

«ΦΑΙΔΩΝ» Τ2ΕΔΚ-00932

**ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ ΚΑΙ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ
ΑΛΥΣΪΔΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗΣ
ΕΓΓΡΑΦΗΣ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΙΠΠΟΦΑΘΪΣ**

ΔΡΑΣΗ ΕΘΝΙΚΗΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ:

«ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ Β΄ ΚΥΚΛΟΣ»

ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Π1.4:
ΑΣΦΑΛΕΙΑ, ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ ΚΑΙ
ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΣΤΙΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ
ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗΣ ΕΓΓΡΑΦΗΣ
ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΣ ΈΞΥΠΝΩΝ
ΣΥΜΒΟΛΑΙΩΝ ΣΤΗΝ
ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΤΟ ΕΡΓΟ ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ

ΕΣΠΑ 2014-2020

ΕΠ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ-ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ

ΕΚΔΟΣΗ 1.0

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 01/11/2021



ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ ΦΟΡΕΑΣ: REZOS BRANDS A.E.

Αρχείο Αλλαγών

Έκδοση	Ημερομηνία	Περιγραφή	Ενότητες
0.1	01/010/2020	Περιεχόμενα – Δομή	Περιεχόμενα
0.5	01/11/2020	Αρχική Έκδοση	1, 2 και 3
0.8	01/08/2021	Αρχική Έκδοση	Όλες
1.0	01/11/2021	Τελική Έκδοση	Όλες

Σημείωση: Τελική έκδοση –Παραδοτέο η έκδοση 1.0.

Αποδέκτες του Εγγράφου

Όνομα	Ρόλος	Φορέας/Εταιρεία
	Φορέας Χρηματοδότησης	ΓΓΕΤ

Συγγραφείς του Εγγράφου

Όνομα	Ρόλος	Φορέας/Εταιρεία
Κριβιτσάκη Παν. Αικατερίνη	Συντονιστής	UBITECH A.E.
Μιχελάκη Παγώνα	Συντονιστής	UBITECH A.E.
Χαϊδόγιαννος Χαρ. Γεωργιος	Συντονιστής	UBITECH A.E.
Ελένη Τσιρώνη	Συγγραφέας	UBITECH A.E.
Ξανθή Παπαγεωργίου	Συγγραφέας	UBITECH A.E.
Δημήτρης Νταλαπέρας	Συγγραφέας	UBITECH A.E.
Νίκος Παπαγεωργόπουλος	Συγγραφέας	UBITECH A.E.
Έλενα Πολίτη	Συγγραφέας	UBITECH A.E.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	7
Στόχος Παραδοτέου	7
Μεθοδολογία	8
Βιβλιογραφική αναζήτηση	Error! Bookmark not defined.
Τεχνολογική αναζήτηση	10
Πλαίσιο Αναφοράς	12
Τεχνολογία Κατανεμημένης Εγγραφής	12
Συστήματα Ιχνηλάτησης	26
Διαφάνεια	34
Τεχνολογία Κατανεμημένης Εγγραφής στην Ιχνηλασιμότητα Τροφίμων	39
Τεχνολογία Κατανεμημένης Εγγραφής ως λύση Ιχνηλασιμότητας	40
Τεχνολογία Κατανεμημένης Εγγραφής για βελτιωμένη διαφάνεια	41
Η προσέγγιση ΦΑΙΔΩΝ	42
Συμπεράσματα	43
Βιβλιογραφία	44

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ ΈΡΓΟΥ

ΓΕΝΙΚΟΙ ΟΡΟΙ - ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΣΠΑ	Εθνικό Στρατηγικό Πλαίσιο Αναφοράς
ΤΠΕ	Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών
ΟΠΣ	Ολοκληρωμένο Πληροφοριακό Σύστημα
RB	Rezos Brands S.A.

ΕΙΔΙΚΟΙ ΟΡΟΙ - ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΓΑ	Γεωργία Ακριβείας
ΕΑ	Εφοδιαστική Αλυσίδα
Ε.Ε	Ενότητα Εργασίας
Π	Παραδοτέο

1 Εισαγωγή

1.1 Στόχος Παραδοτέου

Το παρόν παραδοτέο έχει σαν πρωταρχικό στόχο να παρουσιάσει τη βιβλιογραφική αναζήτηση που διεξήγαμε στα πλαίσια του έργου με σκοπό την ανάλυση άμεσων και έμμεσων πτυχών του προβλήματος, καταλήγοντας σε μια προτεινόμενη τεχνολογική λύση ιχνηλασιμότητα τροφίμων στην αλυσίδα εφοδιασμού μέσω τεχνολογιών κατανεμημένης εγγραφής. Πιο συγκεκριμένα, μελετάμε τις έννοιες διαφάνεια, ιχνηλασιμότητα, εντοπισμός, blockchain, κατανεμημένο καθολικό, κοινοποίηση πληροφοριών στα πλαίσια του προβλήματος και γενικότερα. Έπειτα, εξετάζουμε υπάρχοντα συστήματα ιχνηλασιμότητας και τεχνολογικές λύσεις γύρω από την αλυσίδα εφοδιασμού και τέλος παρουσιάζουμε την προτεινόμενη προσέγγιση.

1.2 Σχέση με άλλα παραδοτέα

1.3 Το τρέχον παραδοτέο αποτελεί τη βάση της βιβλιογραφικής και τεχνολογικής αναζήτησης την οποία διεξήγαμε στα πλαίσια του έργου, με σκοπό την εδραίωση μιας άρτιας τεχνολογικής λύσης βασισμένης σε blockchain για το πρόβλημα της ιχνηλασιμότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού. Ως εκ τούτου, παρότι δεν υπάρχει κάποιο παραδοτέο του οποίου τα αποτελέσματα να αξιοποιούνται εδώ, τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου παραδοτέου θα οδηγήσουν την προτεινόμενη προσέγγιση.

1.4 Δομή του εγγράφου

Το παρόν παραδοτέο οργανώνεται στις ακόλουθες ενότητες:

- Η ενότητα 2 παρουσιάζει τη συνολική μεθοδολογία την οποία ακολουθήσαμε, προκειμένου να καταλήξουμε στην προτεινόμενη τεχνολογική λύση. Η μεθοδολογία αυτή αναλύει τόσο τη βιβλιογραφική όσο και την τεχνολογική αναζήτηση που διεξήγαμε.
- Η ενότητα 3 παρουσιάζει το συνολικό πλαίσιο αναφοράς της βιβλιογραφικής αναζήτησης που διεξήγαμε. Εμπεριέχει την αναζήτηση σε τεχνολογίες κατανεμημένης εγγραφής, γύρω από συστήματα ιχνηλασιμότητας και της έννοιας της διαφάνειας.
- Η ενότητα 4 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της τεχνολογικής αναζήτησης και την εξέταση της συμβατότητας χρήσης τεχνολογιών κατανεμημένης εγγραφής στην ιχνηλασιμότητα τροφίμων ως λύση διαφάνειας. Επιπλέον, αναλύει συνοπτικά την ακριβή προσέγγιση που ακολουθούμε στα πλαίσια του έργου.
- Η ενότητα 5 συνοψίζει τα αποτελέσματα του παρόντος παραδοτέου.

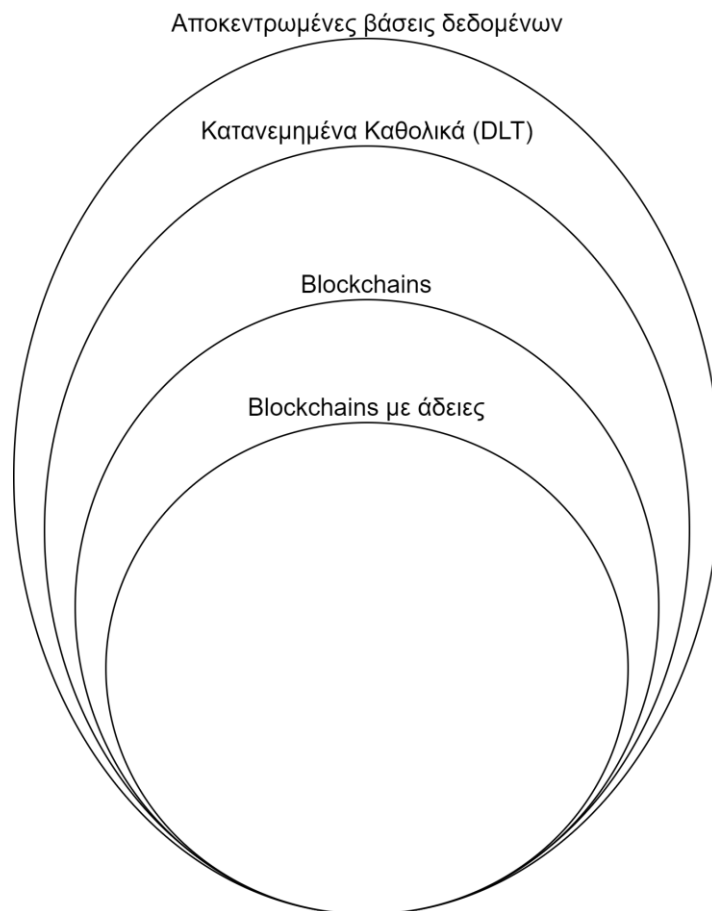
2 Μεθοδολογία

Για την επίτευξη της ασφάλειας στις προσεγγίσεις κατανεμημένης εγγραφής, αλλά και για τον ορισμό έξυπνων συμβολαίων στην ιχνηλασιμότητα τροφίμων, θα ακολουθηθεί συγκεκριμένη μεθοδολογία, η οποία και παρουσιάζεται στην παρούσα ενότητα. Πιο συγκεκριμένα, στην ενότητα σχετικά με την βιβλιογραφική αναζήτηση, παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο συγκεντρώθηκαν πληροφορίες κατά τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε και αποτελεί το πρώτο σημείο αναφοράς σχετικά με τη γνώση που αποκτήθηκε γύρω από το πεδίο. Στη συνέχεια, στην ενότητα σχετικά με την τεχνολογική αναζήτηση και προσέγγιση, καταγράφονται οι πρακτικές που ακολουθούνται και αποτελούν την ουσιαστική αποτύπωση των βημάτων της μεθοδολογίας. Καταγράφεται λοιπόν η διαδικασία και τα βήματα αυτής, μέσα από τα οποία θα διασφαλιστούν τα κύρια χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει μία κατανεμημένη εγγραφή και ο ορισμός έξυπνων συμβολαίων.

2.1 Βιβλιογραφική αναζήτηση

Το πρόβλημα του εντοπισμού και της ιχνηλασιμότητας τροφίμων περιλαμβάνει αρκετές έννοιες και εμπλέκει διάφορες επιστημονικές περιοχές. Θέματα ενδιαφέροντος είναι, μεταξύ άλλων, τα παρακάτω:

- **Blockchain:** Πρόκειται για μια σύγχρονη και ισχυρή τεχνολογία η οποία δίνει λύσεις σε πολλά προβλήματα τα οποία έχουν σαν κύριο χαρακτηριστικό την ανάπτυξη εμπιστοσύνης μεταξύ των συμμετεχόντων, την ασφάλεια, τη διαφάνεια, την ανάκαμψη από σφάλματα και τη διαφάνεια ως προς την ανταλλαγή πληροφοριών στο δίκτυο εμπιστοσύνης.
- **Κατανεμημένο Καθολικό (Distributed Ledger):** Πρόκειται για ένα γενικό σύνολο από τεχνολογίες που καταγράφουν δεδομένα σαν μια κεντρική βάση δεδομένων, με τη διαφορά ότι τα δεδομένα αυτά υπάρχουν κατανεμημένα μεταξύ των συμμετεχόντων του δικτύου. Για την ακρίβεια, τα Κατανεμημένα Καθολικά είναι υποκατηγορία μιας κατανεμημένης βάσης δεδομένων, ενώ τα blockchain είναι μια υποκατηγορία ενός κατανεμημένου καθολικού. Συνολικά, οι κατηγορίες Κατανεμημένου Καθολικού μπορούν να αναπαρασταθούν χοντρικά σε μια ιεραρχική μορφή, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα (Σχήμα 1):



Σχήμα 1: Ιεραρχία αποκεντρωμένων βάσεων δεδομένων - σχέση Κατακεντρωμένου Καθολικού και Blockchain.

