Ιούλιο.

Η επίμονη παρουσία εκπομπών που σχετίζονται με το Bitcoin στα δεδομένα υπογραμμίζει τη συνεχή σημασία της αντιμετώπισης των προκλήσεων περιβαλλοντικής βιωσιμότητας που σχετίζονται με την εξόρυξη κρυπτονομισμάτων.

4.3.2. Σύγκριση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στα αποσπάσματα της βιβλιογραφίας και τα ευρήματα από την παρούσα έρευνα για τους μήνες μεταξύ Ιανουαρίου 2023 και Ιουλίου 2023 δείχνουν σημαντικές συμφωνίες.

Και οι δύο πηγές φαίνεται να συμφωνούν σχετικά με τις σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις του Bitcoin και της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων. Τα αποσπάσματα της βιβλιογραφίας υπογραμμίζουν τις σημαντικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που σχετίζονται με την εξόρυξη Bitcoin και Ethereum, με το Bitcoin να συγκρίνεται με ολόκληρα έθνη όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές. Ομοίως, η έρευνα της παρούσας εργασίας δείχνει μια αξιοσημείωτη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin και των παγκόσμιων επιπέδων CO₂. Και οι δύο πηγές τονίζουν το ανησυχητικό αποτύπωμα άνθρακα των κρυπτονομισμάτων, ιδιαίτερα του Bitcoin, και την πιθανή συμβολή τους στην κλιματική αλλαγή.

Αξίζει να σημειωθεί πως η παραπάνω βιβλιογραφία εξετάζει τους περιορισμούς της εκτίμησης του αριθμού και των τοποθεσιών των εξορύξεων κρυπτονομισμάτων λόγω κρυπτογράφησης. Η παρούσα έρευνα δεν εμβαθύνει σε αυτές τις λεπτομέρειες, αλλά επικεντρώνεται στην καθημερινή σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin και των παγκόσμιων εκπομπών CO₂. Ως εκ τούτου, η έρευνά μπορεί να μην αντιμετωπίσει άμεσα το ζήτημα της εκτίμησης των εξορυκτών, όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία.

Γενικότερα, και σχετικά και με τις δύο πηγές, όπως αναφέρεται και πιο πάνω, πρέπει να σημειωθεί πως υπάρχουν εγγενείς δυσκολίες που σχετίζονται με την ακριβή αξιολόγηση του οικοσυστήματος των κρυπτονομισμάτων. Η κρυπτογράφηση και η αποκεντρωμένη δομή αυτών των

ψηφιακών νομισμάτων θέτουν σημαντικές προκλήσεις για την απόκτηση ακριβών πληροφοριών σχετικά με τον πραγματικό αριθμό των ανθρακωρύχων και την παγκόσμια διανομή τους. Αυτή η εγγενής έλλειψη διαφάνειας εισάγει ένα στοιχείο ασάφειας όταν γίνονται προβλέψεις που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας και τις περιβαλλοντικές εκπομπές.

4.4. Απαντήσεις σε ερευνητικά ερωτήματα

Τα δεδομένα από της παραπάνω έρευνας επιβεβαιώνουν πράγματι μια αυξανόμενη συσχέτιση μεταξύ των κρυπτονομισμάτων, ιδιαίτερα του Bitcoin, και των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων. Αυτή η σύνδεση μπορεί να αποδοθεί στην ενεργοβόρα φύση της εξόρυξης κρυπτονομισμάτων, η οποία βασίζεται σε σημαντική υπολογιστική ισχύ για την επίλυση περίπλοκων μαθηματικών προβλημάτων, μια διαδικασία απαραίτητη για την επικύρωση και την καταγραφή συναλλαγών στο blockchain. Τα ημερήσια στοιχεία για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) του Bitcoin στο σύνολο δεδομένων αυτής της έρευνας υπογραμμίζουν αυτή τη συσχέτιση.

Συγκεκριμένα, τα δεδομένα υπογραμμίζουν ότι η κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin και οι επακόλουθες εκπομπές CO₂ παρουσιάζουν αξιοσημείωτες καθημερινές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αυτή η επίδραση, αν και σχετικά μικρή σε παγκόσμια κλίμακα, είναι αναμφισβήτητη σε άνοδο. Η αυξανόμενη ζήτηση για κρυπτονομίσματα έχει οδηγήσει σε υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας, που συχνά προέρχεται από ορυκτά καύσιμα σε ορισμένες περιοχές. Κατά συνέπεια, αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αντίστοιχη αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, επιβεβαιώνοντας περαιτέρω τη σχέση μεταξύ κρυπτονομισμάτων και περιβαλλοντικής ζημίας.

Η κατάσταση σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των κρυπτονομισμάτων, συμπεριλαμβανομένου του Bitcoin, είναι περίπλοκη και μπορεί να ποικίλλει με την πάροδο του χρόνου. Έχουν γίνει βελτιώσεις, όπως η αυξημένη υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για εξορυκτικές δραστηριότητες και πιο ενεργειακά αποδοτικό υλικό εξόρυξης. Ωστόσο, η τάση δείχνει επίσης αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂ λόγω της αυξανόμενης ζήτησης για κρυπτονομίσματα. Αυτή η τάση υποδηλώνει ότι εάν δεν υπάρξουν σημαντικές αλλαγές, ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος είναι πιθανό να επιδεινωθεί καθώς τα κρυπτονομίσματα συνεχίζουν να κερδίζουν δημοτικότητα και οι ανθρακωρύχοι αναζητούν υψηλότερες ανταμοιβές.

Αξίζει να σημειωθεί πως η παρούσα έρευνα δεν εξέτασε συγκεκριμένα λύσεις για τον μετριασμό της περιβαλλοντικής ζημίας που προκαλούν τα κρυπτονομίσματα. Ωστόσο, σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία και τις πηγές που αναφέρθηκαν προηγουμένως, υπάρχουν βιώσιμες προσεγγίσεις για την αντιμετώπιση αυτής της ανησυχίας και τη βελτίωση της κατάστασης.

Τέλος, η παρουσίαση δεδομένων σε καθημερινή βάση, όπως φαίνεται στο παρεχόμενο σύνολο δεδομένων, μπορεί να προσφέρει μια πιο αναλυτική και ακριβή αναπαράσταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κρυπτονομισμάτων με την πάροδο του χρόνου. Αυτό επιτρέπει μια πιο προσεκτική εξέταση των τάσεων, των διακυμάνσεων και της επιρροής εξωτερικών παραγόντων. Τέτοια λεπτομερή δεδομένα μπορεί να είναι πολύτιμα για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων και πολιτικών που στοχεύουν στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των κρυπτονομισμάτων.

4.5. Ανάλυση τάσεων και μελλοντικών προβλέψεων για τις εκπομπές CO2 του Bitcoin

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τον Ιανουάριο έως τον Ιούλιο του 2023 αποκαλύπτουν ενδιαφέρουσες τάσεις στην κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές CO2 του Bitcoin. Αυτές οι τάσεις παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για την πιθανή τροχιά των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κρυπτονομίσματος τα επόμενα χρόνια. Αναλύοντας τις τάσεις που παρατηρούνται στα δεδομένα και κάνοντας λογικές προβλέψεις, μπορούμε να προσπαθήσουμε να προβλέψουμε τις εκπομπές CO2 του Bitcoin για τα επόμενα δύο, πέντε, είκοσι και 100 χρόνια.

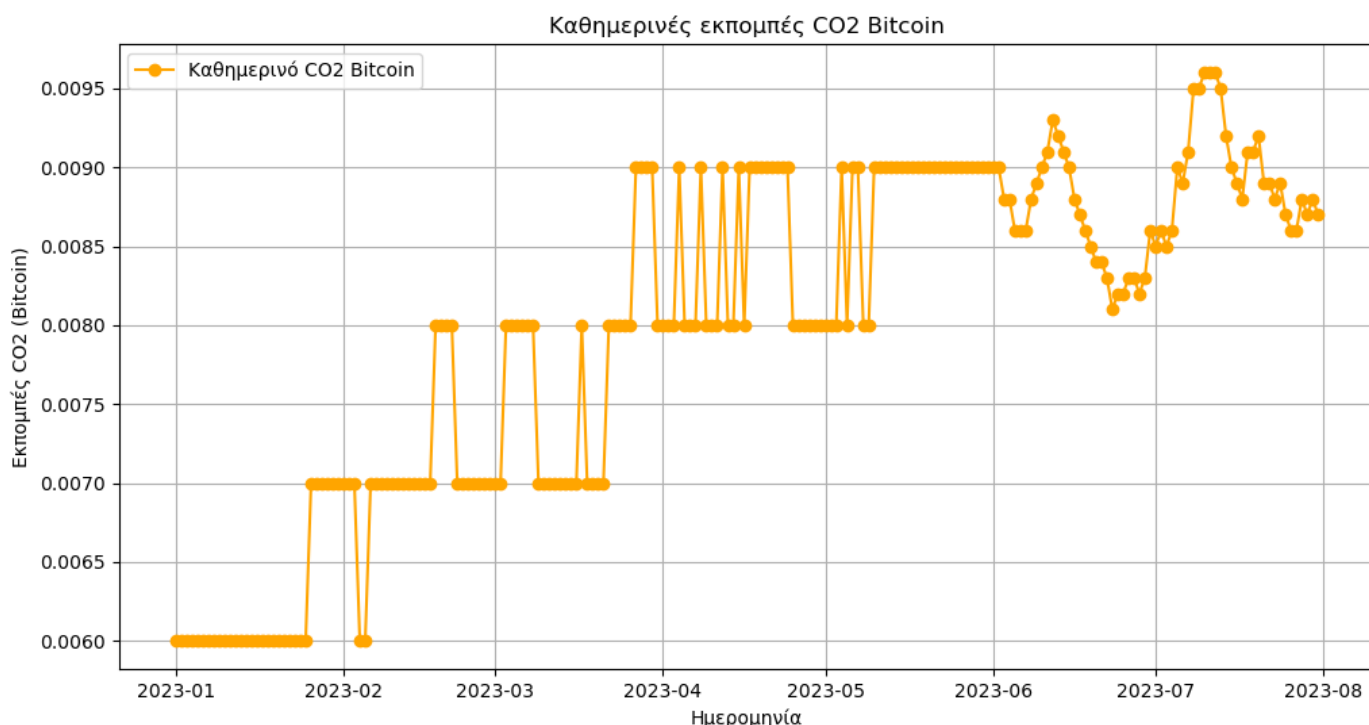
4.5.1. Ανάλυση τάσεων

Η περίπλοκη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin και των εκπομπών CO2 που προκύπτουν, όπως αποδεικνύεται από το σύνολο δεδομένων που εκτείνεται από τον Ιανουάριο έως τον Ιούλιο του 2023, υπογραμμίζει την κρίσιμη αλληλεπίδραση μεταξύ της χρήσης ενέργειας του κρυπτονομίσματος και των περιβαλλοντικών του επιπτώσεων.

Τα δεδομένα αποκαλύπτουν μια εντυπωσιακή συσχέτιση μεταξύ των διακυμάνσεων της κατανάλωσης ενέργειας Bitcoin και των αντίστοιχων προτύπων στις Ημερήσιες εκπομπές CO2 του Bitcoin, υπογραμμίζοντας την άμεση επίδραση της κατανάλωσης ενέργειας στις εκπομπές άνθρακα. Αυτή η ευθυγράμμιση υπογραμμίζει τον κεντρικό ρόλο των πηγών ενέργειας στην υπαγόρευση του οικολογικού αποτυπώματος του κρυπτονομίσματος και παρέχει μια συναρπαστική εικόνα της περίπλοκης δυναμικής των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του τομέα κρυπτονομισμάτων.