- **Διαφάνεια:** Πρόκειται για μια πολύ σημαντική έννοια, όχι μόνο στην περιοχή της ιχνηλασιμότητας αλλά σε κάθε δραστηριότητα που εμπεριέχει την ελεύθερη κοινοποίηση πληροφοριών. Η διαφάνεια αναφέρεται στη δυνατότητα κάθε ενδιαφερόμενου να μπορεί ελεύθερα να δει και να πιστοποιήσει τις καταγεγραμμένες πληροφορίες μιας υποδομής. Αυτό είναι επιθυμητό για λόγους αδιαβλήτου των πληροφοριών και για ανάπτυξη εμπιστοσύνης μεταξύ οντοτήτων. Ένα πολύ τυπικό παράδειγμα που προάγει τη διαφάνεια είναι η πλατφόρμα ΔΙΑΥΓΕΙΑ, η οποία περιέχει αναρτήσεις αποφάσεων δημόσια, επιτρέποντας στους πολίτες να δουν και πιστοποιήσουν τις αποφάσεις αυτές.
- **Αλυσίδα εφοδιασμού:** Στο συγκεκριμένο πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε στα πλαίσια του έργου, επιθυμούμε να αποθηκεύσουμε πληροφορίες ιχνηλασιμότητας προϊόντων, καθώς αυτά μεταβαίνουν μεταξύ σταδίων της αλυσίδας εφοδιασμού. Είναι επομένως αναμενόμενο ότι πρέπει να μελετήσουμε σχολαστικά την αλυσίδα εφοδιασμού, να ορίσουμε τα στάδια που αυτή εμπεριέχει και τις διαδικασίες που συμβαίνουν κατά τις μεταβάσεις ενός προϊόντος μεταξύ τους.
- **Βιωσιμότητα:** Πρόκειται για μια παράμετρο του προβλήματος, στην οποία δεν δίνεται πάντα η πρέπουσα έμφαση, παρά τη σημασία της. Η βιωσιμότητα αναφέρεται στον αντίκτυπο που έχει η αλυσίδα εφοδιασμού μιας εταιρίας στην αλυσίδα εφοδιασμού ως προς την

ενίσχυση των ανθρωπίνων δικαιωμάτων, δίκαιες εργασιακές πρακτικές, περιβαλλοντική μέριμνα και πολιτικές κατά της διαφθοράς. Παρότι δεν είναι αυτός ο βασικός σκοπός του έργου, είναι σημαντικό να διασφαλιστεί η συμβατότητα της προσέγγισής μας με τη βιωσιμότητα, προκειμένου η καταγραφή της ιχνηλασιμότητας να γίνεται με τρόπο που λαμβάνει υπόψη διεθνή πρότυπα και μεθόδους.

- **Κοινοποίηση πληροφοριών:** Ένα σημαντικό θέμα στο πρόβλημα της ιχνηλασιμότητας είναι η υπό όρους κοινοποίηση πληροφοριών. Πρόκειται για μια παράμετρο η οποία συχνά έρχεται σε σύγκρουση με τη διαφάνεια καθώς, ενώ είναι επιθυμητή η μέγιστη δυνατή διαφάνεια και προβολή πληροφοριών ιχνηλασιμότητας σε κάθε ενδιαφερόμενο, ενδέχεται να εμπεριέχονται και ορισμένες εξαιρετικά ευαίσθητες πληροφορίες οι οποίες είτε δεν είναι εύκολο να κοινοποιηθούν ελεύθερα, είτε αυτό είναι εφικτό υπό πολύ συγκεκριμένες προϋποθέσεις.
- **Ιχνηλασιμότητα:** Πρόκειται για το βασικό πρόβλημα που πραγματεύεται το παρόν έργο. Για να κατανοήσουμε καλύτερα την εφαρμογή της ιχνηλασιμότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού, έχει νόημα να τη μελετήσουμε σαν συνολική περιοχή, προκειμένου να αντλήσουμε ιδέες και βέλτιστες πρακτικές ως προς αυτή.
- **Εντοπισμός:** Πρόκειται για μια έννοια πολύ κοντινή στην ιχνηλασιμότητα, ωστόσο είναι σημαντικό οι δυο να διαχωρίζονται. Ο εντοπισμός αναφέρεται στην άντληση πληροφοριών ενός αντικειμένου ή οντότητας ακριβώς τη στιγμή που τις ζητήσουμε και για ακριβώς τη συγκεκριμένη στιγμή, ενώ η ιχνηλασιμότητα αναφέρεται στον εντοπισμό ενός αντικειμένου ή οντότητας ιστορικά, δηλαδή για ένα σύνολο στιγμών. Με άλλα λόγια, θα μπορούσαμε να ορίσουμε την ιχνηλασιμότητα σαν το ιστορικό πολλαπλών στιγμιотύπων εντοπισμού ενός προϊόντος.

Αναζητώντας πληροφορίες για όλα τα παραπάνω, αποκτούμε μια καλύτερη και πιο σφαιρική κατανόηση του προβλήματος. Η αναζήτηση πληροφοριών γίνεται μέσα από επιστημονικά άρθρα και περιοδικά, υπάρχοντα συστήματα που περιέχουν κάποιες από αυτές τις πτυχές στον σχεδιασμό τους κτλ. Μελετούμε κάθε έννοια χωριστά και συνολικά, χωρίς να περιορίζουμε τη μελέτη στο πρόβλημα της ιχνηλασιμότητας. Εν συνεχεία, στρέφουμε την προσοχή μας στο συγκεκριμένο πρόβλημα και συγκεντρώνουμε τα ευρήματα από όλες τις περιοχές, προκειμένου να καταλήξουμε στην τεχνολογική προσέγγιση την οποία προτείνουμε. Τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής μας αναζήτησης για όλες τις παραπάνω έννοιες φαίνονται στην Ενότητα 3 (Πλαίσιο Αναφοράς).

2.2 Τεχνολογική αναζήτηση και προσέγγιση

Τεχνολογικά, υπάρχουν πολλές κατευθύνσεις που θα μπορούσαμε να ακολουθήσουμε μέχρι την εδραίωση μιας προτεινόμενης τεχνολογικής λύσης. Η προτεινόμενη τεχνολογική λύση εφαρμόζει τεχνολογίες blockchain στο πρόβλημα της ιχνηλασιμότητας και, ως εκ τούτου, εξετάζουμε τη δυνατότητα εφαρμογής της εν λόγω τεχνολογίας στο συγκεκριμένο πρόβλημα από οπτικές όπως η συμβατότητα, η απόδοση, η διαφάνεια κτλ.

Επιπλέον, συγκρίνουμε υπάρχοντα συστήματα που επιλύουν το ίδιο ή αντίστοιχα προβλήματα με σκοπό την άντληση επιθυμητών χαρακτηριστικών και τρόπων χειρισμού των ιδιαίτερων αναγκών που προκύπτουν από σενάρια χρήσης. Η τεχνολογική λύση που προτείνουμε και η εξέτασή της τόσο ως λύση στο πρόβλημα της ιχνηλασιμότητας, όσο και ως προς τη βελτίωση της διαφάνειας παρουσιάζεται στην Ενότητα 4 (Τεχνολογία Κατανεμημένης Εγγραφής στην Ιχνηλασιμότητα Τροφίμων).

3 Πλαίσιο Αναφοράς

Στην παρούσα ενότητα θα αναλύσουμε τα ευρήματα της βιβλιογραφικής μας αναζήτησης γύρω από κρίσιμες πτυχές του προβλήματος της ιχνηλασιμότητας. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζουμε:

- Τις πλέον αντιπροσωπευτικές τεχνολογίες κατανεμημένης εγγραφής.
- Την ιστορική εξέλιξη της τεχνολογίας blockchain στον τομέα αυτό.
- Τον ορισμό ενός συστήματος ιχνηλάτησης και τα κύρια χαρακτηριστικά του.
- Τις διαφορές μεταξύ ιχνηλασιμότητας και εντοπισμού.
- Ενδεικτική λίστα από υπάρχουσες πλατφόρμες και συστήματα που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της ιχνηλάτησης (κυρίως στην περιοχή της αλυσίδας εφοδιασμού).
- Χαρακτηριστικά της διαφάνειας και της βιωσιμότητας.

3.1 Τεχνολογία Κατανεμημένης Εγγραφής

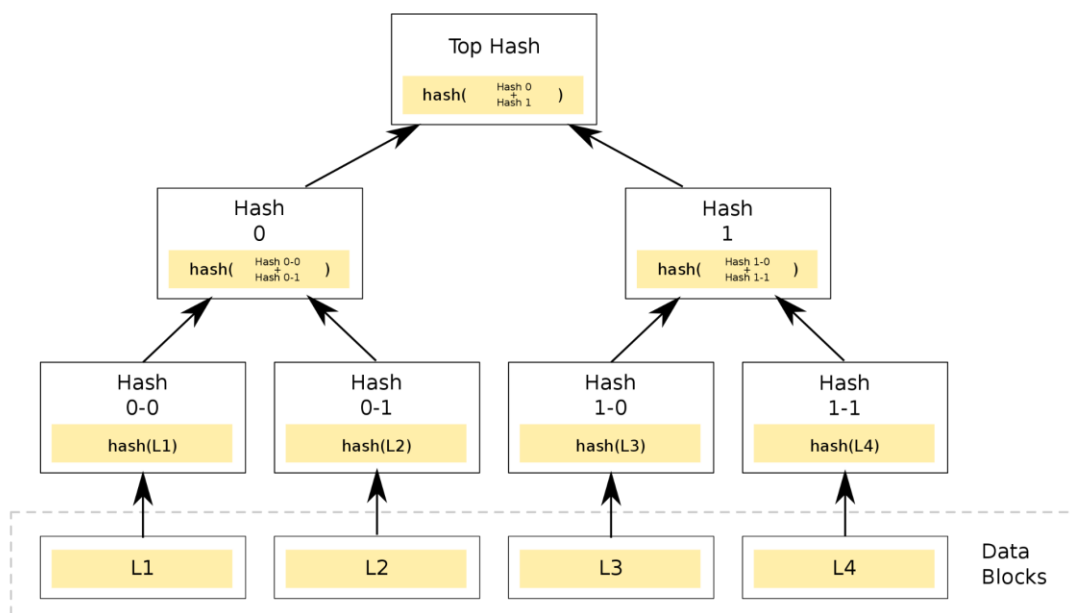
3.1.1 Bitcoin

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί ραγδαία αύξηση σε υποβολής ερευνητικών άρθρων τα οποία έχουν ένα ή περισσότερα σημεία επικοινωνίας με τεχνολογίες blockchain ή Τεχνολογιών Κατανεμημένου Καθολικού (DLT). Ο λόγος που οδήγησε στη ραγδαία αύξηση τέτοιων ερευνητικών άρθρων είναι το άρθρο που δημοσιεύτηκε το 2008 από τον Nakamoto [1] και το οποίο παρουσιάζει το Bitcoin, ένα ψηφιακό νόμισμα, στο κοινό. Η ιδέα πίσω από το Bitcoin είναι η αξιοποίηση συναλλαγών ομοτίμων χρηστών (Peer to Peer, P2P) χωρίς την εμπλοκή κάποιου τρίτου. Η υποδομή του Bitcoin είναι η τεχνολογία blockchain, το οποίο μπορεί να περιγραφεί σαν μια αλυσίδα κατακερματισμών (hashes) ψηφιακών υπογραφών, η οποία είναι δημόσια και διαφανής, κατανεμημένη και τρέχει σε υπολογιστές σε όλο τον κόσμο (δηλαδή δεν απαιτεί την εμπλοκή κάποιου τρίτου οργανισμού). Κάθε συναλλαγή Bitcoin καταγράφεται σε ένα μπλοκ και είναι φανερό σε όλα τα συνδεδεμένα μέλη. Έπειτα, όταν μια συναλλαγή αξιολογείται και πιστοποιείται από το δίκτυο, το μπλοκ συνδέεται στο αμέσως προηγούμενο μπλοκ και δημιουργεί μια αλυσίδα από τέτοια μπλοκ. Ένα σημαντικό στοιχείο που χαρακτηρίζει αυτά τα μπλοκ είναι ότι εισάγονται στο blockchain σε χρονολογική σειρά και δεν μπορούν να αφαιρεθούν ή τροποποιηθούν. Ουσιαστικά, η τεχνολογία blockchain θα μπορούσε να παρομοιαστεί με ένα τεράστιο έγγραφο Google sheet το οποίο περιέχει όλη την ιστορία όλων των πληρωμών οι οποίες έγιναν σε Bitcoin.

3.1.2 Μπλοκ και δέντρα Merkle

Το περιεχόμενο ενός μπλοκ στην περίπτωση του Bitcoin είναι η τιμή κατακερματισμού μπλοκ (block hash), η τιμή κατακερματισμού του προηγούμενου μπλοκ, μια τιμή που ονομάζεται nonce και η ρίζα

merkle. Η ρίζα merkle είναι μια ψηφιακή υπογραφή όλων των συναλλαγών που περιέχει το μπλοκ, η οποία χρησιμοποιείται για εξοικονόμηση χώρου. Ένα μπλοκ συνήθως περιέχει πολλές συναλλαγές, οι οποίες αποκτούν μεμονωμένες τιμές κατακερματισμού και στη συνέχεια συνδυάζονται με άλλες συναλλαγές, στο οποίο σημείο αποκτού εκ νέου τιμές κατακερματισμού κτλ. Τελικά, οι συναλλαγές συνοψίζονται σε μια μοναδική τιμή κατακερματισμού, η οποία ονομάζεται ρίζα του δέντρου merkle (Σχήμα 2). Εφόσον η τιμή κατακερματισμού είναι μοναδική και το μπλοκ περιέχει αναφορά στο προηγούμενο μπλοκ, είναι αδύνατο να αλλαχτεί το περιεχόμενο μιας συναλλαγής χωρίς τη διακοπή ολόκληρης της αλυσίδας και συνεπώς την παραγωγή διαφορετικού ιστορικού κατακερματισμού. Αυτό σημαίνει πως όχι μόνο η αναφορά στο προηγούμενο μπλοκ επιβεβαιώνεται, αλλά και όλες οι προηγούμενες συναλλαγές που εκτελέστηκαν.

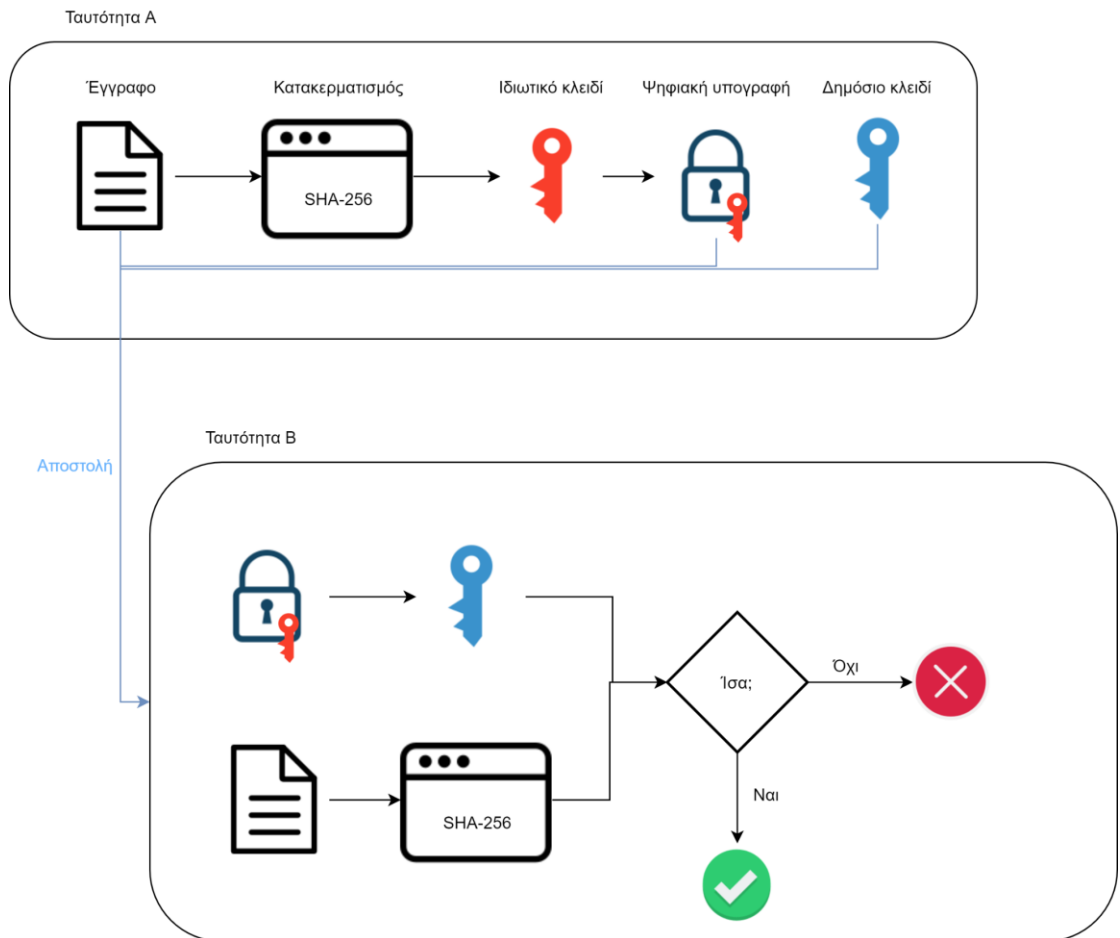


Σχήμα 2: Κατακερματισμένες συναλλαγές και τιμή ρίζας merkle.

3.1.3 Διαδικασία συναλλαγών

Προκειμένου να μπορέσουμε να εκτελέσουμε μια συναλλαγή από την ταυτότητα Α προς την ταυτότητα Β, πρέπει να έχουμε ένα δημόσιο και ένα ιδιωτικό κλειδί τα οποία χρησιμοποιούνται για κρυπτογραφία, προκειμένου να παρέχεται ασφάλεια και είναι απαραίτητα για την πιστοποίηση των οντοτήτων. Μια παρομοίωση που θα μπορούσε να ερμηνεύσει το ιδιωτικό κλειδί είναι αν το φανταστούμε σαν ένα κουτί μέσα στο οποίο μπορεί να αποθηκευτεί μια τιμή. Το κουτί αυτό δεν έχει κλειδαριά και είναι ανοιχτό για οποιονδήποτε. Το πλεονέκτημα του δικτύου κουτιών είναι ότι πρέπει κάποιος να γνωρίζει τη θέση του κουτιού για να έχει πρόσβαση στο περιεχόμενό του. Το δίκτυο περιέχει

10^{77} από αυτά τα κουτιά, τα οποία μπορούν να συγκριθούν με την ποσότητα κόκκου άμμου στη γη που είναι 10^{27} . Το δημόσιο κλειδί μπορεί να περιγραφεί ως ενδιάμεσο που αποδεικνύει ότι κάποιος έχει το ιδιωτικό κλειδί χωρίς να το αποκαλύψει στο κοινό. Στο παράδειγμα στο Σχήμα 3 η διαδικασία συναλλαγής P2P απεικονίζεται χρησιμοποιώντας την έννοια του διπλού κλειδιού. Αυτό που θέλει να κάνει το πρώτο κατά την προετοιμασία για αποστολή, σε αυτό το παράδειγμα ενός εγγράφου, είναι να το κατακερματίσει. Μόλις κατακερματιστεί ο ιδιοκτήτης αποκρυπτογραφεί τον κωδικό κατακερματισμού χρησιμοποιώντας το ιδιωτικό του κλειδί (κόκκινο κλειδί στο Σχήμα 3) και δημιουργείται μια μοναδική ψηφιακή υπογραφή, που μερικές φορές ονομάζεται ψηφιακό δακτυλικό αποτύπωμα της αποστολής. Το επόμενο βήμα είναι να στείλετε το πρωτότυπο έγγραφο μαζί με το δημόσιο κλειδί (πράσινο πλήκτρο στο Σχήμα 3) και την ψηφιακή υπογραφή στον παραλήπτη. Περαιτέρω, για να αξιολογήσει εάν ο αποστολέας είναι ο νόμιμος κάτοχος, ο παραλήπτης κατακερματίζει το έγγραφο χρησιμοποιώντας τον ίδιο αλγόριθμο κατακερματισμού με τον αποστολέα, στην περίπτωση αυτή SHA 256, έναν αλγόριθμο που δημιουργεί την ίδια ακριβώς έξοδο κατακερματισμού εάν η είσοδος είναι η ίδια. Στη συνέχεια, η ψηφιακή υπογραφή αποκρυπτογραφείται από το παρεχόμενο δημόσιο κλειδί και, τέλος, πραγματοποιείται σύγκριση των δύο κωδικών κατακερματισμού, και εάν είναι πανομοιότυποι, ο αποστολέας είναι ο νόμιμος κάτοχος του εγγράφου. Η μαθηματική πολυπλοκότητα πίσω από τον αλγόριθμο κατακερματισμού SHA-256 που χρησιμοποιείται από το Bitcoin κάνει το blockchain ασφαλές ως προς το αν πηγαίνουμε προς τα πίσω για να βρούμε τη σωστή είσοδο από ένα δεδομένο hash, καταλήγουμε σε μια μαθηματική παγίδα. Το επίπεδο πολυπλοκότητας θα μπορούσε να εξηγηθεί με κατακερματισμό ενός ηλεκτρονικού βιβλίου και στη συνέχεια να το τροποποιήσει προσθέτοντας ένα χώρο τυχαία στο ηλεκτρονικό βιβλίο. Αυτή η μικρή τροποποίηση θα δημιουργούσε δύο εντελώς διαφορετικούς κατακερματισμούς. Χρησιμοποιώντας αυτή την τεχνική, ο αποστολέας δεν χρειάζεται να εμπιστεύεται τον παραλήπτη και ο παραλήπτης δεν χρειάζεται να εμπιστεύεται τον αποστολέα.

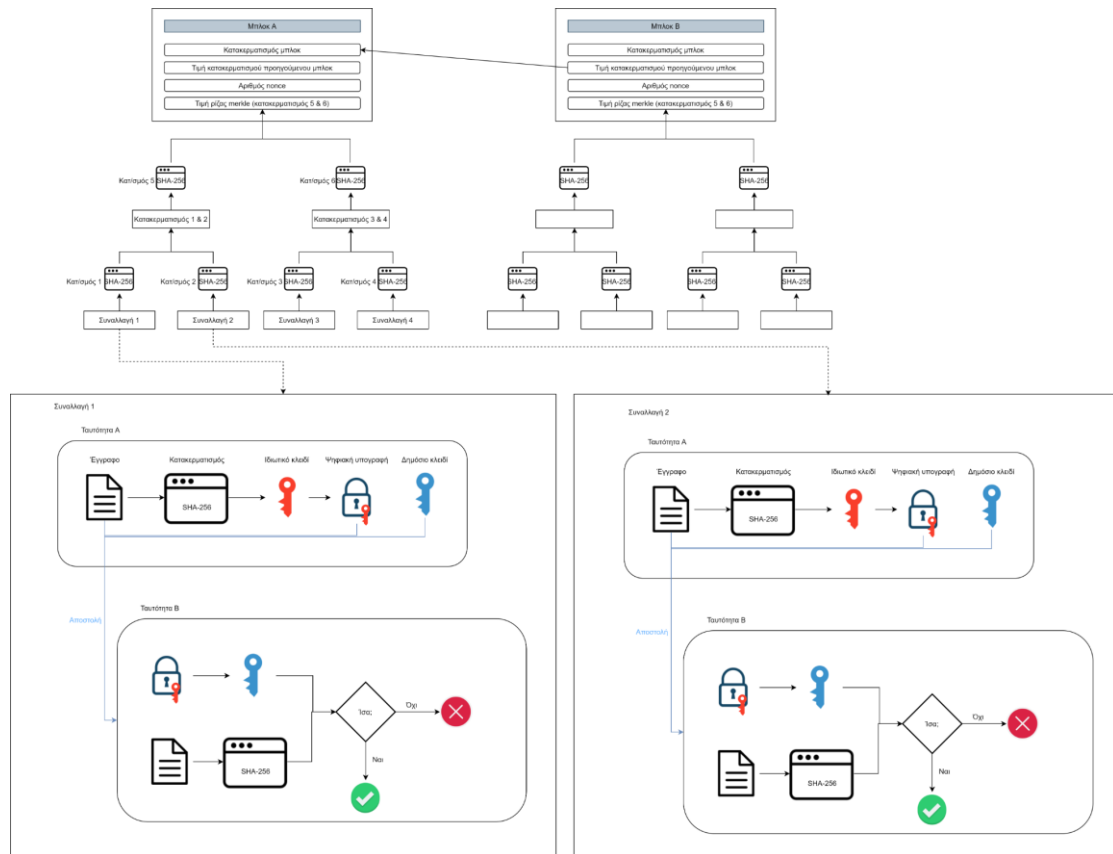


Σχήμα 3: Διαδικασία συναλλαγών στο blockchain.

3.1.4 Διαδικασία επικύρωσης

Όσον αφορά το Bitcoin, υπάρχουν δύο τύποι κόμβων στο δίκτυο bitcoin, ελαφροί και πλήρεις σταθμισμένοι κόμβοι. Οι ελαφροί είναι απλώς συμμετέχοντες στο δίκτυο, ενώ οι πλήρεις σταθμισμένοι, αποκαλούμενοι ανθρακωρύχοι (miners) επαληθεύουν τις συναλλαγές, μια διαδικασία που ονομάζεται εξόρυξη (mining) ή απόδειξη εργασίας. Μόλις μια νέα συναλλαγή κοινοποιηθεί στο δίκτυο, δηλαδή πέρασε την προαναφερθείσα διαδικασία συναλλαγής, οι miners ξεκινούν με τη δημιουργία ενός νέου μπλοκ και προσπαθούν να βρουν έναν έγκυρο υποψήφιο που ταιριάζει στο προηγούμενο μπλοκ. Αυτό ονομάζεται απόδειξη της εργασίας και θα μπορούσε να συγκριθεί με την επίλυση ενός παζλ, τη συλλογή του κατακερματισμού μπλοκ, του κατακερματισμού του προηγούμενου μπλοκ, την τιμή nonce και της ρίζας merkle πολλών άλλων συναλλαγών κατακερματισμού, και στη συνέχεια κατακερματίζοντας τους επανειλημμένα έως ότου το hash εξόδου ξεκινήσει με μια τιμή που ξεκινά με μηδενικά και που ταιριάζει με μια συγκεκριμένη τιμή-στόχο. Μετά την εύρεση ταιριάσματος, ο miner μεταδίδει το nonce μαζί με το μπλοκ, το οποίο μπορεί να επαληθευτεί από τους άλλους κόμβους. Στη συνέχεια, το μπλοκ προστίθεται στην αλυσίδα και η νέα του ταυτότητα αντιπροσωπεύεται από το μπλοκ κατακερματισμού. Μια ανταμοιβή σε Bitcoins δίνεται στον miner που

βρίσκει τον αντίστοιχο κατακερματισμό, δηλαδή επαλήθευση της ορθότητας των συναλλαγών. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται συνεχώς καθώς περισσότερες συναλλαγές εισέρχονται στο δίκτυο. Ο μόνος τρόπος με τον οποίο μπορεί κανείς να ελέγξει τις συναλλαγές στο δίκτυο Bitcoin είναι να έχει έλεγχο πάνω από το 50% της συνολικής ισχύος του υπολογιστή στο δίκτυο. Εκείνη τη στιγμή μπορεί κανείς να αποφασίσει ποιο μπλοκ είναι το σωστό για να βάλει στην αλυσίδα. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 4) φαίνεται η διαδικασία, στην οποία μπορούμε να παρατηρήσουμε πως η τεχνολογία blockchain εσωτερικά παραμένει η ίδια, ανεξαρτήτως εξωτερικού ονόματος.



Σχήμα 4: Η εσωτερική οργάνωση του blockchain.

3.1.5 Διαφορετικές τεχνολογίες και υποδομές blockchain

Έχοντας κατανοήσει τους εσωτερικούς μηχανισμούς μιας γενικής υποδομής blockchain, θα παρουσιάσουμε τέσσερις βασικές υποδομές, οι οποίες κατέχουν κεντρικό ρόλο και έχουν πολλά από τα επιθυμητά χαρακτηριστικά για τις ανάγκες του έργου. Για καθεμιά υποδομή θα παρουσιάσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά της και ορισμένες ιδιαιτερότητες στην συμπεριφορά τους.