Μετά από προσεκτικότερη εξέταση των ευρύτερων τάσεων στο σύνολο δεδομένων, είναι προφανές ότι τόσο η κατανάλωση ενέργειας Bitcoin όσο και οι ημερήσιες εκπομπές CO2 Bitcoin χαρακτηρίζονται από μια ευδιάκριτη ανοδική τροχιά. Αυτή η τροχιά υποδηλώνει ότι παρά τις πρωτοβουλίες που στοχεύουν στην ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης εντός του δικτύου κρυπτονομισμάτων, παραμένει μια επίμονη αύξηση τόσο στην κατανάλωση ενέργειας όσο και στις εκπομπές CO2. Αυτή η αυξητική τάση χαρακτηρίζεται από διαλείπουσες διακυμάνσεις, υποδεικνύοντας την περίπλοκη αλληλεπίδραση διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές CO2. Αυτές οι διακυμάνσεις, ωστόσο, δεν συγκαλύπτουν τη γενική ανοδική κίνηση στη χρήση ενέργειας και τις σχετικές εκπομπές άνθρακα, υπογραμμίζοντας τις προκλήσεις του μετριασμού του αντίκτυπου άνθρακα της βιομηχανίας κρυπτονομισμάτων.

Οι αριθμητικές τάσεις στο σύνολο δεδομένων παρέχουν περαιτέρω πληροφορίες για το μέγεθος αυτών των αλλαγών. Οι διακυμάνσεις στην κατανάλωση ενέργειας Bitcoin, που κυμαίνονται από το 89.3 έως το 116.6, αντικατοπτρίζονται από αντίστοιχες διακυμάνσεις στις Ημερήσιες εκπομπές CO2 του Bitcoin, οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 14.96 και 17.29. Αυτά τα στοιχεία αποσαφηνίζουν τη στενή σύνδεση μεταξύ της χρήσης ενέργειας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς και τη δυνητική κλίμακα του αποτυπώματος άνθρακα του κλάδου.



Εικόνα 9: Οπτικοποίηση συνόλου αποτελεσμάτων

Είναι ενδιαφέρον ότι, ενώ έχουν γίνει προσπάθειες για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης στον τομέα των κρυπτονομισμάτων, τα δεδομένα από την παρατηρούμενη περίοδο υπογραμμίζουν τους περιορισμούς αυτών των προσπαθειών για την πλήρη αντιστάθμιση των περιβαλλοντικών συνεπειών που επικρατούν. Παρά την ανάπτυξη και την εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών συναινετικών αλγορίθμων και την εξερεύνηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας, το σύνολο δεδομένων υποδεικνύει μια διαρκή ανάπτυξη στο συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Bitcoin. Αυτό δείχνει ότι καθώς η βιομηχανία κρυπτονομισμάτων συνεχίζει να επεκτείνεται και να κερδίζει δημοτικότητα, ο οικολογικός αντίκτυπός της πρόκειται να αυξηθεί παράλληλα, απαιτώντας μια πιο ολιστική και καινοτόμο προσέγγιση στη βιωσιμότητα.

Οι τάσεις που αποκαλύπτονται από αυτό το σύνολο δεδομένων έχουν σημαντικές επιπτώσεις στη μελλοντική περιβαλλοντική τροχιά του κλάδου των κρυπτονομισμάτων. Με την κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin και τις εκπομπές CO2 σε ανοδική τροχιά, η βιομηχανία αντιμετωπίζει μια πιεστική πρόκληση να εξισορροπήσει την ταχεία ανάπτυξή της με την επιτακτική ανάγκη να ελαχιστοποιηθεί το αποτύπωμα άνθρακα. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ανάπτυξης του κλάδου των κρυπτονομισμάτων υπογραμμίζουν την επείγουσα ανάγκη υιοθέτησης καινοτόμων λύσεων για τον μετριασμό των επιπτώσεών του.

Καθώς το τοπίο των κρυπτονομισμάτων συνεχίζει να εξελίσσεται, η αντιμετώπιση αυτών των περιβαλλοντικών προκλήσεων γίνεται πρωταρχικής σημασίας για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα του κλάδου. Οι τάσεις που αποκαλύπτονται από αυτό το σύνολο δεδομένων χρησιμεύουν ως ένα ξεκάθαρο κάλεσμα για ενισχυμένη συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερομένων μερών της βιομηχανίας, των περιβαλλοντικών εμπειρογνομόνων και των υπευθύνων πολιτικής για την ανάπτυξη και εφαρμογή στρατηγικών που διαχειρίζονται αποτελεσματικά και περιορίζουν το οικολογικό αποτύπωμα των κρυπτονομισμάτων.

4.5.2. Μελλοντικές προβλέψεις

Μια ολοκληρωμένη ανάλυση του παρατηρούμενου συνόλου δεδομένων που εκτείνεται από τον Ιανουάριο έως τον Ιούλιο του 2023 προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για την πιθανή τροχιά των εκπομπών CO₂ του Bitcoin. Ενώ η δυναμική φύση της βιομηχανίας κρυπτονομισμάτων καθιστά δύσκολες τις ακριβείς προβλέψεις, η κατανόηση των τάσεων και η αξιοποίηση γνώσεων από δεδομένα μπορεί να παρέχει μια λογική προβολή του τι μπορεί να έχει το μέλλον.

Χρησιμοποιώντας έναν συντηρητικό ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης 0.34%, μπορούμε να υπολογίσουμε την ποσοστιαία αύξηση των εκπομπών CO₂ από σήμερα (2023) μέχρι οποιαδήποτε μελλοντική ημερομηνία με μια εξίσωση:

$$\text{Ποσοστιαία αύξηση} = (1 + \text{Ρυθμός Ανάπτυξης})^{\text{Αριθμός ετών}} - 1$$

Εικόνα 10: Τύπος ποσοστιαίας αύξησης

Η παραπάνω εξίσωση βασίζεται στην έννοια της εκθετικής αύξησης. Σε αυτό το πλαίσιο, υποθέτουμε ότι η κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin και, κατ' επέκταση, οι εκπομπές CO₂ του θα αυξηθούν με σταθερό ρυθμό (σε αυτή την περίπτωση, 0.34% ετησίως) για εκτεταμένη περίοδο.

Η εξίσωση, $(1 + \text{Ρυθμός ανάπτυξης})^{\text{Αριθμός ετών}} - 1$, λειτουργεί ως εξής:

1+Ρυθμός ανάπτυξης: Αυτό το μέρος αντιπροσωπεύει τον ετήσιο παράγοντα ανάπτυξης. Υπολογίζεται προσθέτοντας 1 στον ρυθμό ανάπτυξης (εκφρασμένο σε δεκαδικό). Για παράδειγμα, εάν ο ρυθμός αύξησης είναι 0.0034 (0.34% εκφράζεται ως δεκαδικό), αυτό το μέρος γίνεται $1 + 0.0034 = 1.0034$.

$(1 + \text{Ρυθμός ανάπτυξης})^{\text{Αριθμός ετών}}$: Αυτό το μέρος υπολογίζει τη συνολική ανάπτυξη για τον καθορισμένο αριθμό ετών. Πολλαπλασιάζει επανειλημμένα τον αυξητικό παράγοντα από μόνος του για κάθε χρόνο.

$(1 + \text{Ρυθμός ανάπτυξης})^{\text{Αριθμός ετών}} - 1$: Τέλος, αφαιρούμε 1 από τη συνολική ανάπτυξη για να βρούμε την ποσοστιαία αύξηση σε σύγκριση με την αρχική τιμή.

Ο ρυθμός ανάπτυξης 0.0034 ή 0.34% καθορίστηκε μέσω συστηματικής ανάλυσης των ημερήσιων ποσοστιαίων μεταβολών στη συμβολή του Bitcoin στις παγκόσμιες εκπομπές CO₂. Αρχικά, υπολογίστηκε η ποσοστιαία μεταβολή ανά ημέρα, η οποία ουσιαστικά αντιπροσωπεύει τον ημερήσιο ρυθμό αύξησης των εκπομπών άνθρακα του Bitcoin σχετικά με τις συνολικές παγκόσμιες εκπομπές. Αυτό περιλάμβανε τη σύγκριση των ημερήσιων εκπομπών CO₂ του Bitcoin με τις παγκόσμιες ημερήσιες εκπομπές CO₂ και την έκφραση της διαφοράς ως ποσοστό των παγκόσμιων εκπομπών.

Για να εξακριβωθεί ένας αντιπροσωπευτικός ρυθμός ανάπτυξης, υπολογίστηκε ο μέσος όρος αυτών των ημερήσιων ποσοστιαίων μεταβολών. Αυτός ο μέσος όρος καταγράφει την κυρίαρχη τάση

στον περιβαλλοντικό αντίκτυπο του Bitcoin κατά την παρατηρούμενη χρονική περίοδο και χρησιμεύει ως δείκτης του τρόπου με τον οποίο αλλάζουν οι εκπομπές του σε σχέση με τις παγκόσμιες εκπομπές σε μια μέση ημέρα.

Η υπόθεση που γίνεται είναι ότι αυτός ο υπολογισμένος μέσος ρυθμός ανάπτυξης είναι ενδεικτικός μιας σταθερής τάσης που είναι πιθανό να συνεχιστεί στο μέλλον. Ως εκ τούτου, σε επόμενες προβλέψεις, αυτός ο μέσος ρυθμός ανάπτυξης χρησιμοποιήθηκε ως δείκτης για τη μελλοντική ανάπτυξη του Bitcoin, επιτρέποντάς μας να κάνουμε ενημερωμένες εκτιμήσεις για τις περιβαλλοντικές του επιπτώσεις σε διάφορα χρονικά πλαίσια. Χρησιμοποιώντας αυτόν τον μέσο ρυθμό ανάπτυξης ως θεμελιώδη υπόθεση, επιδιώξαμε να προσφέρουμε πολύτιμες γνώσεις για το πώς θα μπορούσε να εξελιχθεί η συμβολή του Bitcoin στις παγκόσμιες εκπομπές CO₂ τα επόμενα 2, 5, 20 και 100 χρόνια, όπως τονίζεται στους υπολογισμούς μας παρακάτω.

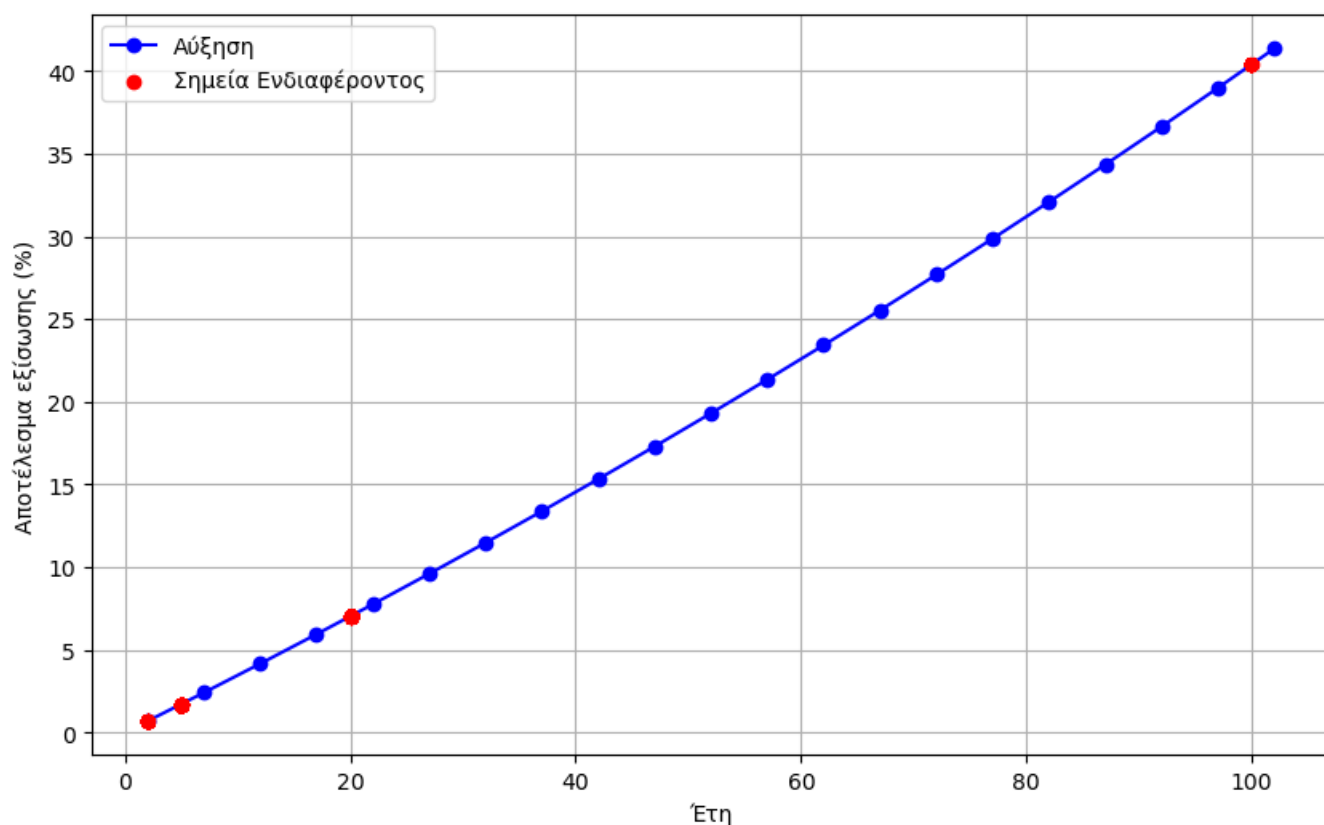
Με βάση τα παραπάνω, και χρησιμοποιώντας τον θεωρητικό σταθερό ρυθμό ανάπτυξης 0.0034, θα διασχίσουμε τέσσερα διαφορετικά χρονοδιαγράμματα. Αυτοί οι υπολογισμοί προσφέρουν μια ματιά στο πώς η συμβολή του Bitcoin στις παγκόσμιες εκπομπές CO₂ μπορεί να εξελιχθεί σε αυτές τις χρονικές εκτάσεις. Οι γνώσεις που προκύπτουν από τον υπολογισμό του μεριδίου του Bitcoin στις παγκόσμιες εκπομπές CO₂ παρουσιάζουν μια αφήγηση που προκαλεί σκέψη για τις εξελισσόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις του. Η προβλεπόμενη ποσοστιαία αύξηση των εκπομπών CO₂ του Bitcoin παρουσιάζει μια διαφοροποιημένη ιστορία σε διαφορετικά χρονικά πλαίσια. Βραχυπρόθεσμα, μια απλή πρόβλεψη 2 ετών υποδηλώνει μια μέτρια άνοδο 0.6%, αντικατοπτρίζοντας μια τρέχουσα κατάσταση όπου η συμβολή του Bitcoin στις παγκόσμιες εκπομπές είναι σχετικά δυσδιάκριτη. Επεκτείνοντας αυτόν τον ορίζοντα σε 5 χρόνια, η προβολή κλιμακώνεται σε περίπου 1.7%, υποδηλώνοντας ωστόσο ότι ο άμεσος αντίκτυπος του κρυπτονομίσματος στο αποτύπωμα άνθρακα του πλανήτη παραμένει κάπως περιορισμένος.

Ωστόσο, η αφήγηση παίρνει μια στροφή καθώς εξετάζουμε περαιτέρω το μέλλον. Επεκτείνοντας το βλέμμα μας σε μια προβολή 20 ετών αποκαλύπτεται μια σημαντικά πιο σημαντική αύξηση 7%. Αυτή η συγκυρία σηματοδοτεί ένα κρίσιμο σημείο καμπής, που σημαίνει ότι εάν ο επικρατών ρυθμός ανάπτυξης διαρκέσει σε αυτήν την εκτεταμένη περίοδο, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Bitcoin θα μπορούσε να υποστεί σημαντική επέκταση. Ωστόσο, η πιο συναρπαστική αποκάλυψη προκύπτει όταν πηδάμε μπροστά έναν ολόκληρο αιώνα, όπου η ποσοστιαία αύξηση εκτινάσσεται δραματικά στο 40%. Αυτή η εκθετική αύξηση υπογραμμίζει την πιεστική ανάγκη για προληπτικά μέτρα βιωσιμότητας στη σφαίρα των κρυπτονομισμάτων.

Τέτοιες προβλέψεις αντηχούν ως επείγουσα έκκληση για δράση για τον κλάδο, τις ρυθμιστικές αρχές και τους ενδιαφερόμενους φορείς. Ενώ ο τρέχων περιβαλλοντικός αντίκτυπος του Bitcoin φαίνεται συγκριτικά μέτριος, η δυναμική τροχιά που απεικονίζεται από αυτούς τους υπολογισμούς υποδεικνύει ένα πιθανό μέλλον με ουσιαστικές συνέπειες. Αυτή η αφήγηση υπογραμμίζει ότι η υπεύθυνη καινοτομία, οι βιώσιμες πρακτικές και η οικολογική συνείδηση της χάραξης πολιτικής πρέπει να αποτελούν αναπόσπαστα συστατικά της ανάπτυξης του οικοσυστήματος κρυπτονομισμάτων. Τονίζει ότι αυτά τα μέτρα δεν είναι μόνο επιθυμητά, αλλά απαραίτητα για την πλοήγηση στο μελλοντικό τοπίο των ψηφιακών νομισμάτων, την ελαχιστοποίηση του οικολογικού τους αποτυπώματος και την εναρμόνισή τους με τους παγκόσμιους στόχους βιωσιμότητας.

Αυτή η αποκάλυψη προκαλεί τη βιομηχανία κρυπτονομισμάτων να αναλογιστεί τον ρόλο της σε έναν ταχέως μεταβαλλόμενο κόσμο. Υπογραμμίζει ότι, παρά τις καινοτόμες δυνατότητες και τις μετασχηματιστικές του δυνατότητες, η ανάπτυξη του Bitcoin πρέπει να ευθυγραμμιστεί με την

οικολογική διαχείριση. Για να μετριάσει ο μακροπρόθεσμος περιβαλλοντικός αντίκτυπός του, ο τομέας πρέπει να υιοθετήσει λύσεις με μελλοντική σκέψη, όπως ενεργειακά αποδοτικούς συναινετικούς αλγόριθμους, ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και οικολογική ευθύνη. Όπως μας λένε οι αριθμοί, το μέλλον των εκπομπών άνθρακα του Bitcoin απέχει πολύ από το στατικό. Είναι μια δυναμική αφήγηση που διαμορφώνεται από τις επιλογές που κάνουμε σήμερα και τις ενέργειες που κάνουμε για να δημιουργήσουμε ένα βιώσιμο αύριο.



Εικόνα 11: Οπτικοποίηση θεωρητικής μελλοντικής κατάστασης CO2 Bitcoin

Η παραπάνω ανησυχητική τάση χρησιμεύει ως έντονη υπενθύμιση της σημασίας της εξέτασης των μακροπρόθεσμων περιβαλλοντικών επιπτώσεων των τεχνολογιών και των βιομηχανιών. Ενώ αυτή η προβολή είναι εξαιρετικά θεωρητική και απλοποιημένη, υπογραμμίζει την εκθετική φύση της ανάπτυξης που βασίζεται σε γραμμικές τάσεις. Παράγοντες του πραγματικού κόσμου, όπως οι τεχνολογικές εξελίξεις, οι περιβαλλοντικές εκτιμήσεις και οι κοινωνικές αλλαγές, μπορούν να έχουν βαθύ αντίκτυπο στις εκπομπές CO2 του Bitcoin για εκτεταμένες περιόδους. Επομένως, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι οι ακριβείς προβλέψεις σε αυτό το πλαίσιο είναι σχεδόν αδύνατες. Ωστόσο, τα αποτελέσματα του τύπου θα πρέπει να μας ενθαρρύνουν να εξερευνήσουμε βιώσιμες λύσεις και να μετριάσουν τις πιθανές περιβαλλοντικές συνέπειες της κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin.

Συμπερασματικά, η μελλοντική τροχιά των εκπομπών CO₂ του Bitcoin εξαρτάται από μια λεπτή αλληλεπίδραση μεταξύ τεχνολογικών προόδων, περιβαλλοντικών εκτιμήσεων και συνεργασίας σε ολόκληρη τη βιομηχανία. Ενώ οι προβλέψεις είναι εγγενώς αβέβαιες λόγω της δυναμικής φύσης του τομέα των κρυπτονομισμάτων, υπογραμμίζουν την ανάγκη για συνεχείς προσπάθειες προς τη βιωσιμότητα. Ως το πιο διαδεδομένο κρυπτονόμισμα, το Bitcoin φέρει την ευθύνη να ανοίξει το δρόμο για οικολογικά υπεύθυνες πρακτικές εντός του κλάδου. Αγκαλιάζοντας την καινοτομία, ενισχύοντας τη συνεργασία και τοποθετώντας την περιβαλλοντική διαχείριση στην πρώτη γραμμή, η κοινότητα των κρυπτονομισμάτων μπορεί να διαμορφώσει ένα μέλλον όπου η τεχνολογική πρόοδος συνυπάρχει αρμονικά με τη δέσμευση για έναν πιο υγιή πλανήτη.

4.6. Περιορισμοί της Υπάρχουσας Μεθοδολογίας και Πιθανές Βελτιώσεις

Ενώ η υπάρχουσα μεθοδολογία παρουσιάζει αρκετά δυνατά σημεία στην ανάλυση της κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin και των εκπομπών CO₂, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ορισμένους περιορισμούς που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την πληρότητα και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα, το σύνολο δεδομένων που χρησιμοποιείται, αν και είναι ολοκληρωμένο εντός του χρονικού πλαισίου που εξετάστηκε, περιορίζεται σε σχετικά σύντομη περίοδο - από τον Ιανουάριο έως τον Ιούλιο του 2023. Αυτός ο χρονικός περιορισμός εγείρει ανησυχίες σχετικά με τη δυνατότητα εφαρμογής των ευρημάτων σε μακροπρόθεσμες προβλέψεις. Χωρίς ένα πιο εκτεταμένο σύνολο δεδομένων, η ικανότητα της μεθοδολογίας να συλλαμβάνει και να προβλέπει με ακρίβεια τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του Bitcoin για εκτεταμένες περιόδους ενδέχεται να τεθεί σε κίνδυνο. Επιπλέον, ένας σημαντικός περιορισμός της υπάρχουσας προσέγγισης έγκειται στον αποκλεισμό εξωτερικών παραγόντων. Οι κανονιστικές αλλαγές, οι τεχνολογικές εξελίξεις και οι αλλαγές στις πηγές ενέργειας είναι δυναμικές μεταβλητές που μπορούν να ασκήσουν ουσιαστική επιρροή στην κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές του Bitcoin. Η παράβλεψη αυτών των παραγόντων μπορεί να οδηγήσει σε ελλιπή κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κρυπτονομίσματος.

4.6.1. Διαχρονική ανάλυση

Η προτεινόμενη βελτίωση μιας διαχρονικής ανάλυσης αντιπροσωπεύει ένα κρίσιμο βήμα προς την ενίσχυση της ακρίβειας και της πληρότητας της ερευνητικής μεθοδολογίας στην αξιολόγηση της κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin και των εκπομπών CO₂. Επεκτείνοντας το σύνολο δεδομένων για να συμπεριλάβει έναν πιο εκτεταμένο χρονικό ορίζοντα, οι ερευνητές μπορούν να εμβαθύνουν στην περίπλοκη αλληλεπίδραση των μεταβλητών με την πάροδο του χρόνου, καταγράφοντας τις άμπωτες και τις ροές που χαρακτηρίζουν τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο του κρυπτονομίσματος.

Το άμεσο όφελος από την ενσωμάτωση δεδομένων πολλαπλών ετών είναι η απόκτηση μιας ευρύτερης προοπτικής για τις τάσεις της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών του Bitcoin. Ενώ το υπάρχον σύνολο δεδομένων, που καλύπτει την περίοδο από τον Ιανουάριο έως τον Ιούλιο του 2023, παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τη συμπεριφορά του κρυπτονομίσματος εντός αυτού του χρονικού πλαισίου, δεν έχει εγγενώς την ικανότητα να καταγράφει τη μακροπρόθεσμη δυναμική. Ένα πιο εκτεταμένο σύνολο δεδομένων, που καλύπτει αρκετά χρόνια, επιτρέπει τον εντοπισμό κυκλικών προτύπων, εποχιακών παραλλαγών και άλλων επαναλαμβανόμενων φαινομένων που μπορεί να έχουν χαθεί σε μικρότερο χρονικό διάστημα.

Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο έχει εξελιχθεί ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος του Bitcoin με την πάροδο του χρόνου δεν είναι μόνο εγγενώς πολύτιμη αλλά και καθοριστική για την πραγματοποίηση τεκμηριωμένων προβλέψεων για το μέλλον. Η διαχρονική ανάλυση προσφέρει τα μέσα για την αποκάλυψη ιστορικών τάσεων και αλλαγών που θα μπορούσαν ενδεχομένως να καθοδηγήσουν πιο ακριβείς προβλέψεις σχετικά με την τροχιά του κρυπτονομίσματος. Μοτίβα που ενδέχεται να παραμείνουν ασαφή εντός των περιορισμών ενός συντομότερου συνόλου δεδομένων θα μπορούσαν να γίνουν εμφανή όταν παρατηρηθούν για μια πιο εκτεταμένη περίοδο, οδηγώντας σε μια πιο ολοκληρωμένη και ακριβή κατανόηση της χρήσης ενέργειας του Bitcoin και των εκπομπών CO₂.

Επιπλέον, η ενσωμάτωση μιας διαχρονικής ανάλυσης ευθυγραμμίζεται με τη δυναμική φύση του τοπίου των κρυπτονομισμάτων. Το ταξίδι του Bitcoin από την έναρξή του έως την τρέχουσα κατάσταση του ως εξέχον ψηφιακό περιουσιακό στοιχείο έχει χαρακτηριστεί από σημαντικές διακυμάνσεις, τεχνολογικές εξελίξεις και αλλαγές στο παγκόσμιο συναίσθημα. Ένα μεγαλύτερο χρονικό πλαίσιο προσαρμόζει αυτές τις παραλλαγές και ενσωματώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κρυπτονομίσματος στο πλαίσιο της ευρύτερης αφήγησης της ανάπτυξής του.

Κατά συνέπεια, με ένα εκτεταμένο σύνολο δεδομένων, οι ερευνητές θα είναι καλύτερα εξοπλισμένοι για να παράγουν αξιόπιστες και ακριβείς προβλέψεις των μελλοντικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων του Bitcoin. Καθώς τα μοτίβα και οι τάσεις παρατηρούνται σε ένα πιο σημαντικό χρονικό διάστημα, καθίσταται δυνατό να διακριθεί εάν η παρατηρούμενη ανοδική τροχιά στην κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές CO₂ θα παραμείνει ή εάν άλλοι παράγοντες ενδέχεται να επηρεάσουν μια διαφορετική τροχιά. Τελικά, η ενίσχυση μιας διαχρονικής ανάλυσης δίνει τη δυνατότητα στους ερευνητές να περιηγηθούν στην περίπλοκη σχέση μεταξύ των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του Bitcoin και του χρόνου, ρίχνοντας φως στην εξέλιξη του κρυπτονομίσματος στο πλαίσιο της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών.

4.6.2. Ένταξη Εξωτερικών Παραγόντων

Η προτεινόμενη μεθοδολογική βελτίωση της ενσωμάτωσης εξωτερικών παραγόντων στην ανάλυση αποτελεί μια κομβική πρόοδο προς μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου του Bitcoin. Αυτή η βελτίωση αναγνωρίζει ότι το οικοσύστημα κρυπτονομισμάτων δεν είναι μια απομονωμένη οντότητα, αλλά λειτουργεί σε ένα ευρύτερο κοινωνικο-οικονομικό και τεχνολογικό πλαίσιο. Οι κανονιστικές αλλαγές, οι τεχνολογικές εξελίξεις και οι αλλαγές στις πηγές ενέργειας είναι δυναμικά στοιχεία που μπορούν να ασκήσουν ουσιαστική επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin και τις εκπομπές CO₂, καθιστώντας αναγκαία την ενσωμάτωσή τους για μια πιο ακριβή αξιολόγηση.

Οι κανονιστικές αλλαγές ασκούν σημαντική επιρροή στο τοπίο των κρυπτονομισμάτων, αλλάζοντας ενδεχομένως το πλαίσιο εντός του οποίου λειτουργεί το Bitcoin. Το εξελισσόμενο ρυθμιστικό περιβάλλον μπορεί να επιβάλλει περιορισμούς, κίνητρα ή πρότυπα που επηρεάζουν άμεσα τον τρόπο με τον οποίο διεξάγονται οι συναλλαγές και η εξόρυξη Bitcoin. Αυτές οι αλλαγές μπορούν να οδηγήσουν τους ανθρακωρύχους προς την υιοθέτηση ενεργειακά αποδοτικών πρακτικών ή τη χρήση πιο πράσινων πηγών ενέργειας για να ευθυγραμμιστούν με τις ρυθμιστικές εντολές. Η ενσωμάτωση ρυθμιστικών παραγόντων επιτρέπει στους ερευνητές να κατανοήσουν πώς οι απαιτήσεις συμμόρφωσης οδηγούν σε αλλαγές στην κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές, μετριάζοντας ή επιδεινώνοντας δυνητικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του Bitcoin.

Οι τεχνολογικές εξελίξεις στη σφαίρα του blockchain και των κρυπτονομισμάτων έχουν τη δυνατότητα να αναδιαμορφώσουν τα πρότυπα κατανάλωσης ενέργειας. Καινοτομίες σε αλγόριθμους συναίνεσης, υλικό εξόρυξης και ενεργειακά αποδοτικά πρωτόκολλα μπορούν να επηρεάσουν άμεσα την ενεργειακή απόδοση των λειτουργιών του Bitcoin. Για παράδειγμα, μια στροφή προς ενεργειακώς αποδοτικότερους μηχανισμούς συναίνεσης, όπως η απόδειξη συμμετοχής, θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά την ενεργειακή ένταση του δικτύου. Η ενσωμάτωση των τεχνολογικών προόδων στην ανάλυση επιτρέπει στους ερευνητές να μετρήσουν πώς αυτές οι εξελίξεις αλληλεπιδρούν με τις τάσεις κατανάλωσης ενέργειας και ενδεχομένως να αλλάξουν την τροχιά των εκπομπών CO₂.

Η μετατόπιση των πηγών ενέργειας, με έμφαση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αποτελεί μια κρίσιμη οδό για τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα του Bitcoin. Καθώς το παγκόσμιο ενεργειακό μείγμα εξελίσσεται, με την αυξανόμενη υιοθέτηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι δραστηριότητες εξόρυξης Bitcoin θα μπορούσαν ενδεχομένως να μεταβούν σε πιο πράσινες πηγές ενέργειας. Αυτή η μετάβαση θα μπορούσε να μετριάσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ενεργοβόρων διεργασιών εξόρυξης. Η ενσωμάτωση των μετατοπίσεων της πηγής ενέργειας στην ανάλυση επιτρέπει στους ερευνητές να προβλέψουν πώς οι αλλαγές στην αλυσίδα εφοδιασμού ενέργειας μπορεί να επηρεάσουν την τροχιά εκπομπών του Bitcoin.

Με την ενσωμάτωση αυτών των εξωτερικών παραγόντων, η μεθοδολογία έρευνας αποκτά τη δυνατότητα να παρέχει μια πιο λεπτή και ακριβή αξιολόγηση των εξελισσόμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων του Bitcoin. Η δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ των ρυθμιστικών αλλαγών, των τεχνολογικών εξελίξεων και των αλλαγών στην πηγή ενέργειας διαμορφώνει τη συμπεριφορά και το οικολογικό αποτύπωμα του κρυπτονομίσματος. Καθώς αυτοί οι παράγοντες ενσωματώνονται, οι ερευνητές μπορούν να αναλύσουν πώς εκτυλίσσονται διαφορετικά σενάρια, επιτρέποντας μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση του πιθανού εύρους μελλοντικών περιβαλλοντικών αποτελεσμάτων.

4.6.3. Αυτοματοποίηση

Ενώ η υπάρχουσα μεθοδολογία προσφέρει πολύτιμες γνώσεις για την κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin και τις εκπομπές CO₂, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε τους περιορισμούς που παρεμπόδισαν ορισμένες πτυχές της έρευνας. Οι κύριοι περιορισμοί περιστρέφονται γύρω από την αξιοπιστία και την επικαιρότητα των καθημερινών πηγών δεδομένων που χρησιμοποιούνται. Αυτοί οι περιορισμοί κατέστησαν αναγκαία την εργασία με σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα, από τον Ιανουάριο έως τον Ιούλιο του 2023, γεγονός που εγείρει ανησυχίες σχετικά με την προέκταση των ευρημάτων σε μακροπρόθεσμες προβλέψεις. Ωστόσο, μια πιθανή οδός για τη βελτίωση αυτής της μεθοδολογίας βρίσκεται στον αυτοματισμό και σε πιο εκτεταμένες πηγές δεδομένων.

Ο αυτοματισμός θα μπορούσε να βελτιώσει σημαντικά τη συλλογή δεδομένων, επιτρέποντας τη συγκέντρωση πληροφοριών σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Επί του παρόντος, η εξάρτηση από τη μη αυτόματη συλλογή δεδομένων περιορίζει το εύρος του συνόλου δεδομένων, εμποδίζοντάς το να καταγράφει πλήρως τις μακροπρόθεσμες τάσεις και τις εποχιακές διακυμάνσεις. Η ενσωμάτωση αυτοματοποιημένης απόξεσης δεδομένων από αξιόπιστες πηγές που προσφέρουν ιστορικά δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών Bitcoin μπορεί να μετριάσει αυτούς τους περιορισμούς. Θα επέτρεπε στους ερευνητές να έχουν πρόσβαση σε ένα πιο εκτεταμένο σύνολο δεδομένων που καλύπτει πολλά χρόνια ή και δεκαετίες.

Επιπλέον, η επέκταση των πηγών δεδομένων ώστε να περιλαμβάνει πολλαπλές ανταλλαγές, ομάδες εξόρυξης και δεδομένα blockchain μπορεί να προσφέρει μια πιο ολιστική άποψη της χρήσης ενέργειας και των εκπομπών του Bitcoin. Τα αξιόπιστα και συνεπή δεδομένα από διάφορες πηγές θα ενίσχυαν την ευρωστία της ανάλυσης και θα βελτίωναν την ακρίβεια των προβλέψεων. Με την αυτοματοποίηση της διαδικασίας συλλογής δεδομένων και τη διεύρυνση των πηγών, η μελλοντική έρευνα μπορεί να ξεπεράσει ορισμένους από τους περιορισμούς που θέτει το περιορισμένο σύνολο δεδομένων σε αυτήν τη μελέτη.

4.6.4. Μελλοντική Έρευνα

Οι μεθοδολογικές βελτιώσεις που προτείνονται σε αυτή τη μελέτη έχουν σημαντικές επιπτώσεις για το παρόν και το μελλοντικό τοπίο της έρευνας βιωσιμότητας κρυπτονομισμάτων. Αυτές οι βελτιώσεις, που περιλαμβάνουν την επέκταση του χρονικού ορίζοντα του συνόλου δεδομένων, την ενσωμάτωση εξωτερικών παραγόντων, την υιοθέτηση τεχνικών πολυμεταβλητής ανάλυσης και την εξέταση της αυτοματοποίησης, υπόσχονται να επαναπροσδιορίσουν τη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται σε αυτόν τον τομέα.