3.1.6 Ethereum

Το Ethereum είναι μια παγκόσμια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα για αποκεντρωμένες εφαρμογές. Προτάθηκε το 2013 από τον Vitalik Buterin, κυκλοφόρησε το 2015 και συγκαταλέγεται μεταξύ των κορυφαίων προγραμματιζόμενων blockchains στον κόσμο. Μπορεί να χαρακτηριστεί ως δημόσια τεχνολογία Blockchain, δηλαδή είναι ένα δημόσιο δίκτυο, ανοιχτό για οποιονδήποτε να συνεισφέρει και να αλληλεπιδράσει ανώνυμα. Δεν ελέγχεται από κεντρικό οργανισμό ή εταιρεία. Αντίθετα, μια κοινότητα διαφορετικών συντελεστών ανά τον κόσμο, εργάζεται συνεχώς για τη διατήρηση και τη βελτίωσή του. Η πλατφόρμα Ethereum δημιουργεί το δικό της κρυπτονομίσμα, το Ether, ως ανταμοιβή στους κόμβους εξόρυξης για υπολογισμούς που εκτελούν, το οποίο είναι το μόνο αποδεκτό νόμισμα για την πληρωμή τελών συναλλαγής και απαιτείται για την εκτέλεση έξυπνων συμβολαίων. Το Ethereum είναι προγραμματιζόμενο, που σημαίνει ότι οι προγραμματιστές μπορούν να το χρησιμοποιήσουν και να δημιουργήσουν νέες εφαρμογές, αξιοποιώντας τη δύναμη των κρυπτονομισμάτων και του Blockchain. Αυτές οι εφαρμογές είναι αξιόπιστες (εκτελούνται πάντα όπως αναμένεται) και αποκεντρωμένες (καμία οντότητα δεν τις ελέγχει ατομικά). Μεταξύ άλλων, αυτές οι εφαρμογές, οι οποίες λειτουργούν στο Ethereum ως αποκεντρωμένες εφαρμογές, περιλαμβάνουν: πορτοφόλια που επιτρέπουν πληρωμές μέσω Ether, αποκεντρωμένα markets τα οποία επιτρέπουν την εμπορία ψηφιακών στοιχείων, χρηματοοικονομικές εφαρμογές που επιτρέπουν τον δανεισμό και επενδύσεις ψηφιακών στοιχείων και πολλά άλλα. Η κοινότητα Blockchain πίσω από το Ethereum είναι μια από τις μεγαλύτερες και πιο ενεργές στον κόσμο, με μέλη που ποικίλλουν από απλούς χρήστες και προγραμματιστές εφαρμογών έως οργανισμούς εξόρυξης, προγραμματιστές πρωτοκόλλων και άλλα.

Μπορούμε να δούμε το Ethereum ως μια στοίβα από λίγα επίπεδα, το ένα πάνω στο άλλο. Το πρώτο και βασικότερο επίπεδο, η ύπαρξη του οποίου καθιστά όλα τα ανώτερα δυνατά, είναι ένα μεγάλο δίκτυο υπολογιστών, οι οποίοι επεξεργάζονται συναλλαγές και ενημερώνουν μια κοινόχρηστη κατανομημένη βάση δεδομένων με την πάροδο του χρόνου (το blockchain Ethereum). Το δεύτερο είναι το επίπεδο λογισμικού, το οποίο επιτρέπει στους προγραμματιστές να εκτελούν προγράμματα τα οποία ονομάζονται έξυπνα συμβόλαια στο blockchain Ethereum, χρησιμοποιώντας μια γλώσσα προγραμματισμού που ονομάζεται Solidity. Το τρίτο επίπεδο αποτελείται από εφαρμογές που προσφέρονται από διαφορετικές υπηρεσίες (από διακυβέρνηση μέχρι διαχείριση ταυτότητας) σε χρήστες του δικτύου Ethereum. Το αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό αυτής της υποδομής είναι ότι με την αξιοποίηση των επιπέδων υλικού και λογισμικού του Ethereum, αυτές οι εφαρμογές αποκεντρώνονται πλήρως, δεν έχουν κάποιο κεντρικό σημείο αποτυχίας και συνολικά μπορούν να λειτουργούν αδιάκοπα, αν και αυτό συνεπάγεται ότι δεν υπάρχει δυνατότητα απενεργοποίησής τους.

Το επίπεδο υλικού του Ethereum είναι ένα ομότιμο δίκτυο υπολογιστών το οποίο υπολογίζει τις συναλλαγές και τις διατηρεί σε χρονολογική σειρά εντός ενός κοινόχρηστου καθολικού (ledger). Αυτό επιτρέπει στους υπολογιστές του δικτύου να συνθέσουν μια κατανομημένη βάση δεδομένων, η οποία μπορεί να διατηρεί αρχείο όλων των πληροφοριών και συναλλαγών που κοινοποιούνται στο δίκτυο. Κάθε υπολογιστής στο δίκτυο ονομάζεται κόμβος, επικυρώνει τις εισερχόμενες συναλλαγές και τις οργανώνει σε μπλοκ τα οποία εν συνεχεία μεταδίδονται σε όλο το δίκτυο του Ethereum. Οι συναλλαγές μπορούν να περιέχουν τόσο αξία όσο και πληροφορίες. Η αξία

εκφράζεται μέσω της ποσότητας Ether, το ψηφιακό νόμισμα της πλατφόρμας Ethereum, ενώ οι πληροφορίες είναι κώδικας ο οποίος μπορεί να μεταβιβάσει δεδομένα και να πυροδοτήσει ενέργειες. Οποιοσδήποτε μπορεί να προσφέρει τον υπολογιστή του στο δίκτυο για να επεξεργάζεται συναλλαγές, απλώς εκτελώντας κάποιο συγκεκριμένο έξυπνο συμβόλαιο στον υπολογιστή του. Συνολικά, υπάρχουν κίνητρα τα οποία προωθούν την ανάπτυξη του δικτύου Ethereum, καθώς οι χρήστες οι οποίοι συνεισφέρουν υπό τη μορφή κόμβων ανταμείβονται σε Ether.

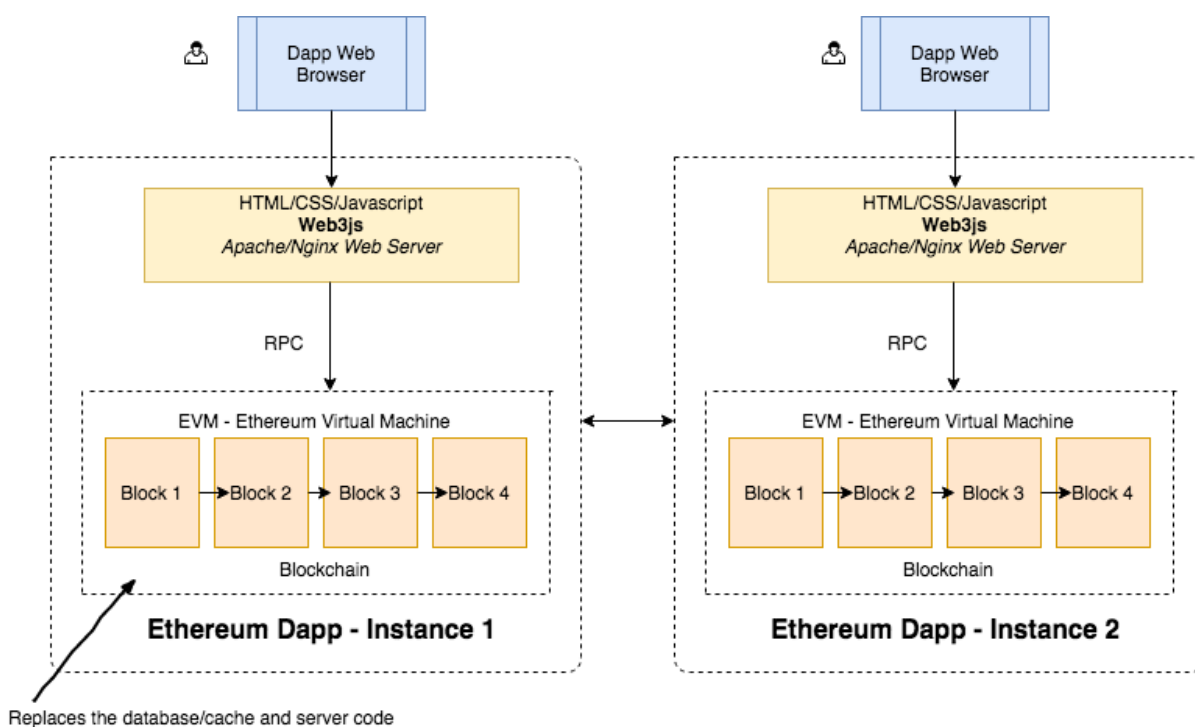
Εξετάζοντας τα χαρακτηριστικά του Ethereum, μπορούμε να διακρίνουμε τα ακόλουθα πλεονεκτήματα της υποδομής:

- **Μεγάλο, υπάρχον δίκτυο.** Το Ethereum είναι δοκιμασμένο και πραγματικό δίκτυο, το οποίο συνεχίζει την αδιάλειπτη λειτουργία του μετά από χρόνια και δισεκατομμύρια χρηματικής αξίας στις συναλλαγές του. Πρόκειται για το μεγαλύτερο οικοσύστημα σε τεχνολογίες blockchain και κρυπτονομισμάτων, ενώ η παγκόσμια κοινότητα που το συνθέτει είναι μεγάλη και αφοσιωμένη.
- **Μεγάλη ποικιλία λειτουργιών.** Πέραν της χρήσης του για συναλλαγές με ψηφιακό νόμισμα, το Ethereum μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία άλλων τύπων χρηματοοικονομικών συναλλαγών, την εκτέλεση έξυπνων συμβολαίων και την αποθήκευση δεδομένων για εφαρμογές τρίτων.
- **Συνεχής καινοτομία.** Η ήδη μεγάλη κοινότητα του Ethereum και προγραμματιστές εφαρμογών αναζητούν διαρκώς νέους τρόπους για τη βελτίωση του δικτύου και την ανάπτυξη νέων εφαρμογών. Λόγω της δημοτικότητάς του, συχνά γίνεται η υποδομή blockchain στην οποία δοκιμάζονται για πρώτη φορά νέες και ενδιαφέρουσες αποκεντρωμένες εφαρμογές και τεχνολογίες.
- **Αποφεύγει την εμπλοκή τρίτων.** Η μεγαλύτερη υπόσχεση που δίνει το δίκτυο Ethereum είναι η μη εμπλοκή τρίτων σε συναλλαγές, μια σημαντική παράμετρος η οποία περιπλέκει συναλλαγές (π.χ., δικηγόροι που γράφουν και ερμηνεύουν συμβόλαια, τράπεζες που είναι διαμεσολαβητές σε χρηματοοικονομικές συναλλαγές κτλ).

Ωστόσο, για να ολοκληρωθεί η παρουσίαση του Ethereum, οφείλουμε να καταγράψουμε και ορισμένα μειονεκτήματα που προκύπτουν με τη χρήση του:

- **Αύξηση του κόστους στις συναλλαγές.** Η αυξανόμενη δημοτικότητα του Ethereum έχει οδηγήσει σε υψηλότερο κόστος συναλλαγών. Χαρακτηριστικά, τον Φεβρουάριο του 2021 παρατηρήθηκε ρεκόρ 23 \$ ανά συναλλαγή. Αυτό συμβαίνει διότι, σε αντίθεση με το Bitcoin όπου το δίκτυο επιβραβεύει τους συμμετέχοντες οι οποίοι επαληθεύουν συναλλαγές, το Ethereum υποχρεώνει τα μέλη που συναλλάσσονται να καλύψουν το αντίστοιχο κόστος.
- **Δυνατότητα πληθωρισμού κρυπτονομίσματος.** Παρότι το Ethereum έχει ετήσιο όριο διάθεσης στην αγορά 18.000.000 Ether ετησίως για συναλλαγές, δεν υπάρχει όριο διάρκειας ζωής για τον πιθανό αριθμό κρυπτονομισμάτων. Αυτό σημαίνει ότι σαν επένδυση, το Ether παρομοιάζεται περισσότερο με αληθινά χρήματα και μπορεί να υποτιμά το Bitcoin, το οποίο έχει αυστηρό όριο διάρκειας ζωής στον αριθμό των κρυπτονομισμάτων.

- **Δυσκολία εκμάθησης της τεχνολογικής υποδομής για τους προγραμματιστές.** Το Ethereum μπορεί να είναι δύσκολο σαν εκμάθηση ως προς τη φιλοσοφία και τις δυνατότητες που παρέχει, καθώς απαιτεί από τους προγραμματιστές να μεταβούν από κεντρικές αρχιτεκτονικές σε αποκεντρωμένες.
- **Άγνωστο μέλλον.** Το Ethereum συνεχίζει να εξελίσσεται, ενώ η ανάπτυξη του Ethereum 2.0 ανταποκρίνεται στην υπόσχεση για ύπαρξη νέων λειτουργιών και μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Ωστόσο, αυτή η συνεχής εξέλιξη δημιουργεί αβεβαιότητα για τις υπάρχουσες εφαρμογές και υποδομές που χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή, καθώς κάποια στιγμή θα μπορούσαν να μην υποστηρίζονται πλέον από το δίκτυο.



Σχήμα 5: Επίπεδο υλικού και λογισμικού του Ethereum μέσα από δύο στιγμιότυπα εφαρμογών Ethereum (dapps).