Η επέκταση του χρονικού πλαισίου του συνόλου δεδομένων προσφέρει διπλό όφελος. Επιτρέπει στους ερευνητές να δημιουργήσουν μια πιο περίπλοκη αφήγηση των εξελισσόμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων του Bitcoin, υπερβαίνοντας τις παροδικές διακυμάνσεις για να αποκαλύψουν βαθιές, μακροπρόθεσμες τάσεις. Κατά συνέπεια, οι προβλέψεις σχετικά με το μελλοντικό οικολογικό αποτύπωμα του Bitcoin αποκτούν ακρίβεια και ευρωστία, παρέχοντας στους ενδιαφερόμενους σαφέστερες γνώσεις σχετικά με πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η ενσωμάτωση εξωτερικών παραγόντων, που περιλαμβάνουν ρυθμιστικές αλλαγές, τεχνολογικές εξελίξεις και μεταβάσεις στον ενεργειακό εφοδιασμό, προσθέτει ένα στοιχείο ρεαλισμού στη μεθοδολογία. Η αναγνώριση της ευαισθησίας του τομέα των κρυπτονομισμάτων σε αυτές τις εξωτερικές δυναμικές αναγνωρίζει την περίπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ του ψηφιακού χώρου και του πραγματικού κόσμου. Λαμβάνοντας υπόψη τις ρυθμιστικές προσαρμογές, οι ερευνητές μπορούν να κατανοήσουν πώς οι νομοθετικές και πολιτικές αλλαγές αλλάζουν το οικοσύστημα των κρυπτονομισμάτων, επηρεάζοντας την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές. Ομοίως, η λογιστική για τις τεχνολογικές καινοτομίες παρέχει μια πιο ολιστική προοπτική για το πώς οι αλλαγές στο υλικό εξόρυξης και οι αλγόριθμοι συναίνεσης μπορούν να επηρεάσουν την ενεργειακή απόδοση του δικτύου. Επιπλέον, η αναγνώριση των μεταβάσεων στις πηγές ενέργειας αναγνωρίζει την απτή κίνηση προς βιώσιμες πρακτικές και πώς αυτή η αλλαγή εκδηλώνεται στα πρότυπα κατανάλωσης ενέργειας. Το αποτέλεσμα είναι μια πιο ολοκληρωμένη μεθοδολογία που ευθυγραμμίζεται με την πολύπλευρη φύση του κλάδου των κρυπτονομισμάτων, προσφέροντας μια πιο ρεαλιστική απεικόνιση των περιβαλλοντικών του επιπτώσεων.

Αναπόσπαστο μέρος αυτού του μελλοντικού ερευνητικού παραδείγματος είναι η προτεινόμενη ενσωμάτωση του αυτοματισμού. Η προσθήκη αυτοματοποιημένων διαδικασιών συλλογής δεδομένων διασφαλίζει μια συνεχή, αξιόπιστη ροή δεδομένων, επιτρέποντας στους ερευνητές να απελευθερωθούν από τους περιορισμούς της μη αυτόματης συλλογής δεδομένων και να εργαστούν με σύνολα δεδομένων που καλύπτουν μεγαλύτερες περιόδους. Αξιοποιώντας την αυτοματοποιημένη απόξεση δεδομένων από αξιόπιστες πηγές που παρέχουν ιστορικά αλλά και καθημερινά δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών Bitcoin, η έρευνα μπορεί να επεκτείνει σημαντικά το εύρος της. Αυτό το ολοκληρωμένο

σύνολο δεδομένων περιλαμβάνει πολλά χρόνια ή και δεκαετίες, ενισχύοντας μια βαθύτερη κατανόηση των μακροπρόθεσμων τάσεων και προτύπων.

Συλλογικά, αυτές οι μεθοδολογικές βελτιώσεις προαναγγέλλουν μια νέα εποχή στην έρευνα βιωσιμότητας κρυπτονομισμάτων. Οι επιπτώσεις τους εκτείνονται πέρα από τις άμεσες ερευνητικές εφαρμογές, εισάγοντας ένα νέο παράδειγμα για την ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του ψηφιακού νομίσματος. Αυτή η πρόοδος όχι μόνο εμβαθύνει την κατανόησή μας για την επιρροή του Bitcoin, αλλά θέτει επίσης τις βάσεις για πιο εξελιγμένες μεθοδολογίες για τη διερεύνηση της βιωσιμότητας των αναδυόμενων τεχνολογιών. Καθώς το τοπίο των κρυπτονομισμάτων συνεχίζει την εξέλιξή του, αυτές οι βελτιώσεις χρησιμεύουν ως καθοδηγητικό φως, πλοηγώντας την περίπλοκη σχέση μεταξύ ψηφιακής καινοτομίας και οικολογικής ευθύνης. Έτσι, αυτή η έρευνα ανοίγει το δρόμο για πιο ενημερωμένες συζητήσεις σχετικά με το να γίνουν τα κρυπτονομίσματα πιο φιλικά προς το περιβάλλον. Μετατοπίζει τη συζήτηση από την απλή εξέταση βραχυπρόθεσμων ζητημάτων στη σκέψη για τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ψηφιακών νομισμάτων.

Συμπεράσματα

Η διασταύρωση τεχνολογίας και περιβαλλοντικής ευθύνης έχει καταστεί επιτακτική ανάγκη καθώς ο κόσμος περιηγείται στα ψηφιακά σύνορα. Η άνοδος των κρυπτονομισμάτων, ιδίως του Bitcoin, έχει προκαλέσει μια άνευ προηγουμένου συρροή καινοτομίας και οικολογικής ανησυχίας. Αυτή η εργασία ξεκίνησε ένα ολοκληρωμένο ταξίδι, εμβαθύνοντας στην περίπλοκη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin και των επακόλουθων εκπομπών CO₂. Μέσω σχολαστικής ανάλυσης, η μελέτη φώτισε τη δυναμική που στηρίζει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κρυπτονομίσματος, προσφέροντας πληροφορίες που ξεπερνούν τη σφαίρα της ψηφιακής χρηματοδότησης.

Το σύνολο δεδομένων που εκτείνεται από τον Ιανουάριο έως τον Ιούλιο του 2023 χρησίμευσε ως παράθυρο στα εξελισσόμενα πρότυπα χρήσης ενέργειας και τις εκπομπές CO₂ του Bitcoin. Η εξέταση αυτού του συνόλου δεδομένων αποκάλυψε μια συνεπή και αναλογική σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας του Bitcoin και των αντίστοιχων εκπομπών CO₂. Αυτή η άμεση συσχέτιση χρησιμεύει ως μια οδυνηρή υπενθύμιση της απτής οικολογικής επίδρασης που βρίσκεται κάτω από το ψηφιακό πέπλο των κρυπτονομισμάτων. Καθώς η κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin παρουσίαζε διακυμάνσεις, το σύνολο δεδομένων αποκάλυψε ένα μοτίβο απήχησης στις ημερήσιες εκπομπές CO₂. Αυτή η στενή σύνδεση υπογραμμίζει τη συμβιωτική αλληλεξάρτηση της κατανάλωσης ενέργειας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στη σφαίρα των κρυπτονομισμάτων.

Σε όλο το εύρος του συνόλου δεδομένων, εμφανίστηκε μια επικρατούσα ανοδική τροχιά τόσο στην κατανάλωση ενέργειας του Bitcoin όσο και στις ημερήσιες εκπομπές CO₂. Αυτή η ανοδική τάση, αν και χαρακτηρίζεται από διακυμάνσεις, σηματοδότησε την κύρια τροχιά προς την αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και το αυξανόμενο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Παρά τις αξιέπαινες προσπάθειες για την ενίσχυση της οικολογικής ενεργειακής απόδοσης, τα δεδομένα ζωγράρισαν μια εικόνα σταδιακής, αν και σταθερής, αύξησης του οικολογικού αντίκτυπου του Bitcoin. Αυτό χρησιμεύει ως έκκληση για δράση, απαιτώντας από την κοινότητα των κρυπτονομισμάτων όχι απλώς να δίνει προτεραιότητα στην καινοτομία και τα κέρδη, αλλά επίσης να δώσει προτεραιότητα σε βιώσιμες πρακτικές που μετριάζουν τις περιβαλλοντικές συνέπειες των προσπαθειών τους.

Ωστόσο, αυτή η ανάλυση δεν είναι χωρίς περιορισμούς. Το σχετικά σύντομο χρονικό πλαίσιο του συνόλου δεδομένων θέτει προκλήσεις για την ακριβή προβολή των μακροπρόθεσμων τάσεων. Επιπλέον, η ανάλυση παραλείπει σε μεγάλο βαθμό την επιρροή εξωτερικών μεταβλητών όπως οι ρυθμιστικές αλλαγές, οι τεχνολογικές ανακαλύψεις και οι αλλαγές στις πηγές ενέργειας. Αυτοί οι παράγοντες μπορούν να αλλάξουν σημαντικά το τοπίο του οικολογικού αντίκτυπου του Bitcoin, καθιστώντας μια πιο λεπτή κατανόηση απαραίτητη για ουσιαστικές προβολές.

Ως απάντηση, αυτή η εργασία έχει προτείνει μεθοδολογικές βελτιώσεις που επεκτείνουν τα όρια της έρευνας βιωσιμότητας κρυπτονομισμάτων. Αυτές οι βελτιώσεις περιλαμβάνουν την επέκταση του χρονικού εύρους του συνόλου δεδομένων για την καταγραφή μακροπρόθεσμων τάσεων, την ενσωμάτωση εξωτερικών παραγόντων για μίμηση της δυναμικής του πραγματικού κόσμου και την εφαρμογή τεχνικών πολυμεταβλητής ανάλυσης για την αποκάλυψη σύνθετων αλληλεξαρτήσεων μεταξύ

μεταβλητών. Συλλογικά, αυτές οι προτεινόμενες βελτιώσεις προσφέρουν μια πορεία προς πιο αξιόπιστες, ολοκληρωμένες και ενημερωμένες προβολές του περιβαλλοντικού αντίκτυπου του Bitcoin.

Καθώς το τοπίο των κρυπτονομισμάτων συνεχίζει να εξελίσσεται, γίνεται όλο και πιο εμφανές ότι οι οικολογικές συνέπειες των ψηφιακών καινοτομιών δεν μπορούν να αγνοηθούν. Οι προτεινόμενες μεθοδολογικές βελτιώσεις όχι μόνο διαμορφώνουν την τροχιά της μελλοντικής έρευνας αλλά προαναγγέλλουν επίσης μια ευρύτερη δέσμευση για βιώσιμες πρακτικές στον τομέα των κρυπτονομισμάτων. Οι επιπτώσεις αυτής της μελέτης εκτείνονται πέρα από τα όρια της άμεσης έρευνας, υπογραμμίζοντας τη σημασία της αναγνώρισης και της αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των αναδυόμενων τεχνολογιών. Καθώς οι ενδιαφερόμενοι στο οικοσύστημα κρυπτονομισμάτων πλοηγούνται προς τα εμπρός, καλούνται να επιτύχουν μια λεπτή ισορροπία μεταξύ της καινοτομίας, της οικονομικής ανάπτυξης και της περιβαλλοντικής ευθύνης. Αυτή η εργασία, τόσο στα ευρήματά της όσο και στις προτεινόμενες βελτιώσεις, προσφέρει ένα καθοδηγητικό φως σε αυτό το ταξίδι, υποστηρίζοντας ένα μέλλον όπου η ψηφιακή καινοτομία και η βιωσιμότητα συνενώνονται για να διαμορφώσουν ένα πιο υπεύθυνο και ευσυνείδητο τεχνολογικό τοπίο.