3.1.7 Hyperledger Fabric

Το Hyperledger Fabric (Fabric) είναι ανοιχτού κώδικα, εταιρικού επιπέδου καταναμημένη πλατφόρμα καθολικών, διαθέσιμη για την ανάπτυξη λύσεων και εφαρμογών σε επιχειρηματικά πλαίσια. Το Fabric είναι ένα έργο που είχε αρχικά πρωτεργάτες την IBM και την Digital Asset. είναι μέρος του Hyperledger Greenhouse, το οποίο ιδρύθηκε κάτω από το Linux Foundation. Το Fabric διέπεται από μια ομάδα συντηρητών από πολλούς οργανισμούς. Το Fabric είναι μια από τις καλύτερες πλατφόρμες ως προς την απόδοση στην υλοποίηση συναλλαγών και έξυπνων συμβολαίων λόγω μεγάλου αριθμού χαρακτηριστικών τα οποία διαθέτει. Η αρθρωτή και διαμορφώσιμη

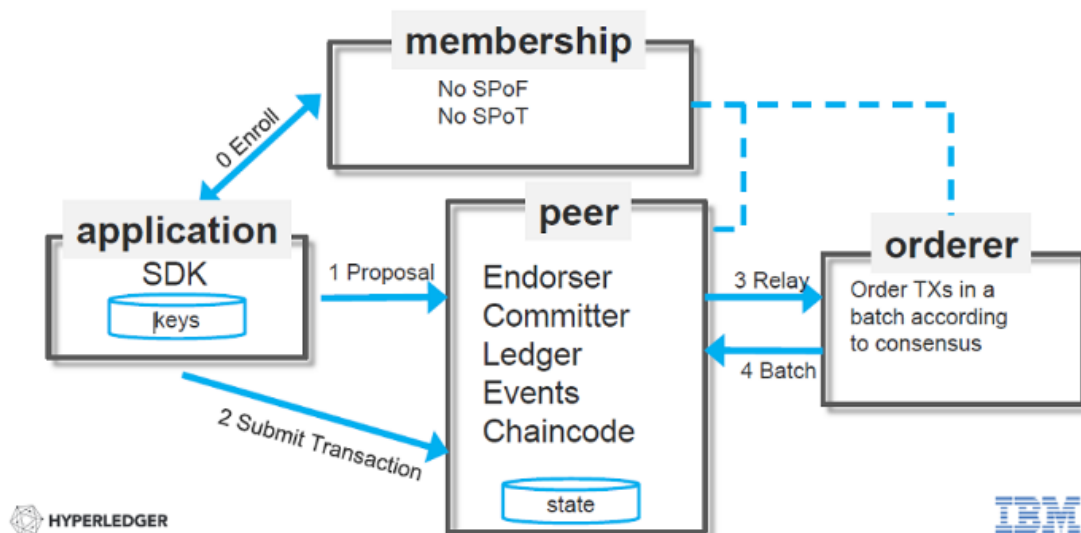
αρχιτεκτονική πίσω από το Fabric επιτρέπει ευελιξία και βελτιστοποίηση σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως χρηματοοικονομικά, υγειονομική περίθαλψη, αλυσίδα εφοδιασμού και πολλά άλλα. Υποστηρίζει επίσης τη σύνταξη έξυπνων συμβολαίων σε γλώσσες προγραμματισμού γενικού σκοπού (π.χ., Java, Go, Node.js), αντί για γλώσσες για συγκεκριμένου τομέα, οι οποίες απαιτούν επιπλέον εκπαίδευση των προγραμματιστών. Τα πρωτόκολλα συναίνεσης του Fabric δεν το απαιτούν ένα τοπικό κρυπτονόμισμα για την εκτέλεσή τους. Η κοινότητα του Fabric περιλαμβάνει σχεδόν 200 προγραμματιστές, αξιοποιώντας τα χαρακτηριστικά του Fabric για καινοτόμες περιπτώσεις χρήσης που συνεπάγονται την ταυτοποίηση συμμετεχόντων σε συναλλαγές, δίκτυα με άδειες και άλλες απαιτήσεις.

Στο Hyperledger Fabric υπάρχει το χαρακτηριστικό των καναλιών, τα οποία επιτρέπουν στους συμμετέχοντες οργανισμούς να ενώνονται και να επικοινωνούν μεταξύ τους. Ένα κανάλι μπορεί να θεωρηθεί σαν μέσο κρυφής επικοινωνίας ενός οργανισμού με άλλους οργανισμούς-μέλη, οι οποίοι συμμετέχουν στο ίδιο κανάλι. Όσοι δεν συμμετέχουν στο ίδιο κανάλι δεν μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση σε καμία πληροφορία η συναλλαγή που αφορά το κανάλι. Ένας οργανισμός μπορεί να συμμετέχει σε πολλά κανάλια ταυτόχρονα. Το Hyperledger Fabric είναι ένα ιδιαίτερο δίκτυο blockchain, στο οποίο υπάρχουν κάποιες κεντρικές οντότητες: ο peer, ο orderer, ο CA, ο πελάτης:

- Ο peer είναι ένας κόμβος blockchain ο οποίος αποθηκεύει όλες τις συναλλαγές που εμπλέκεται σε ένα ενωμένο κανάλι. Κάθε peer μπορεί να συμμετέχει σε ένα ή περισσότερα κανάλια, ανάλογα με τις απαιτήσεις της υποδομής κατά περίπτωση. Ωστόσο, η αποθήκευση πληροφοριών για διαφορετικά κανάλια στον ίδιο peer γίνεται ξεχωριστά. Επομένως, ένας οργανισμός μπορεί να διασφαλίσει ότι οι εμπιστευτικές του πληροφορίες θα κοινοποιούνται μόνο στους επιτρεπόμενους συμμετέχοντες ενός καναλιού.
- Ο orderer είναι από τις πιο σημαντικές οντότητες για τον μηχανισμό συναίνεσης της υποδομής του Fabric. Πρόκειται για έναν ειδικό κόμβο/υπηρεσία του δικτύου, υπεύθυνο για την υποβολή συναλλαγών, τη δημιουργία ενός νέου μπλοκ συναλλαγών και τη διανομή ενός μπλοκ που δημιουργήθηκε πρόσφατα σε όλους τους συμμετέχοντες ενός σχετικού καναλιού.
- Ο κόμβος αρχής έκδοσης πιστοποιητικών (Certification Authority, CA) είναι ένας ειδικός κόμβος του δικτύου, υπεύθυνος για τη διαχείριση πιστοποιητικών χρηστών για ενέργειες όπως εγγραφή χρηστών, ανάκληση πρόσβασης κτλ. Το Hyperledger Fabric είναι δίκτυο blockchain με άδειες (permissioned blockchain). Αυτό σημαίνει ότι μόνο εξουσιοδοτημένοι χρήστες μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση σε προστατευμένες πληροφορίες ή να εκτελέσουν μια νέα συναλλαγή σε ένα συγκεκριμένο κανάλι. Οι χρήστες του δικτύου μπορούν να κάνουν οποιαδήποτε ενέργεια σε οποιοδήποτε κανάλι σύμφωνα με τα δικαιώματα, τους ρόλους και τα χαρακτηριστικά που διαθέτουν.
- Ο πελάτης (client) είναι μια εφαρμογή που αλληλεπιδρά με το δίκτυο blockchain πλήρως ελεύθερα, υπό τους περιορισμούς που ορίζονται από τα δικαιώματα, τους ρόλους και τα χαρακτηριστικά τα οποία φέρει, ιδιότητες ορισμένες στο πιστοποιητικό του. Το πιστοποιητικό ενός πελάτη προέρχεται από τον κόμβο CA του σχετικού του οργανισμού.

Τέλος, ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του Hyperledger Fabric είναι η ενσωμάτωση των έξυπνων συμβολαίων στην υποδομή του. Στο Fabric τα έξυπνα συμβόλαια ονομάζονται chaincode και η ανάπτυξη chaincode μπορεί να γίνει μέχρι στιγμής σε τουλάχιστον τρεις γλώσσες προγραμματισμού, μεταξύ άλλων και σε Golang, NodeJS και Java. Για την ανάπτυξη του chaincode, απαιτείται η εγκατάστασή του στους σχετικούς κόμβους peer από έναν διαχειριστή του δικτύου και εν συνεχεία να κληθεί ο orderer προκειμένου να δημιουργήσει το chaincode σε ένα ορισμένο κανάλι. Κατά τη δημιουργία του chaincode, ο διαχειριστής μπορεί να ορίσει πολιτική έγκρισης για το chaincode. Η πολιτική καθορίζει ποιες οντότητες και με ποιον τρόπο απαντούν θετικά ή αρνητικά στο ερώτημα “να ενσωματωθεί το chaincode στην υπάρχουσα υποδομή και να κριθεί ως έγκυρη η συναλλαγή υποβολής του στο δίκτυο;”. Αν η πολιτική δώσει θετικό αποτέλεσμα, τότε και μόνο τότε προστίθεται το chaincode καθολικά σε όλους τους κόμβους peer (στο κανάλι που υποβλήθηκε).

Γενικά μιλώντας, υπάρχει πληθώρα ελέγχων σύγκρισης, εγκυρότητας, εκδόσεις πολλαπλών σταδίων και πολλαπλές ιεραρχίες αναφορικά με διαδικασίες συναίνεσης στο Fabric. Η διασφάλιση άδειας, η έγκριση, ο συγχρονισμός δεδομένων σε όλους τους συμμετέχοντες, εντολές συναλλαγών και ο έλεγχος ορθότητας αλλαγών πριν την εγγραφή ενός νέου μπλοκ συναλλαγών στο καθολικό αποτελούν διαδικασίες που διεκπεραιώνονται σε πολλαπλά στάδια. Το Fabric αξιοποιεί μια επιτρεπόμενη συναίνεση διαμέσου ψηφοφορίας, η οποία προϋποθέτει ότι όλοι οι συμμετέχοντες στο δίκτυο είναι τουλάχιστον μερικώς αξιόπιστοι (π.χ., αν σε ένα δίκτυο υπήρχε μια πολιτική συμφωνίας τουλάχιστον 50% των κόμβων να απαντήσουν θετικά, αν κάποιος κακόβουλος ελέγχει τους μισούς κόμβους του δικτύου μπορεί να επηρεάσει αρνητικά το δίκτυο).



Σχήμα 6: Αρχιτεκτονική Hyperledger Fabric και ροή συναλλαγών.

3.1.8 Hyperledger Sawtooth

Το Hyperledger Sawtooth (Sawtooth) είναι λύση ανοιχτού κώδικα για επιχειρήσεις με σκοπό την εφαρμογή καταναμημένων καθολικών, με πιθανές

εφαρμογές σε πεδία που κυμαίνονται από IoT μέχρι και οικονομικά. Προτάθηκε αρχικά από την Intel και κυκλοφόρησε το 2018, ως μέρος του Hyperledger Greenhouse, κάτω από το Linux Foundation. Ο διαχωρισμός του κυρίως συστήματος από τον τομέα της εφαρμογής επιτρέπει τη σύνταξη έξυπνων συμβολαίων και τον ορισμό προδιαγραφών επιχειρηματικών κανόνων, χωρίς να χρειάζεται να γνωρίζουμε τις λεπτομέρειες του κυρίως συστήματος. Επιπλέον, παρέχει μια εξαιρετικά αρθρωτή αρχιτεκτονική, η οποία επιτρέπει σε εφαρμογές να υποστηρίζουν τις ιδιαίτερες επιχειρηματικές ανάγκες που μπορεί να έχουν, καθώς επίσης και αποφάσεις πολιτικής, μέσω της επιλογής της συναίνεσή τους, πολιτικές αδειοδότησης και πολιτικές συναλλαγών. Το Sawtooth υποστηρίζει τόσο υποδομές με άδειες όσο και υποδομές χωρίς. Διαλειτουργεί με το Ethereum μέσω του έργου ενοποίησης Seth, όπου αναπτύσσονται έξυπνα συμβόλαια Ethereum στο Sawtooth. Υποστηρίζει πολλές δημοφιλείς γλώσσες για τη δημιουργία συμβολαίων, συμπεριλαμβανομένων των Python, Go, Java, C και άλλες.

Σε πολλές τυπικές πλατφόρμες βασισμένες σε blockchain, εφαρμογές εκτελούνται και φιλοξενούνται στην πλατφόρμα τους, κάτι που μπορεί να προκαλέσει θέματα απόδοσης και προβλήματα ασφάλειας. Ωστόσο, το Hyperledger Sawtooth διαφέρει από τέτοιες πλατφόρμες ως προς τον τρόπο που απομονώνει το βασικό σύστημα καθολικών από το συγκεκριμένο περιβάλλον εφαρμογής. Ως εκ τούτου, απλοποιεί την ανάπτυξη εφαρμογών, διατηρώντας παράλληλα το σύστημα ασφαλές. Με την αρθρωτή αρχιτεκτονική του Sawtooth, οι προγραμματιστές μπορούν να αναπτύξουν εφαρμογές στη γλώσσα προγραμματισμού της επιλογής τους και μπορούν να φιλοξενήσουν, να εκτελέσουν και να λειτουργήσουν στην υποδομή του συστήματος λειτουργίες, χωρίς όμως να εμποδίσουν το βασικό σύστημα blockchain.

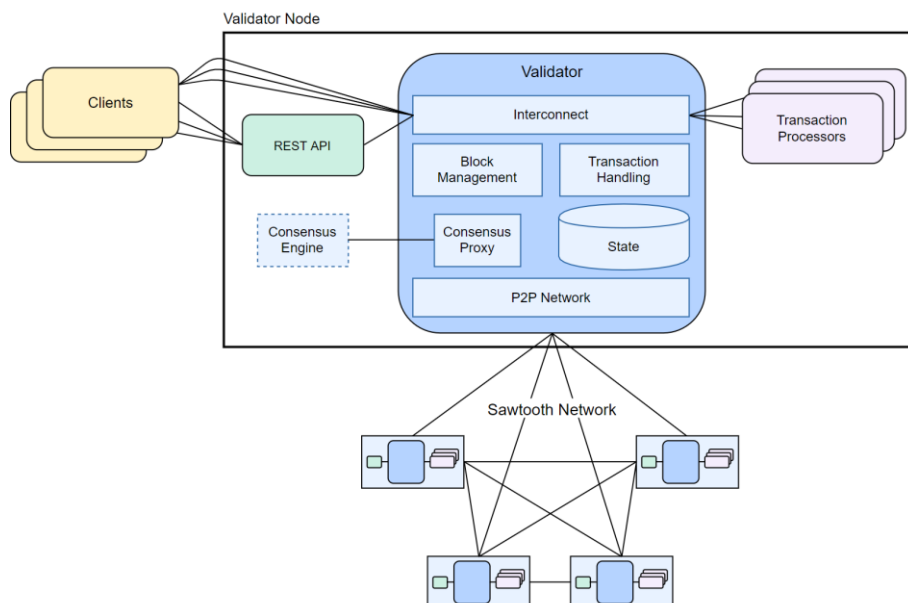
Μια εφαρμογή στο Hyperledger Sawtooth μπορεί να βασίζεται σε μια βασική επιχειρηματική λογική για την εκτέλεση λειτουργιών ή να δημιουργηθεί και εκτελεστεί ως εικονική μηχανή έξυπνου συμβολαίου, με έναν αυτόνομο μηχανισμό για τη δημιουργία, κοινοποίηση και εκτέλεση των συμβολαίων μεταξύ διαφόρων μελών στο δίκτυο blockchain. Το κεντρικό σύστημα του Sawtooth επιτρέπει τη συνύπαρξη και των δύο αυτών κατηγοριών εφαρμογών στο δίκτυο blockchain. Οι εφαρμογές στο Sawtooth μπορούν να ορίσουν κανόνες συναλλαγής, να καθορίσουν τους μηχανισμούς συναίνεσης και να επιλέξουν την απαιτούμενη άδεια για να αποφασίσουν τη λειτουργία του ψηφιακού καθολικού με τρόπο που να πληροί τις απαιτήσεις μιας επιχείρησης. Το Hyperledger Sawtooth μπορεί να προσφέρει υψηλή απόδοση δεδομένων συναλλαγών και, ως εκ τούτου, είναι μια εξαιρετική επιλογή για το χειρισμό αλυσίδων εφοδιασμού παραγωγής.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του Hyperledger Sawtooth συμπεριλαμβάνουν μεταξύ άλλων τα παρακάτω:

- **Ιδιωτικά δίκτυα με τις δυνατότητες αδειοδότησης.** Το Sawtooth ξεπερνά τις προκλήσεις ενός τυπικού δικτύου, καθώς το σύμπλεγμα των κόμβων του μπορεί να αναπτυχθεί με μεμονωμένες άδειες. Καμία κεντρική υπηρεσία δεν μπορεί να διαρρεύσει εμπιστευτικές πληροφορίες ή μοτίβα συναλλαγών.
- **Συμβατότητα με Ethereum και Seth.** Το έργο ενοποίησης Seth, Sawtooth-Ethereum επιτρέπει τη διαλειτουργικότητα της πλατφόρμας Sawtooth στο Ethereum. Το έργο καθιστά δυνατή την ανάπτυξη

έξυπνων συμβολαίων Ethereum στην πλατφόρμα Sawtooth με την οικογένεια συναλλαγών Seth.

- **Εκτέλεση παράλληλων συναλλαγών.** Πολλά blockchains χρειάζονται σειριακή εκτέλεση συναλλαγών για να διασφαλίσουν συνεπή οργάνωση και ταξινόμηση καταγεγραμμένων συναλλαγών σε κάθε κόμβο του δικτύου. Ωστόσο, το Sawtooth περιέχει έναν προηγμένο παράλληλο δρομολογητή που ταξινομεί τις συναλλαγές σε παράλληλες ροές. Με βάση τις τοποθεσίες σε κατάσταση πρόσβασης από μια συναλλαγή, το Sawtooth διαχωρίζει την εκτέλεση των συναλλαγών μεταξύ τους ενώ χειρίζεται τις αλλαγές στα συμφραζόμενα.
- **Απομόνωση μεταξύ του βασικού συστήματος και του επιπέδου εφαρμογής.** Το Hyperledger Sawtooth διευκολύνει την ανάπτυξη μιας εφαρμογής διαχωρίζοντας το επίπεδο εφαρμογής από το βασικό επίπεδο συστήματος. Προσφέρει έξυπνη αφαίρεση συμβολαίου που επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν λογική συμβολαίου στη γλώσσα προγραμματισμού της επιλογής τους.
- **Κάθε εφαρμογή μπορεί να ορίσει προσαρμοσμένους επεξεργαστές συναλλαγών για να ικανοποιήσει τις μοναδικές απαιτήσεις της.** Το Sawtooth επιτρέπει στις οικογένειες συναλλαγών να λειτουργούν ως μια προσέγγιση για λειτουργίες χαμηλού επιπέδου, όπως η αποθήκευση αδειών επί του blockchain, η διαχείριση ρυθμίσεων σε ολόκληρη την αλυσίδα και για συγκεκριμένες εφαρμογές, όπως η αποθήκευση πληροφοριών μπλοκ και η ανάλυση της απόδοσης του δικτύου.
- **Δυναμικοί μηχανισμοί συναίνεσης (pluggable consensus protocols).** Ο μηχανισμός συναίνεσης είναι η διαδικασία επίτευξης συμφωνίας μεταξύ μιας ομάδας συμμετεχόντων στο δίκτυο blockchain. Το Sawtooth υποστηρίζει ένα σύνολο μηχανισμών συναίνεσης (με τη δυνατότητα προσθήκης περισσότερων στο μέλλον), από τους οποίους επιλέγεται κάθε φορά εκείνος που ταιριάζει καλύτερα κατά περίπτωση. Ενδεικτικοί μηχανισμοί που υποστηρίζει ήδη το Sawtooth είναι οι Devmode, PBFT, PoET CFT, PoET SGX και Raft.
- **Υποστήριξη πολλαπλών τύπων γενικής συναίνεσης.** Το Sawtooth υποστηρίζει πολλούς τύπους γενικής συναίνεσης, μεταξύ άλλων και η συναίνεση τύπου Bitcoin (στην οποία επιλέγεται ένας νικητής μέσω κλήρου) και παραλλαγές μηχανισμών για την αντιμετώπιση του Byzantine Fault Tolerance, μέσω διεξαγωγής πολλαπλών γύρων ψηφοφορίας για τη διαμόρφωση συναίνεσης.
- **Το Sawtooth υποστηρίζει πολλαπλούς τύπους συναίνεσης στο ίδιο blockchain.** Η διαδικασία αυτή διεξάγεται αρχικά, κατά τη ρύθμιση του δικτύου, ενώ μπορεί να αλλάξει δυναμικά καθώς υπάρχει ήδη μια ενεργή υποδομή blockchain.



Σχήμα 7: Η αρχιτεκτονική της υποδομής Hyperledger Sawtooth.

3.1.9 Corda R3

Το Corda είναι μια τεχνική λύση για την αναβάθμιση και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της συνεργασίας στον χρηματοπιστωτικό κλάδο. Σε σύγκριση με τον στόχο του Bitcoin blockchain του Nakamoto, το οποίο επέφερε μεγάλες αλλαγές, το Corda φαίνεται να είναι πιο ήπιο και σταθερό. Η R3 πιστεύει ότι το τρέχον μοντέλο συνεργασίας μεταξύ του χρηματοπιστωτικού κλάδου δεν είναι μόνο αναποτελεσματικό αλλά και δαπανηρό, για το λόγο ότι κάθε οργανισμός διατηρεί το δικό του καθολικό. Βέβαια, η επαλήθευση ενός καθολικού μπορεί να είναι δαπανηρή και χρονοβόρα εργασία. Επιπλέον, κάθε διαφορετικό σενάριο συνεργασίας πρέπει να επαναλάβει τη διαδικασία επαλήθευσης, γεγονός που καθιστά τη συνεργασία πλέον αναποτελεσματική. Από αυτή την άποψη, η λύση που προτείνει η R3 είναι πολύ διαισθητική: οι συμμετέχοντες οργανισμοί διατηρούν από κοινού ένα καθολικό και έτσι μειώνεται το κόστος επαλήθευσης και οικοδόμησης εμπιστοσύνης.

Με απλά λόγια, το Corda μπορεί να επιτρέψει σε δύο ή περισσότερους οργανισμούς να μοιραστούν το ίδιο καθολικό και να μειώσουν το κόστος εμπιστοσύνης. Η μείωση του κόστους αυτοματοποιεί τη διαδικασία, αφαιρώντας τον ανθρώπινο παράγοντα και χειροκίνητες ενέργειες από τη διαδικασία. Το Corda επιτρέπει σε κάποιο κόμβο να εκτελεί αυτόματα συναλλαγές σύμφωνα με το έξυπνο συμβόλαιο και τη ροή εργασίας που έχουν συναφθεί εκ των προτέρων από τους συμβαλλόμενους. Στο πλαίσιο της συνεργασίας στον χρηματοπιστωτικό κλάδο, ο σχεδιασμός του Corda δεν εμπνέεται μόνο από το Bitcoin blockchain, αλλά εστιάζει επίσης στη σκοπιμότητα των κανονισμών, οι οποίοι δίνουν στο Corda έναν ξεκάθαρο στόχο. Με βάση το Bitcoin blockchain, το Corda ανέπτυξε μια μοναδική δομή στο σχεδιασμό των συστατικών καθολικό, συναίνεση και έξυπνα συμβόλαια.

Το Corda είναι ένα δίκτυο peer-to-peer. Οι συμμετέχοντες ή αλλιώς κόμβοι Corda για συντομία, είναι τα κύρια μέλη του δικτύου Corda. Οι κόμβοι μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους για να σχηματίσουν επιχειρηματικό δίκτυο και μπορούν να ενώσουν ταυτόχρονα διαφορετικά επιχειρηματικά δίκτυα σύμφωνα με τις ανάγκες των συμμετεχόντων. Εκτός από τον κόμβο Corda, υπάρχουν μερικοί απαραίτητοι κόμβοι υπηρεσίας, όπως ο συμβολαιογράφος (notary) που είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο των διπλών δαπανών συναλλαγών (διασφαλίζοντας ότι δεν διπλαγοράζεται κάτι σε μια συναλλαγή), η υπηρεσία πιστοποίησης (identity service) που είναι υπεύθυνη για την πιστοποίηση και την αδειοδότηση, η υπηρεσία χαρτογράφησης δικτύου (network mapping) που είναι υπεύθυνη για την αναζήτηση κόμβων και ο (oracle), ο οποίος είναι υπεύθυνος για την εισαγωγή πραγματικών πληροφοριών.

Το CorDapp είναι μια καταμεμημένη εφαρμογή που εκτελείται στο Corda. Όλοι οι κόμβοι Corda πρέπει να εκτελούν CorDapps για την αποστολή συναλλαγών, τη συναίνεση ή την ενημέρωση του καθολικού. Εννοιολογικά, το CorDapp είναι μια ενθυλάκωση επιχειρηματικής λογικής, η οποία διευκολύνει την αναπαραγωγή πολύπλοκων χρηματοοικονομικών υπηρεσιών μεταξύ διαφορετικών ιδρυμάτων. Οι κόμβοι Corda μπορούν επίσης να εκτελέσουν πολλαπλά CorDapps για να συμμετάσχουν σε διαφορετικά σενάρια συνεργασίας ταυτόχρονα. Συγκεκριμένα, αυτές οι επιχειρηματικές λογικές αναφέρονται στις έννοιες ροή (flow), κατάσταση (state) και συμβόλαιο (contract):