Παράρτημα

Κώδικας Προγράμματος

```
import requests
from bs4 import BeautifulSoup
from lxml import etree
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from selenium import webdriver
from selenium.webdriver.common.by import By
from selenium.webdriver.support.ui import WebDriverWait
from selenium.webdriver.support import expected_conditions as EC
from selenium.common.exceptions import TimeoutException
import time
from datetime import datetime
from datetime import datetime, timedelta
import sqlite3

# Function to save data to an SQLite database
def save_data_to_database(conn, date, co2_levels, bitcoin_co2, percentage_relationship):
    cursor = conn.cursor()

    # Insert the data into the table
    cursor.execute('INSERT INTO daily_data VALUES (?, ?, ?, ?)', (date, co2_levels, bitcoin_co2,
    percentage_relationship))

    # Commit the changes
    conn.commit()

# Connect to the SQLite database
conn = sqlite3.connect('data.db')

# Scrape data from websites
def scrape_energy_consumption():
    # Make a GET request to the website containing energy consumption data
    response = requests.get('https://ccaf.io/cbnsi/cbeci')

    # Parse the HTML content
    soup = BeautifulSoup(response.content, 'html.parser')
    xpath =
    "/html/body/div/div/div/div[1]/main/div/div/div[3]/div[2]/div/div[2]/div/div[1]/div[1]/h2"
    # Extract the energy consumption value
```

```

    dom = etree.HTML(str(soup))
    return float(dom.xpath(xpath)[0].text)

def scrape_daily_co2_levels():
    # Set up the Firefox WebDriver
    driver = webdriver.Firefox()

    # Navigate to the website containing CO2 levels data
    driver.get('https://www.co2.earth/daily-co2')

    # Wait for the CO2 level element to load
    try:
        WebDriverWait(driver, 10).until(EC.presence_of_element_located((By.ID,
        'sourceReadingValue')))
        time.sleep(2) # Additional wait to ensure content is fully loaded
    except TimeoutException:
        print("Timed out waiting for element to load")
        driver.quit()
        return None

    # Parse the HTML content using BeautifulSoup
    soup = BeautifulSoup(driver.page_source, 'html.parser')

    # Extract the daily CO2 value with units
    xpath = '//*[@id="sourceReadingValue"]'
    dom = etree.HTML(str(soup))
    co2_levels_with_units = dom.xpath(xpath)[0].text

    # Close the driver
    driver.quit()

    # Extract the numeric value and convert to float
    co2_value = co2_levels_with_units.replace(' ppm', '')
    return float(co2_value)

# Calculate Bitcoin's CO2 contribution
def calculate_bitcoin_co2(energy_consumption):
    correlation = 557.76 / (10**6) # gCO2/kWh to MtCO2/gWh
    bitcoin_co2 = energy_consumption * correlation

    return bitcoin_co2

```

```

# Get the current date
current_date = datetime.now().date()

# Calculate the date for the previous day
previous_date = current_date - timedelta(days=1)

# Call the necessary functions and save the previous day's data to the database
co2_levels = scrape_daily_co2_levels()
bitcoin_co2 = round(calculate_bitcoin_co2(scrape_energy_consumption()), 2)
rounded_percentage = (bitcoin_co2 / co2_levels) * 100
save_data_to_database(conn, previous_date, co2_levels, bitcoin_co2, rounded_percentage)

# Visualize all saved data in a table
def visualize_all_data_table(all_data):
    df = pd.DataFrame(all_data, columns=['Date', 'CO2 Levels', 'Bitcoin CO2', 'Percentage Relationship'])
    df['Date'] = pd.to_datetime(df['Date']).dt.date # Convert the 'Date' column to date format
    df = df.sort_values(by='Date')

    # Format the 'Percentage Relationship' column to include the percentage sign
    df['Percentage Relationship'] = df['Percentage Relationship'].apply(lambda x: f'{x:.2f}%')

    plt.axis('tight')
    plt.axis('off')
    plt.table(cellText=df.values, colLabels=df.columns, cellLoc='center', loc='center')
    plt.title('All Daily CO2 & Bitcoin CO2 Levels')
    plt.show()

def get_all_data(conn):
    cursor = conn.cursor()
    cursor.execute('SELECT date, co2_levels, bitcoin_co2, percentage_relationship FROM daily_data')
    all_data = cursor.fetchall()
    return all_data

# Retrieve all data from the database
all_data = get_all_data(conn)

# Call the visualization functions
visualize_all_data_table(all_data)

# Close the database connection
conn.close()

```

Συμπληρωματικός Κώδικας

```
import sqlite3
import pandas as pd
from tabulate import tabulate

# Connect to the database
conn = sqlite3.connect('data.db')
cursor = conn.cursor()

# Insert data into the table
date = '' # date
co2_levels = # levels of global co2
bitcoin_co2 = round(calculate_bitcoin_co2( ), 3) # bitcoin energy
percentage_relationship = round((bitcoin_co2 / co2_levels) * 100, 2)

cursor.execute('INSERT INTO daily_data VALUES (?, ?, ?, ?)', (date, co2_levels, bitcoin_co2,
    percentage_relationship))

# Commit the changes and close the connection
conn.commit()

# Connect to the database
conn = sqlite3.connect('data.db')
cursor = conn.cursor()

# Fetch data from the database
cursor.execute('SELECT * FROM daily_data')
rows = cursor.fetchall()

# Create a DataFrame from the fetched data
df = pd.DataFrame(rows, columns=['Date', 'Daily Global CO2', 'Daily Bitcoin CO2', 'Relationship'])

# Format the 'Relationship' column with 2 decimal places and a %
df['Relationship'] = df['Relationship'].apply(lambda x: f'{x:.2f}%')

# Convert DataFrame to tabular format with lines and borders
table = tabulate(df, headers='keys', tablefmt='pretty', numalign='center')

# Display the formatted table
print(table)

# Close the connection
```

```
conn.close()
```

Συμπληρωματικός Κώδικας Οπτικοποίησης Α

```
import sqlite3
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

# Connect to the database
conn = sqlite3.connect('data.db')
cursor = conn.cursor()

# Retrieve data from the database
cursor.execute('SELECT * FROM daily_data')
rows = cursor.fetchall()

# Create a DataFrame from the fetched data
df = pd.DataFrame(rows, columns=['Date', 'Daily Global CO2', 'Daily Bitcoin CO2', 'Relationship',
                                'Bitcoin Energy Con'])

# Format the 'Relationship' column with 2 decimal places and a %
df['Relationship'] = df['Relationship'].apply(lambda x: f'{x:.2f}%')

# Close the connection
conn.close()

# Reorder columns to place 'Bitcoin Energy Consumption' between 'Daily Global CO2' and 'Daily
    Bitcoin CO2'
df = df[['Date', 'Daily Global CO2', 'Bitcoin Energy Con', 'Daily Bitcoin CO2', 'Relationship']]

# Create a table using Matplotlib
fig, ax = plt.subplots(figsize=(10, 6))
ax.axis('tight')
ax.axis('off')
the_table = ax.table(cellText=df.values, colLabels=df.columns, cellLoc='center', loc='center')

# Adjust table properties
the_table.auto_set_font_size(False)
the_table.set_fontsize(12)
the_table.scale(1.2, 1.2)
plt.show()
```

Συμπληρωματικός Κώδικας Οπτικοποίησης Β

```
import sqlite3
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

# Connect to the database
conn = sqlite3.connect('data.db')
cursor = conn.cursor()

# Retrieve data from the database
cursor.execute('SELECT * FROM daily_data')
rows = cursor.fetchall()

# Create a DataFrame from the fetched data
df = pd.DataFrame(rows, columns=['Date', 'Daily Global CO2', 'Daily Bitcoin CO2', 'Relationship',
'Bitcoin Energy Con'])

# Format the 'Relationship' column with 2 decimal places and a %
df['Relationship'] = df['Relationship'].apply(lambda x: f'{x:.2f}%')

# Close the connection
conn.close()

# Reorder columns to place 'Bitcoin Energy Consumption' between 'Daily Global CO2' and 'Daily
Bitcoin CO2'
df = df[['Date', 'Daily Global CO2', 'Bitcoin Energy Con', 'Daily Bitcoin CO2', 'Relationship']]

# Assuming 'Date' is in datetime format, if not, convert it using pd.to_datetime
df['Date'] = pd.to_datetime(df['Date'])

plt.figure(figsize=(12, 6))
plt.plot(df['Date'], df['Daily Bitcoin CO2'], label='Καθημερινό CO2 Bitcoin', marker='o', color='orange')
plt.xlabel('Ημερομηνία')
plt.ylabel('Εκπομπές CO2 (Bitcoin)')
plt.title('Καθημερινές εκπομπές CO2 Bitcoin')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()
```

Συμπληρωματικός Κώδικας Οπτικοποίησης Γ

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

```

# Parameters
growth_rate = 0.005
years = range(0, 301, 20)

# Calculate the formula for each year
values = [(1 + growth_rate) ** year - 1 for year in years]

# Create a line chart
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(years, values, marker='o', linestyle='-', color='blue')
plt.xlabel('Έτος')
plt.ylabel('Αποτέλεσμα εξίσωσης')
plt.grid(True)
plt.show()

```

Συμπληρωματικός Κώδικας Οπτικοποίησης Δ

```

import matplotlib.pyplot as plt

# Parameters
growth_rate = 0.0034
years = range(2, 105, 5)

# Calculate the formula for each year
values = [(((1 + growth_rate) ** year) - 1) * 100 for year in years]

# Create a line chart
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(years, values, marker='o', linestyle='-', color='blue', label='Αύξηση')

# Color specific points differently
plt.scatter([2, 5, 20, 100], [(((1 + growth_rate) ** year) - 1) * 100 for year in [2, 5, 20, 100]], color='red',
label='Σημεία Ενδιαφέροντος')

plt.xlabel('Έτη')
plt.ylabel('Αποτέλεσμα εξίσωσης (%)')
plt.grid(True)
plt.legend() # Add a legend to distinguish the blue line and red points
plt.show()

```

Πίνακας Δεδομένων

Ημέρα	Καθημερινό Παγκόσμιο CO2	Καθημερινό Bitcoin CO2	Κατανάλωση Ενέργειας Bitcoin	Σχέση	Ημερήσιος Ρυθμός ανάπτυξης
2023-01-01	100.6	0.006	10.15	0.005964214712	-3.732057416
2023-01-02	104.5	0.006	10.36	0.005741626794	-5.940594059
2023-01-03	111.1	0.006	10.67	0.005400540054	-1.06856634
2023-01-04	112.3	0.006	10.35	0.005342831701	-1.144366197
2023-01-05	113.6	0.006	10.43	0.005281690141	1.247771836
2023-01-06	112.2	0.006	10.55	0.005347593583	1.630434783
2023-01-07	110.4	0.006	10.45	0.005434782609	3.177570093
2023-01-08	107	0.006	10.35	0.005607476636	-4.549509367
2023-01-09	112.1	0.006	10.26	0.005352363961	-2.690972222
2023-01-10	115.2	0.006	10.4	0.005208333333	0.2610966057
2023-01-11	114.9	0.006	10.44	0.005221932115	2.680965147
2023-01-12	111.9	0.006	10.41	0.005361930295	0.9927797834
2023-01-13	110.8	0.006	10.25	0.005415162455	2.025782689
2023-01-14	108.6	0.006	10.47	0.005524861878	2.356267672
2023-01-15	106.1	0.006	10.68	0.005655042413	-5.688888889
2023-01-16	112.5	0.006	10.87	0.005333333333	-3.350515464
2023-01-17	116.4	0.006	10.99	0.005154639175	0.08598452279
2023-01-18	116.3	0.006	11.16	0.005159071367	1.572052402
2023-01-19	114.5	0.006	11.32	0.005240174672	-0.2613240418
2023-01-20	114.8	0.006	11.26	0.005226480836	3.610108303
2023-01-21	110.8	0.006	11.12	0.005415162455	3.165735568
2023-01-22	107.4	0.006	11.19	0.005586592179	-4.955752212
2023-01-23	113	0.006	11.38	0.005309734513	-3.004291845
2023-01-24	116.5	0.006	11.13	0.005150214592	-1.019541206
2023-01-25	117.7	0.006	11.57	0.005097706032	19.09511419
2023-01-26	115.3	0.007	11.72	0.00607111882	-1.114922813
2023-01-27	116.6	0.007	12.01	0.006003430532	2.280701754

2023-01-28	114	0.007	12.39	0.006140350877	6.046511628
2023-01-29	107.5	0.007	12.57	0.006511627907	-3.587443946
2023-01-30	111.5	0.007	12.41	0.006278026906	-2.449693788
2023-01-31	114.3	0.007	12.32	0.006124234471	3.065825068
2023-02-01	110.9	0.007	11.98	0.006311992786	-2.03180212
2023-02-02	113.2	0.007	11.99	0.006183745583	0.4436557232
2023-02-03	112.7	0.007	11.86	0.006211180124	-12.65822785
2023-02-04	110.6	0.006	11.59	0.005424954792	6.346153846
2023-02-05	104	0.006	11.53	0.005769230769	10.50394657
2023-02-06	109.8	0.007	11.67	0.006375227687	-3.089143866
2023-02-07	113.3	0.007	12.02	0.006178287732	-1.048034934
2023-02-08	114.5	0.007	12.01	0.006113537118	-0.9515570934
2023-02-09	115.6	0.007	12.16	0.006055363322	1.671064204
2023-02-10	113.7	0.007	12.29	0.006156552331	4.025617566
2023-02-11	109.3	0.007	12.41	0.006404391583	3.601895735
2023-02-12	105.5	0.007	12.5	0.00663507109	-4.524886878
2023-02-13	110.5	0.007	12.56	0.006334841629	-2.385159011
2023-02-14	113.2	0.007	12.67	0.006183745583	-0.3521126761
2023-02-15	113.6	0.007	12.96	0.006161971831	1.700984781
2023-02-16	111.7	0.007	13.15	0.006266786034	2.383134739
2023-02-17	109.1	0.007	13.36	0.006416131989	17.62803235
2023-02-18	106	0.008	13.59	0.007547169811	6.318956871
2023-02-19	99.7	0.008	13.58	0.008024072217	-3.109815355
2023-02-20	102.9	0.008	13.48	0.007774538387	-4.279069767
2023-02-21	107.5	0.008	13.63	0.007441860465	-15.02935863
2023-02-22	110.7	0.007	13.38	0.006323396567	-0.6283662478
2023-02-23	111.4	0.007	13.31	0.006283662478	0.4508566276
2023-02-24	110.9	0.007	13	0.006311992786	3.162790698
2023-02-25	107.5	0.007	12.42	0.006511627907	4.267701261
2023-02-26	103.1	0.007	12.72	0.006789524733	-4.625346901
2023-02-27	108.1	0.007	12.82	0.006475485661	-2.524797115
2023-02-28	110.9	0.007	12.65	0.006311992786	-4.888507719

2023-03-01	116.6	0.007	13.19	0.006003430532	-0.5967604433
2023-03-02	117.3	0.007	13.01	0.005967604433	15.26839455
2023-03-03	116.3	0.008	13.56	0.006878761823	4.869251578
2023-03-04	110.9	0.008	14.13	0.007213706041	4.327375353
2023-03-05	106.3	0.008	13.93	0.007525870179	-3.887884268
2023-03-06	110.6	0.008	13.76	0.007233273056	-0.09033423668
2023-03-07	110.7	0.008	14.05	0.007226738934	-0.2702702703
2023-03-08	111	0.008	13.52	0.007207207207	-12.57875788
2023-03-09	111.1	0.007	13.36	0.006300630063	0.634057971
2023-03-10	110.4	0.007	12.88	0.00634057971	2.316960148
2023-03-11	107.9	0.007	13	0.006487488415	5.577299413
2023-03-12	102.2	0.007	13.03	0.006849315068	-2.851711027
2023-03-13	105.2	0.007	13.35	0.006653992395	-3.926940639
2023-03-14	109.5	0.007	13.1	0.006392694064	-2.319357716
2023-03-15	112.1	0.007	13.28	0.006244424621	2.749770852
2023-03-16	109.1	0.007	13.27	0.006416131989	14.81189161
2023-03-17	108.6	0.008	13.45	0.007366482505	-9.928909953
2023-03-18	105.5	0.007	13.43	0.00663507109	2.526724976
2023-03-19	102.9	0.007	13.29	0.006802721088	-3.289473684
2023-03-20	106.4	0.007	13.27	0.006578947368	-1.663585952
2023-03-21	108.2	0.007	13.33	0.006469500924	16.32845048
2023-03-22	106.3	0.008	13.56	0.007525870179	0.9496676163
2023-03-23	105.3	0.008	14.28	0.007597340931	-0.3784295175
2023-03-24	105.7	0.008	14.72	0.00756859035	2.125603865
2023-03-25	103.5	0.008	14.8	0.007729468599	3.915662651
2023-03-26	99.6	0.008	15.04	0.008032128514	5.70754717
2023-03-27	106	0.009	15.27	0.008490566038	-3.284671533
2023-03-28	109.6	0.009	15.36	0.008211678832	2.143522833
2023-03-29	107.3	0.009	15.46	0.008387698043	2.58126195
2023-03-30	104.6	0.009	15.34	0.008604206501	-9.554690878
2023-03-31	102.8	0.008	15.11	0.007782101167	3.212851406
2023-04-01	99.6	0.008	15.04	0.008032128514	2.469135802

2023-04-02	97.2	0.008	15.11	0.008230452675	-5.263157895
2023-04-03	102.6	0.008	14.86	0.007797270955	8.075842697
2023-04-04	106.8	0.009	15.28	0.008426966292	-11.27725857
2023-04-05	107	0.008	15.11	0.007476635514	0.6585136406
2023-04-06	106.3	0.008	15.14	0.007525870179	3.404669261
2023-04-07	102.8	0.008	15.15	0.007782101167	16.93629929
2023-04-08	98.9	0.009	15.25	0.009100101112	-5.977421272
2023-04-09	93.5	0.008	15.17	0.008556149733	-0.3198294243
2023-04-10	93.8	0.008	15.05	0.008528784648	-6.85203575
2023-04-11	100.7	0.008	14.93	0.007944389275	11.61330049
2023-04-12	101.5	0.009	15.34	0.008866995074	-11.97831978
2023-04-13	102.5	0.008	15.16	0.007804878049	-0.8704061896
2023-04-14	103.4	0.008	15.18	0.007736943907	15.74626866
2023-04-15	100.5	0.009	15.4	0.008955223881	-7.713498623
2023-04-16	96.8	0.008	15.15	0.00826446281	7.92864222
2023-04-17	100.9	0.009	15.68	0.008919722498	-2.417794971
2023-04-18	103.4	0.009	15.92	0.008704061896	1.075268817
2023-04-19	102.3	0.009	15.6	0.008797653959	-0.968054211
2023-04-20	103.3	0.009	15.49	0.008712487899	0.486381323
2023-04-21	102.8	0.009	15.6	0.008754863813	3.524672709
2023-04-22	99.3	0.009	15.5	0.009063444109	1.950718686
2023-04-23	97.4	0.009	15.89	0.009240246407	-2.794411178
2023-04-24	100.2	0.009	15.71	0.008982035928	-13.77863827
2023-04-25	103.3	0.008	15.07	0.007744433688	-0.8637236084
2023-04-26	104.2	0.008	14.92	0.007677543186	1.7578125
2023-04-27	102.4	0.008	14.82	0.0078125	0.5893909627
2023-04-28	101.8	0.008	14.77	0.007858546169	4.303278689
2023-04-29	97.6	0.008	14.5	0.008196721311	6.550218341
2023-04-30	91.6	0.008	14.43	0.008733624454	2.575587906
2023-05-01	89.3	0.008	14.96	0.008958566629	-6.882168926
2023-05-02	95.9	0.008	15	0.008342022941	-1.741803279
2023-05-03	97.6	0.008	15.17	0.008196721311	11.13360324

2023-05-04	98.8	0.009	15.48	0.009109311741	-11.46953405
2023-05-05	99.2	0.008	15.1	0.008064516129	15.2892562
2023-05-06	96.8	0.009	15.36	0.009297520661	5.446623094
2023-05-07	91.8	0.009	15.3	0.009803921569	-15.70247934
2023-05-08	96.8	0.008	14.7	0.00826446281	-4.063429138
2023-05-09	100.9	0.008	15.11	0.00792864222	10.85205078
2023-05-10	102.4	0.009	15.65	0.0087890625	0.1956947162
2023-05-11	102.2	0.009	15.77	0.008806262231	1.792828685
2023-05-12	100.4	0.009	16.16	0.008964143426	3.933747412
2023-05-13	96.6	0.009	16.13	0.009316770186	3.759398496
2023-05-14	93.1	0.009	16.72	0.009667024705	-5
2023-05-15	98	0.009	16.91	0.009183673469	-2.777777778
2023-05-16	100.8	0.009	16.97	0.008928571429	-1.5625
2023-05-17	102.4	0.009	16.82	0.0087890625	0.09775171066
2023-05-18	102.3	0.009	16.72	0.008797653959	1.588877855
2023-05-19	100.7	0.009	16.9	0.008937437934	5.005213764
2023-05-20	95.9	0.009	16.71	0.009384775808	4.352557127
2023-05-21	91.9	0.009	16.39	0.009793253536	-5.840163934
2023-05-22	97.6	0.009	16.38	0.009221311475	-3.461918892
2023-05-23	101.1	0.009	16.41	0.008902077151	0
2023-05-24	101.1	0.009	16.06	0.008902077151	1.30260521
2023-05-25	99.8	0.009	16.08	0.009018036072	1.732925586
2023-05-26	98.1	0.009	15.98	0.009174311927	3.371970495
2023-05-27	94.9	0.009	16.06	0.009483667018	4.630650496
2023-05-28	90.7	0.009	16.05	0.009922822492	-4.021164021
2023-05-29	94.5	0.009	16.18	0.009523809524	-4.833836858
2023-05-30	99.3	0.009	16.06	0.009063444109	-2.647058824
2023-05-31	102	0.009	16.02	0.008823529412	2.306920762
2023-06-01	99.7	0.009	15.77	0.009027081244	-0.5982053838
2023-06-02	100.3	0.009	16.02	0.008973080758	1.00011443
2023-06-03	97.1	0.0088	15.86	0.009062821833	4.184549356
2023-06-04	93.2	0.0088	15.76	0.009442060086	-7.90513834

2023-06-05	98.9	0.0086	15.47	0.008695652174	-3.228962818
2023-06-06	102.2	0.0086	15.5	0.008414872798	0.1960784314
2023-06-07	102	0.0086	15.46	0.008431372549	3.338705964
2023-06-08	101	0.0088	15.8	0.008712871287	1.943839594
2023-06-09	100.2	0.0089	15.88	0.008882235529	4.567433123
2023-06-10	96.9	0.009	16.2	0.009287925697	3.350914205
2023-06-11	94.8	0.0091	16.37	0.009599156118	-1.939760644
2023-06-12	98.8	0.0093	16.6	0.009412955466	-4.272640148
2023-06-13	102.1	0.0092	16.48	0.009010773751	-2.235994781
2023-06-14	103.3	0.0091	16.25	0.00880929332	-2.140962486
2023-06-15	104.4	0.009	16.12	0.008620689655	-1.846153846
2023-06-16	104	0.0088	15.84	0.008461538462	3.542982697
2023-06-17	99.3	0.0087	15.65	0.008761329305	3.761755486
2023-06-18	94.6	0.0086	15.49	0.009090909091	-7.608695652
2023-06-19	101.2	0.0085	15.28	0.008399209486	-5.562406266
2023-06-20	105.9	0.0084	15.14	0.007932011331	-0.8426966292
2023-06-21	106.8	0.0084	15.13	0.007865168539	-0.3507351949
2023-06-22	105.9	0.0083	14.96	0.007837582625	-0.05010370301
2023-06-23	103.4	0.0081	14.56	0.007833655706	7.802825139
2023-06-24	97.1	0.0082	14.67	0.008444902163	3.85026738
2023-06-25	93.5	0.0082	14.73	0.008770053476	-4.78848702
2023-06-26	99.4	0.0083	14.82	0.008350100604	-4.054054054
2023-06-27	103.6	0.0083	14.9	0.008011583012	-3.623533683
2023-06-28	106.2	0.0082	14.76	0.007721280603	3.063395926
2023-06-29	104.3	0.0083	14.91	0.007957813998	3.614457831
2023-06-30	104.3	0.0086	15.4	0.008245445829	5.730471079
2023-07-01	97.5	0.0085	15.18	0.008717948718	5.16744011
2023-07-02	93.8	0.0086	15.43	0.009168443497	-6.824821783
2023-07-03	99.5	0.0085	15.31	0.008542713568	-1.592777874
2023-07-04	102.3	0.0086	15.33	0.008406647116	6.844450634
2023-07-05	100.2	0.009	16.05	0.008982035928	-4.078735076
2023-07-06	103.3	0.0089	15.97	0.008615682478	3.246674794