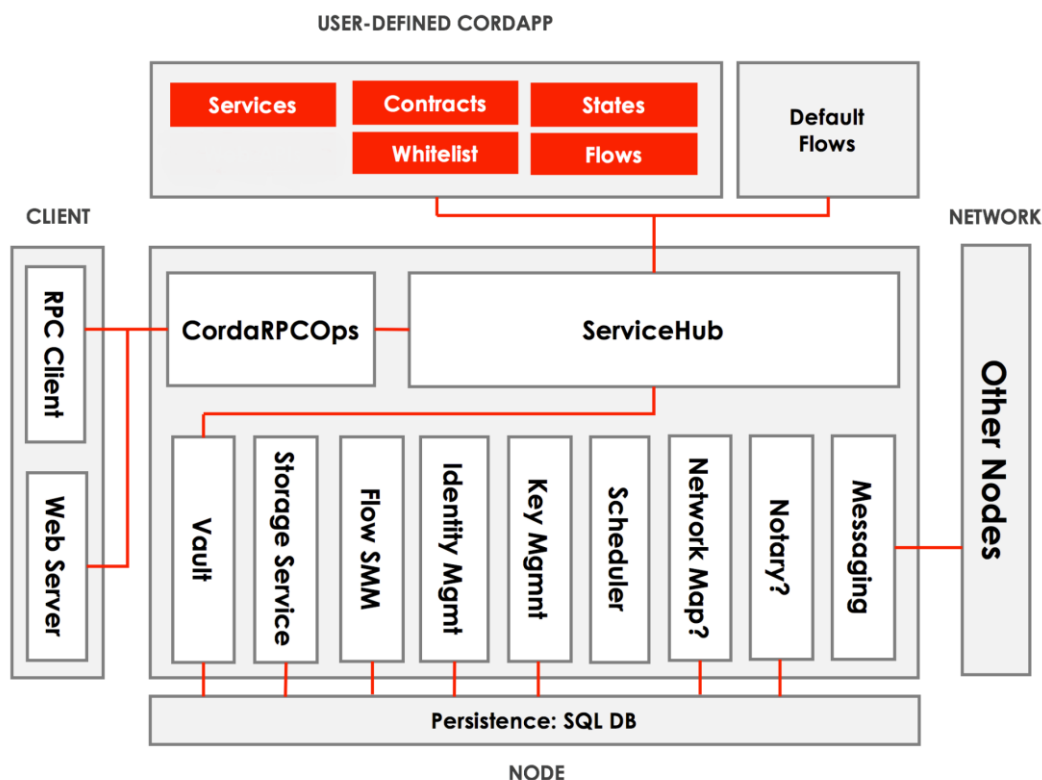
- **Ροή:** Κάθε CorDapp αντιστοιχεί σε μια μοναδική ροή που έχει αναπτυχθεί από τον προγραμματιστή σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες, που συνήθως σχετίζονται με την επιχείρηση. Είναι ένα σύνολο βημάτων που απαιτούνται από την έναρξη μιας συναλλαγής έως την επιβεβαίωση της συναλλαγής μεταξύ εκκινήτη και ανταποκριτή. Ειδικότερα, η ταυτότητα του συμβολαιογράφου καθορίζεται επίσης στη ροή.
- **Κατάσταση:** Κάθε CorDapp έχει μια κατάσταση για να εκφράζει περισσότερες πληροφορίες από ένα απλό υπόλοιπο λογαριασμού. Ωστόσο, η κατάσταση ορίζει μόνο τη μορφή και δεν αποθηκεύει στην πραγματικότητα την τιμή της κατάστασης. Μόνο όταν ξεκινά η συναλλαγή, η πραγματική αξία καταγράφεται στη συναλλαγή, σύμφωνα με την τρέχουσα κατάσταση.
- **Συμβόλαιο:** Κάθε κατάσταση του CorDapp αντιστοιχεί σε ένα συμβόλαιο, το οποίο είναι ένα σύνολο κανόνων περιορισμού που επαληθεύουν την εγκυρότητα μιας συναλλαγής, δηλαδή την πραγματική έννοια του συμβολαίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι το συμβόλαιο του CorDapp και το έξυπνο συμβόλαιο του Bitcoin blockchain είναι δύο εντελώς διαφορετικές έννοιες.

Πρακτικά, το CorDapp είναι ένα αρχείο JAR, το οποίο περιλαμβάνει μια κλάση Java και εκτελείται στην Εικονική Μηχανή Java (Java Virtual Machine, JVM). Η ροή, η κατάσταση και το συμβόλαιο έχουν όλες τις αντίστοιχες κλάσεις Java και το R3 παρέχει επίσημα βασικά πρότυπα για προγραμματιστές για τον προγραμματισμό ενός CorDapp βάσει αυτών.

Παρόλο που το CorDapp μπορεί να σχεδιάσει μια ροή για να φιλοξενήσει διαφορετική επιχειρηματική λογική, η διαδικασία συναλλαγής μπορεί να συνοψιστεί σε τέσσερα κύρια στάδια:

- **Έναρξη συναλλαγής:** Ο εκκινήτης αποκτά πρώτα την τιμή της νέας κατάστασης με βάση την κατάσταση του Cordapp και την είσοδο και στη συνέχεια δημιουργεί μια συναλλαγή με τη νέα κατάσταση και την υπογράφει.
- **Επαλήθευση της συναλλαγής:** Ο ανταποκριτής επαληθεύει τη συναλλαγή σύμφωνα με το συμβόλαιο στο οποίο αναφέρεται η συναλλαγή. Αν η συναλλαγή είναι έγκυρη, τότε η συναλλαγή θα υπογραφεί.
- **Συμβολαιοποίηση της συναλλαγής:** Ο καθορισμένος συμβολαιογράφος ελέγχει εάν η συναλλαγή έχει δαπανηθεί διπλά. Εάν η συναλλαγή είναι έγκυρη, ο συμβολαιογράφος θα υπογράψει τη συναλλαγή.
- **Ενημέρωση του καθολικού:** Ο εκκινήτης και ο ανταποκριτής ελέγχουν αν η συναλλαγή συνοδεύεται από την υπογραφή του συμβολαιογράφου και ενημερώνει το καθολικό εάν υπάρχει.

Οι συναλλαγές Corda επαληθεύονται και εκτελούνται μόνο στα σχετικά μέλη της συναλλαγής και η συναλλαγή δεν θα μεταδοθεί σε όλους τους κόμβους. Ένα τέτοιο μοντέλο συναίνεσης ευθυγραμμίζεται περισσότερο με τη διαδικασία συναλλαγής που συμβαίνει στον πραγματικό κόσμο, η οποία διαφέρει από το μοντέλο συναίνεσης του Bitcoin blockchain.



Σχήμα 8: Αρχιτεκτονική ενός Cordapp.

3.2 Ιχνηλασιμότητα

3.2.1 Εντοπισμός και ανίχνευση (tracking and tracing)

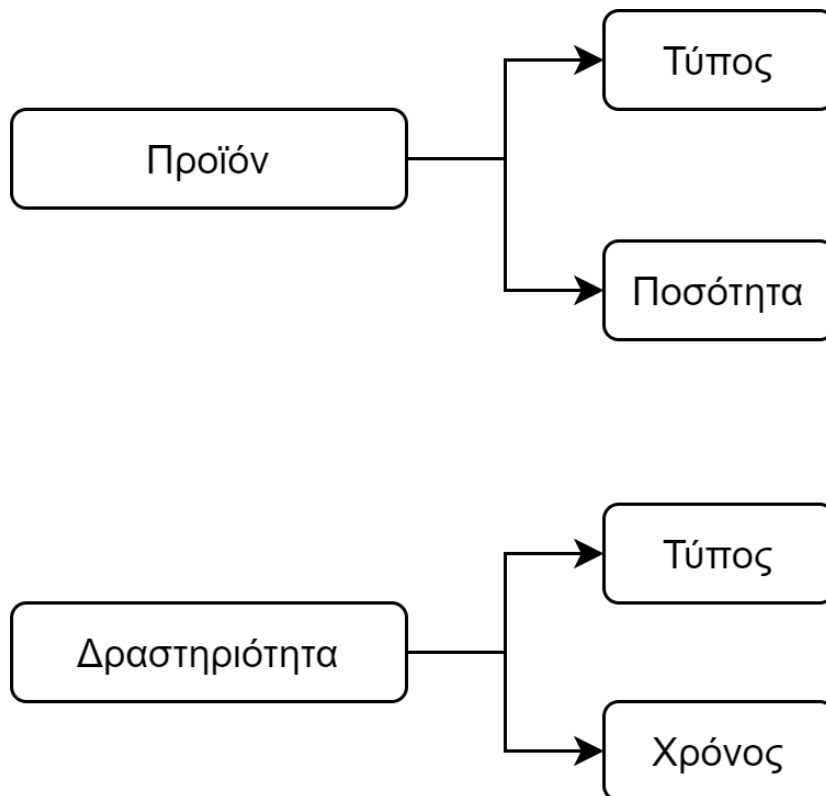
Υπάρχει έλλειψη συνοχής στη χρήση των λέξεων εντοπισμός και ανίχνευση, καθώς αυτοί οι όροι χρησιμοποιούνται εναλλακτικά, συχνά αποτελώντας πηγή σύγχυσης των εννοιών. Οι περισσότεροι ορισμοί προσπαθούν να το αντιμετωπίσουν ως την ικανότητα παρακολούθησης της κίνησης του προϊόντος μέσω της αλυσίδας εφοδιασμού. Στον κανονισμό της ΕΕ (2002) ορίζονται οι απαιτήσεις ιχνηλασιμότητας, καθώς κάθε φορέας πρέπει να μπορεί να εντοπίζει την κίνηση των προϊόντων ένα βήμα μπροστά και ένα βήμα προς τα πίσω. Ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας πρέπει να υποστηρίζει τόσο την παρακολούθηση (tracking) όσο και την ανίχνευση (tracing). Η παρακολούθηση (tracking) και η ανίχνευση (tracing) θα μπορούσαν να συνοψιστούν στους παρακάτω ορισμούς:

«Η παρακολούθηση είναι η ενημερωτική διαδικασία με την οποία ένα προϊόν ακολουθείται κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού διατηρώντας εγγραφές κάθε σταδίου. Η ανίχνευση ορίζεται ως η ικανότητα ανασυγκρότησης της ιστορίας ενός προϊόντος, προσδιορίζοντας την προέλευσή του μέσω της πολυπλοκότητας των πόρων που εμπλέκονται στον κύκλο ζωής του. »

Σε ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας μπορούμε να διακρίνουμε δυο βασικές οντότητες, το προϊόν και τη δραστηριότητα. Οι οντότητες χωρίζονται σε βασικούς περιγραφείς που πρέπει να συμπεριληφθούν για να αποκτήσουμε χαρακτηριστικά ιχνηλασιμότητας. Η οντότητα προϊόντος διαιρείται σε τύπο και ποσότητα και η οντότητα δραστηριότητας διαιρείται σε τύπο και χρόνο, όπως αυτό απεικονίζεται στο Σχήμα 9. Ένα κριτήριο για την ανίχνευση μιας μονάδας είναι μια μονάδα ανιχνεύσιμου πόρου (Traceable Resource Unit, TRU). Υπάρχουν τρεις τύποι ανιχνεύσιμων μονάδων: παρτίδα, εμπορική μονάδα και λογιστική μονάδα. Μια μονάδα παρτίδας ορίζεται ως η ποσότητα που διέρχεται στην ίδια διαδικασία. Μια εμπορική μονάδα είναι η μονάδα που αποστέλλεται από τον έναν στον επόμενο φορέα σε μια αλυσίδα εφοδιασμού, για παράδειγμα ένα μπουκάλι ή ένα κουτί. Η λογιστική μονάδα είναι ένας τύπος εμπορικής μονάδας που ομαδοποιεί τις εμπορικές μονάδες πριν από τη μεταφορά ή την αποθήκευση, όπως για παράδειγμα μια παλέτα. Η εμφάνιση ενός TRU μπορεί να αλλάξει με την πάροδο του χρόνου καθώς μια παρτίδα χωρίζεται σε πολλές παρτίδες.

Η ιχνηλασιμότητα μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες. εσωτερική ή εξωτερική. Εσωτερική ιχνηλασιμότητα σημαίνει εντοπισμός και ανίχνευση μοναδικών προϊόντων, εξαρτημάτων ή μονάδων εντός του οργανισμού μιας εταιρείας. Η εξωτερική ιχνηλασιμότητα είναι η ικανότητα εντοπισμού και ανίχνευσης μοναδικών μονάδων στη ροή πληροφοριών που συνδέονται με τη φυσική κίνηση των αγαθών μεταξύ των εταιρειών. Για να είναι δυνατή η γρήγορη και ακριβής ανίχνευση, η ιχνηλασιμότητα πρέπει να αντιμετωπίζει τόσο την εσωτερική όσο και την εξωτερική ιχνηλασιμότητα με σαφείς συνδέσεις μεταξύ τους. Η εξωτερική ιχνηλασιμότητα απαιτεί οι συνεργάτες στην αλυσίδα εφοδιασμού να έχουν αποτελεσματική συνδεσιμότητα πληροφοριών μεταξύ των πληροφοριακών συστημάτων. Η εξωτερική ιχνηλασιμότητα είναι συνέπεια της επιτυχίας της εσωτερικής ιχνηλασιμότητας, δεδομένου ότι κάθε φορέας είναι υπεύθυνος για τη συλλογή και την επικοινωνία των πληροφοριών των δικών τους διαδικασιών

και προϊόντων. Αυτό σημαίνει ότι, ένα εσωτερικό σύστημα ιχνηλασιμότητας είναι απαραίτητη προϋπόθεση για να καταστεί δυνατή η πλήρης εξωτερική ιχνηλασιμότητα. Η εξωτερική ανιχνευσιμότητα εξαρτάται επίσης σε μεγάλο βαθμό από τη συνεργασία και το συντονισμό των λογιστικών διαδικασιών και της ανταλλαγής πληροφοριών, μεταξύ των εταιρειών, στην αλυσίδα εφοδιασμού.



Σχήμα 9: Βασικές οντότητες ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας.

3.2.2 Απαιτήσεις ενός συστήματος ιχνηλάτησης

Παρότι ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία είναι δυνατό να προσδιοριστούν διαφορετικά χαρακτηριστικά που ορίζουν ένα σύστημα ιχνηλάτησης, τα πλέον βασικά που πρέπει να έχει ένα τέτοιο σύστημα είναι τα παρακάτω:

- μοναδική ταυτοποίηση μονάδων και παρτίδων όλων των προϊόντων και συστατικών
- πληροφορίες για το πότε και το πού μεταφέρονται,
- σύνδεση της μονάδας και των κινήσεων.
- αποδοτικότητα κόστους.
- φιλικότητα προς τον χρήστη.