2023-07-07	102.3	0.0091	16.27	0.00889540567	8.976227854
2023-07-08	98	0.0095	16.99	0.009693877551	2.083333333
2023-07-09	96	0.0095	17	0.009895833333	-6.630869763
2023-07-10	103.9	0.0096	17.29	0.009239653513	-2.34962406
2023-07-11	106.4	0.0096	17.23	0.009022556391	0.2827521206
2023-07-12	106.1	0.0096	17.17	0.009048067861	-1.505823952
2023-07-13	106.6	0.0095	17	0.008911819887	-1.682205514
2023-07-14	105	0.0092	16.56	0.008761904762	1.801180678
2023-07-15	100.9	0.009	16.05	0.008919722498	1.607829826
2023-07-16	98.2	0.0089	15.95	0.009063136456	-6.367763536
2023-07-17	103.7	0.0088	15.75	0.008486017358	0.313589591
2023-07-18	106.9	0.0091	16.26	0.008512628625	0.2814258912
2023-07-19	106.6	0.0091	16.31	0.008536585366	1.098901099
2023-07-20	106.6	0.0092	16.42	0.008630393996	-3.442028986
2023-07-21	106.8	0.0089	15.96	0.008333333333	5.742574257
2023-07-22	101	0.0089	15.9	0.008811881188	3.380091656
2023-07-23	96.6	0.0088	15.77	0.009109730849	-4.870762149
2023-07-24	102.7	0.0089	15.99	0.008666017527	-4.931690501
2023-07-25	105.6	0.0087	15.55	0.008238636364	-0.5845648604
2023-07-26	105	0.0086	15.4	0.00819047619	1.058710298
2023-07-27	103.9	0.0086	15.44	0.008277189605	3.824491279
2023-07-28	102.4	0.0088	15.77	0.00859375	3.832167832
2023-07-29	97.5	0.0087	15.63	0.008923076923	6.043752317
2023-07-30	93	0.0088	15.82	0.009462365591	-6.08459467
2023-07-31	97.9	0.0087	15.56	0.008886618999	
				Μέσος Όρος Ημερήσιου Ρυθμού Ανάπτυξης	0.3480486595

Βιβλιογραφία

- [1] Παπαμανώλη, Ελένη. 2021. «Κλιματική αλλαγή και παράκτιο θαλάσσιο περιβάλλον – Αναμενόμενες επιπτώσεις, μεταβολές και τάσεις.» <http://docplayer.gr/219009814-Klimatiki-allagi-kai-paraktio-thalassio-perivallon-anamenomenes-epiptoseis-metavoles-kai-taseis.html>.
- [2] Μαλιώτου, Παναγιώτα. 2022. «Κλιματική Αλλαγή – Επισκόπηση Θεσμικού Πλαισίου.» <http://dx.doi.org/10.26240/heal.ntua.22833>.
- [3] Alonso, Sergio L. 2021. «Sergio Luis Nández Alonso.» [mdpi.com](https://doi.org/10.3390/en14144254). <https://doi.org/10.3390/en14144254>.
- [4] Bentov, Iddo. 2014. «Cryptocurrencies Without Proof of Work.» [arxiv.org](https://doi.org/10.48550/arXiv.1406.5694). <https://doi.org/10.48550/arXiv.1406.5694>.
- [5] Bitir-Istrate, Ioan. 2021. «The transition towards an environmental sustainability for Cryptocurrency mining.» [e3s-conferences.org](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202129403004). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202129403004>.
- [6] Böhme, Rainer. 2015. «Bitcoin: Economics, Technology, and Governance.» [aeaweb.org](https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.29.2.213). <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.29.2.213>.
- [7] Byrne, Kenneth A. 2004. «The role of forests in the global carbon cycle and in climate change policy.» [journal.societyofirishforesters.ie](https://journal.societyofirishforesters.ie/index.php/forestry/article/view/9945). <https://journal.societyofirishforesters.ie/index.php/forestry/article/view/9945>.
- [8] Calma, Justine. 2021. «The climate controversy swirling around NFTs.» [The Verge](https://www.theverge.com/2021/3/15/22328203/nft-cryptoart-ethereum-blockchain-climate-change). <https://www.theverge.com/2021/3/15/22328203/nft-cryptoart-ethereum-blockchain-climate-change>.
- [9] Cazenave, Anny. 2013. «Sea Level Change.» [researchgate.net](https://www.researchgate.net/publication/281918968_Sea_Level_Change). https://www.researchgate.net/publication/281918968_Sea_Level_Change.

- [10] Conklin, Michael. 2022. «The Ethics of Investing in Cryptocurrencies.» papers.ssrn.com.
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3919795.
- [11] Dilek, Şerif. 2019. «Bitcoin Mining and Its Environmental Effects.» semanticscholar.org.
<https://www.semanticscholar.org/paper/BITCOIN-MINING-AND-ITS-ENVIRONMENTAL-EFFECTS-Dilek-Furuncu/7e3d121792431073a897eb8a06b4a4db17a3a407>.
- [12] Egiyi, Modesta. 2020. «Cryptocurrency and Climate Change: An Overview.» researchgate.net.
https://www.researchgate.net/publication/340389249_Cryptocurrency_and_Climate_Change_An_Overview.
- [13] Erdogan, Sinan. 2022. «Analyzing asymmetric effects of cryptocurrency demand on environmental sustainability.» springer.com. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17998-y>.
- [14] Farrell, Ryan M. 2015. «An Analysis of the Cryptocurrency Industry.» researchgate.net.
https://www.researchgate.net/publication/304089371_An_Analysis_of_the_Cryptocurrency_Industry.
- [15] Fiat, Amos. 2019. «Energy Equilibria in Proof-of-Work Mining.»
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3328526.3329630>.
- [16] Gallersdörfer, Ulrich. 2020. «Energy Consumption of Cryptocurrencies Beyond Bitcoin.»
ncbi.nlm.nih.gov. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7402366/>.
- [17] García-Corral, Francisco J. 2022. «A bibliometric review of cryptocurrencies: how have they grown?» springeropen.com. <https://doi.org/10.1186/s40854-021-00306-5>.
- [18] Goodkind, Andrew L. 2020. «Cryptodamages: Monetary value estimates of the air pollution and human health impacts of cryptocurrency mining.» sciencedirect.com.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101281>.
- [19] Houghton, John. 2005. «Global warming.» iopscience.iop.org.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0034-4885/68/6/R02>.

- [20] Inacio, Igor. 2021. «Environmental Costs Related to Cryptocurrency Mining: Ensuring that Innovation Does Not Happen at the Expense of the Environment.» [ssrn.com](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3909764).
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3909764.
- [21] Kemajou-Brown, I. 2021. «Estimating Environmental Damages Cost of Cryptocurrency Mining using Statistical Methods.» fintech.morgan.edu.
https://fintech.morgan.edu/wp-content/uploads/Crypto_Damages_Fintech_2021-Isabelle-Kemajou-Brown-1.pdf.
- [22] Kerr, Richard A. 2007. «Global Warming Is Changing the World.» [science.org](https://www.science.org).
<https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.316.5822.188>.
- [23] Kohli, Varun. 2023. «An analysis of energy consumption and carbon footprints of cryptocurrencies and possible solutions.» [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com). <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2022.06.017>.
- [24] Krause, Max J. 2018. «Quantification of energy and carbon costs for mining cryptocurrencies.» [nature.com](https://www.nature.com). <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0152-7>.
- [25] Li, Jingming. 2018. «Energy consumption of cryptocurrency mining: A study of electricity consumption in mining cryptocurrencies.» [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com).
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.046>.
- [26] Patz, Jonathan A. 2014. «Climate Change Challenges and Opportunities for Global Health.» pubmed.ncbi.nlm.nih.gov. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25244362/>.
- [27] Peters, Glen P. 2012. «The challenge to keep global warming below 2 °C.» [nature.com](https://www.nature.com).
<https://www.nature.com/articles/nclimate1783>.
- [28] Platt, Moritz. 2021. «Cryptocurrency User Attitudes Towards the Environmental Impact of Proof-of-Work.» SocArXiv Papers. <https://osf.io/preprints/socarxiv/kpyrf/>.
- [29] Rana, Roberto L. 2019. «Blockchain Applications and Sustainability Issues.» [researchgate.net](https://www.researchgate.net).
https://www.researchgate.net/publication/337240397_Blockchain_Applications_and_Sustainability_Issues.

- [30] Ren, Boru. 2022. «A clean, green haven?—Examining the relationship between clean energy, clean and dirty cryptocurrencies.» sciencedirect.com. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.105951>.
- [31] Rollins, Randi L. 2018. «Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C.» researchgate.net/.
https://www.researchgate.net/publication/328581842_Bitcoin_emissions_alone_could_push_global_warming_above_2C.
- [32] Rosales, Antulio. 2021. «Unveiling the power behind cryptocurrency mining in Venezuela: A fragile energy infrastructure and precarious labor.» sciencedirect.com.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102167>.
- [33] Sapkota, Niranjana. 2019. «Blockchain Consensus Protocols, Energy Consumption and Cryptocurrency Prices.» ssrn.com.
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3403983#paper-citations-widget.
- [34] Taskinsoy, John. 2019. «Blockchain: An Unorthodox Solution to Reduce Global Warming.» ssrn.com. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3475144.
- [35] Tebaldi, Claudia. 2021. «Extreme sea levels at different global warming levels.» nature.com.
<https://doi.org/10.1038/s41558-021-01127-1>.
- [36] Truby, Jon. 2018. «Decarbonizing Bitcoin: Law and policy choices for reducing the energy consumption of Blockchain technologies and digital currencies.» sciencedirect.com.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.06.009>.
- [37] Truby, Jon. 2022. «Blockchain, climate damage, and death: Policy interventions to reduce the carbon emissions, mortality, and net-zero implications of non-fungible tokens and Bitcoin.» sciencedirect.com. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102499>.
- [38] Velde, François R. 2013. «Bitcoin: A primer.» chicagofed.org.
<https://www.chicagofed.org/publications/chicago-fed-letter/2013/december-317>.

- [39] Wang, James. 2007. «Are Humans Responsible for Global Warming?»
https://www.edf.org/sites/default/files/5279_GlobalwarmingAttribution.pdf.
- [40] Wang, Jiamin. 2021. «Changing Lengths of the Four Seasons by Global Warming.»
[agupubs.onlinelibrary.wiley.com. https://doi.org/10.1029/2020GL091753](https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/https://doi.org/10.1029/2020GL091753).
- [41] Wiatorek, Marcin. 2020. «Multiscale characteristics of the emerging global cryptocurrency market.» [arxiv.org. https://doi.org/10.1016/j.physrep.2020.10.005](https://arxiv.org/https://doi.org/10.1016/j.physrep.2020.10.005).
- [42] Weber, Elke U. 2016. «What shapes perceptions of climate change? New research since 2010.»
WIREs.
https://spia.princeton.edu/system/files/research/documents/What%20Shapes%20Perceptions%20of%20Climate%20Change_WIREs%20Climate%20Change.pdf.
- [43] de Vries, Alex. 2021. «Bitcoin boom: What rising prices mean for the network's energy consumption».
[sciencedirect.com https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.02.006](https://www.sciencedirect.com/https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.02.006)
- [44] de Vries, Alex. 2022. «Revisiting Bitcoin's carbon footprint».
[sciencedirect.com https://doi.org/10.1016/j.joule.2022.02.005](https://www.sciencedirect.com/https://doi.org/10.1016/j.joule.2022.02.005)

Γλωσσάρι Ξενικών Όρων

Blockchain	Αλυσίδα μπλοκ
Proof of Work (PoW)	Απόδειξη εργασίας
Proof of Stake (PoS)	Απόδειξη Πονταρίσματος
Proof of Activity (PoA)	Απόδειξη δραστηριότητας
Proof of Burn (PoB)	Απόδειξη εγκαύματος
Delegated Proof of Stake (DPoS)	Εξουσιοδοτημένη απόδειξη συμμετοχής
Chain of Activity	Αλυσίδα Δραστηριότητας
Hash	Λειτουργία κατακερματισμού
Hashrate	Ρυθμός κατακερματισμού
Web Scraping	Ιστοσυγκομιδή
Non-Fungible Tokens	Μη Εναλλάξιμα Κρυπτοπαραστατικά
Mainstream	Δημοφιλής