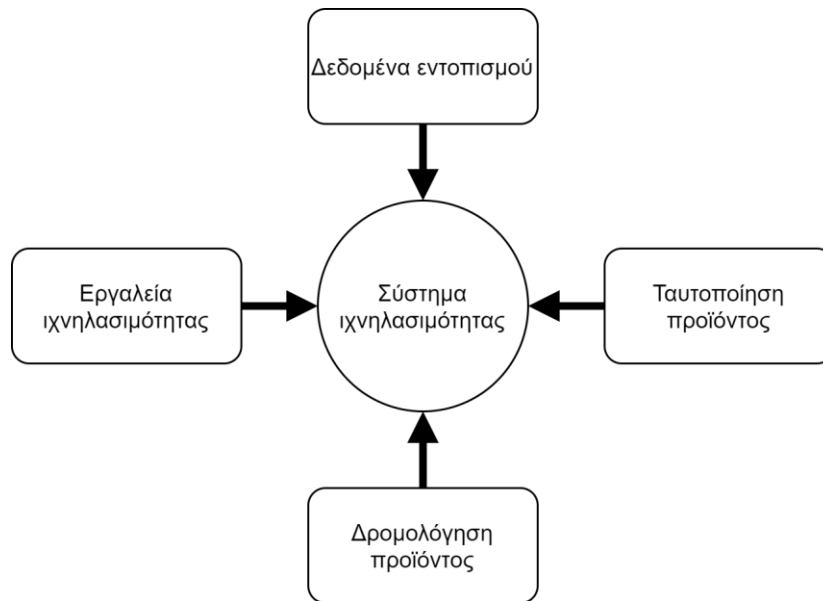
Υπό διαφορετικό πρίσμα, ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας μπορεί να χαρακτηριστεί ως προς το πλάτος του (το ποσό των πληροφοριών), το βάθος (πόσο μακριά προς τα κάτω και προς τα πάνω το σύστημα έχει πληροφορίες) και την ακρίβεια (ο βαθμός αξιοπιστίας για τον εντοπισμό μιας συγκεκριμένης κίνησης).

Ο βασικός παράγοντας για ένα αποτελεσματικό και αποδοτικό σύστημα ιχνηλασιμότητας είναι η σύνδεση μεταξύ της πληροφορίας και της φυσικής ροής. Για να μπορέσουμε να συνδέσουμε τη ροή υλικού με τη ροή πληροφοριών, η συσκευασία και η επισήμανση είναι βασικές απαιτήσεις.

Ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας είναι περίπλοκο και περιλαμβάνει μια ποικιλία παραμέτρων απόφασης. Τα εμπλεκόμενα μέρη πρέπει να αποφασίσουν σχετικά με τις κατάλληλες παραμέτρους σχεδιασμού του τι πρέπει να συμπεριλάβουν σε επίπεδο προϊόντος για να επιτύχουν το κατάλληλο επίπεδο ιχνηλασιμότητας. Η απόφαση ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας εξαρτάται επίσης από τη δομή της αλυσίδας εφοδιασμού, τις σχέσεις στην αλυσίδα, την ικανότητα και την ποιότητά του. Ένα πλήρες σύστημα ιχνηλασιμότητας θα πρέπει να μπορεί να ανιχνεύει το ιστορικό προϊόντων σε ολόκληρη την τροφική αλυσίδα.

Οι Regattieri et al. (2007) [2] δημιούργησαν ένα πλαίσιο βασισμένο σε τέσσερις θεμελιώδεις πυλώνες, οι οποίοι καλύπτουν τους παράγοντες στους οποίους πρέπει να βασίζεται ένα επιτυχημένο σύστημα ιχνηλασιμότητας. Η ιδέα απεικονίζεται στο Σχήμα 1 παρακάτω, όπου βρίσκονται οι τέσσερις πυλώνες:

- ταυτοποίηση προϊόντος
- δεδομένα για εντοπισμό
- δρομολόγηση προϊόντος
- εργαλεία ιχνηλασιμότητας



Σχήμα 10: Οι 4 θεμελιώδεις πυλώνες ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας, Regattieri et al. (2007).

Ο πρώτος πυλώνας είναι η ταυτοποίηση του προϊόντος που είναι θεμελιώδης. Δεδομένου ότι κάθε οντότητα πρέπει να έχει μια μοναδική ταυτότητα, μια βασική ιδέα είναι το TRU.

Ο δεύτερος πυλώνας αφορά τα δεδομένα που πρέπει να εντοπιστούν. Κάποιος πρέπει να αποφασίσει τι είδους πληροφορίες πρέπει να υποστηρίζει το σύστημα και τα επίπεδα εμπιστευτικότητας των πληροφοριών αυτών. Η

επιλογή του τι θα ανιχνευθεί εξαρτάται από τις δυνατότητες του συστήματος και τις ικανότητες των εμπλεκόμενων ηθοποιών.

Ο τρίτος πυλώνας είναι η δρομολόγηση προϊόντων. Ένα πλήρες σύστημα ιχνηλασιμότητας θα πρέπει να καλύπτει ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού, από το αγρόκτημα έως τον τελικό πελάτη, συμπεριλαμβανομένης της παρασκευής του φαγητού. Η αποτελεσματικότητα ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας εξαρτάται από την ικανότητά του να παρακολουθεί και να ανιχνεύει την ιστορία σε ολόκληρη την αλυσίδα και επομένως, η διαδικασία παρασκευής είναι ένα σημαντικό μέρος για τη σύνδεση των συστατικών στο τελικό προϊόν.

Ο τελευταίος πυλώνας είναι τα εργαλεία ιχνηλασιμότητας. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές λύσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας. Η επιλογή των εργαλείων θα πρέπει να εξαρτάται από τις απαιτήσεις και τη συμβατότητα της αλυσίδας εφοδιασμού μαζί με το κόστος του συστήματος ιχνηλασιμότητας. Για γρήγορη και αυτόματη αναγνώριση ενός προϊόντος, υπάρχουν μερικά εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Τα πιο συνηθισμένα εργαλεία για τη λήψη δεδομένων είναι διατήρηση ιστορικού εγγραφών στο χαρτί, η χρήση barcodes, τα RFID και ηλεκτρονικά συστήματα. Κάθε τεχνική ετικετοποίησης έχει ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και μια εταιρεία θα πρέπει να εξετάσει το ενδεχόμενο χρήσης ενός συνδυασμού τεχνικών.

3.2.3 Εμπόδια και περιορισμοί για συστήματα ιχνηλασιμότητας

Δεδομένου ότι εμπλέκονται πολλοί φορείς, απαιτούνται δια-οργανωτικές προσπάθειες για την επίτευξη της ιχνηλασιμότητας των τροφίμων. Ένα από τα πιο δύσκολα μέρη στα συστήματα ιχνηλασιμότητας είναι η έλλειψη επαρκών τυποποιημένων δεδομένων και μέσων ανταλλαγής δεδομένων. Το πρόβλημα τυποποίησης ισχύει τόσο για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών φορέων όσο και για τα συστήματα στην τροφική αλυσίδα. Τα συστήματα ιχνηλασιμότητας συχνά περιπλέκονται λόγω των διαφορών και της ασυνέπειας στα καταγεγραμμένα δεδομένα, αλλά και όσον αφορά τις αποκλίσεις στην κοινή χρήση δεδομένων μεταξύ των εταιρών, εντός της αλυσίδας. Η έλλειψη τυποποίησης δημιουργεί προβλήματα συμβατότητας καθώς οι φορείς χρησιμοποιούν διαφορετικούς τύπους τεχνικών ιχνηλασιμότητας. Για να καταστεί δυνατή η διαλειτουργικότητα μεταξύ πληροφοριακών συστημάτων σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού και προκειμένου να επιτευχθεί αποτελεσματική ιχνηλασιμότητα, η εφαρμογή παγκόσμιων προτύπων είναι αναπόφευκτη.

Η ανάπτυξη και η εφαρμογή ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας είναι περίπλοκη και εκτεταμένη διαδικασία. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αντίσταση στην πορεία της εφαρμογής από ορισμένους εταίρους της αλυσίδας εφοδιασμού. Τα συστήματα ιχνηλασιμότητας απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό για ανάπτυξη, εφαρμογή και διαχείριση. Εκτός από τις τεχνολογικές δυνατότητες των εργαζομένων, η ευαισθητοποίηση, η δέσμευση και τα κίνητρα είναι σημαντικοί και απαραίτητοι παράγοντες για την αποτελεσματική ιχνηλασιμότητα. Εάν τα κίνητρα δεν είναι

ευθυγραμμισμένα και το κίνητρο για τη συντήρηση του συστήματος ιχνηλασιμότητας μειωθεί για ένα μέρος στην αλυσίδα, το σύστημα ιχνηλασιμότητας για ολόκληρη την αλυσίδα μπορεί να υποβιβαστεί ως προς την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητά του. Οι εταίροι σε μια αλυσίδα εφοδιασμού ενδέχεται να μην είναι πρόθυμοι να συμμετάσχουν σε συστήματα ιχνηλασιμότητας, τα οποία μπορεί να σχετίζονται με την έλλειψη ενημέρωσης σχετικά με τα οφέλη ενός τέτοιου συστήματος.

Ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας βασίζεται στις συλλεγόμενες πληροφορίες και πρέπει να βεβαιωθούμε ότι αυτές έχουν συλλεχθεί και επικυρωθεί από ισχυρούς μηχανισμούς. Δεδομένου ότι κάθε φορέας είναι υπεύθυνος για τη συλλογή και την επικοινωνία των πληροφοριών των δικών του διαδικασιών και προϊόντων, ένα εσωτερικό σύστημα ιχνηλασιμότητας είναι προαπαιτούμενο για να καταστεί δυνατή η ιχνηλασιμότητα. Για να καταστεί δυνατή η επιτυχής παρακολούθηση και ανίχνευση, είναι απαραίτητη η εμπλοκή εταιριών με κίνητρα.

3.2.4 Συστήματα Ιχνηλάτησης

Προκειμένου να ολοκληρώσουμε πλήρως την αναζήτηση συστημάτων ιχνηλάτησης και με σκοπό τον εντοπισμό επιθυμητών χαρακτηριστικών προς ενσωμάτωση στη δική μας προσέγγιση, καταλήξαμε στον ακόλουθο συγκεντρωτικό πίνακα (Πίνακας 1) συστημάτων ιχνηλάτησης:

Πίνακας 1: Συστήματα ιχνηλάτησης.

Τίτλος/όνομα προϊόντος	Τύπος	Εμπλεκόμενα μέλη/Ιδιοκτήτες	Σύνδεσμος
Blockchain for Agriculture and Food	Μελέτη πιλοτικού σεναρίου	WAGENIGEN, TNO	https://www.wur.nl/upload_mm/d/c/0/b429c891-ab94-49c8-a309-beb9b6bba4df_2017-112%20Ge_def.pdf
Farmer Connect	Εμπορική πλατφόρμα	IBM Blockchain	https://www.farmerconnect.com/products
IBM Food Trust	Εμπορική πλατφόρμα	IBM Blockchain	https://www.ibm.com/blockchain/solutions/food-

			trust
Thank My Farmer	Εφαρμογή κινητού - Εντοπισμός ιστορικού μέσω QR κωδικού	Farmer Connect, IBM Blockchain	https://www.farmerconnect.com/products
iFince app	Εφαρμογή κινητού - Εντοπισμός ιστορικού και παραγωγών καφέ	Debut Infotech	https://www.ifinca.co/
Provenance	Εμπορική πλατφόρμα ιχνηλασιμότητας για πιστοποιήσεις και προελεύσεις προϊόντων	Project Provenance Ltd.	https://www.provenance.org https://www.provenance.org/shoppers
Papertale	Εμπορική πλατφόρμα για δίκαιο εμπόριο και περιβαλλοντικό αντίκτυπο στην αλυσίδα εφοδιασμού		https://www.papertale.org/
OriginTrail	Ανοιχτού κώδικα, Πρωτόκολλο για ιχνηλασιμότητα στην αλυσίδα εφοδιασμού	TraceLabs	https://origintrail.io/ https://tech.origintrail.io/
FoodLogiq	Εμπορική πλατφόρμα	Clarkston-Potomac Group	https://www.foodlogiq.com/
Arc-Net	Εμπορική πλατφόρμα	Synergy Health plc	https://arc-net.io/
AgriOpenData	Εμπορική πλατφόρμα	Ez Lab	https://www.agriopendata.it/
Ambrosus	Εμπορική πλατφόρμα	Ambrosus	https://ambrosus.com/
AgriBlockIoT	Πρωτότυπο, Ευρωπαϊκό έργο	AGILE project (έργο με αριθμό No 688088) στο πρόγραμμα Horizon 2020 της ΕΕ: https://agile-iot.eu/	https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8373021
Mile High Labs Client portal	Εμπορική πλατφόρμα, ΗΠΑ	Mile High Labs	https://portal.milehighlabs.com/inde

			x.html
--	--	--	------------------------

Για λόγους πληρότητας, παραθέτουμε μια μικρή περιγραφή του κάθε συστήματος:

- Blockchain for Agriculture and Food: Πρόκειται για μια πιλοτική εφαρμογή η οποία εξετάζει τις δυνατότητες της τεχνολογίας blockchain, όταν εφαρμόζεται στην αλυσίδα εφοδιασμού.
- Farmer Connect: Η πλατφόρμα Farmer Connect είναι χτισμένη γύρω από έναν πυρήνα blockchain, που τροφοδοτείται από την IBM, η οποία επιτρέπει την ασφαλή αποθήκευση και κοινή χρήση επιχειρηματικών δεδομένων.
- IBM Food Trust: Πρόκειται για μια υποδομή της IBM η οποία χρησιμοποιεί τεχνολογίες blockchain με σκοπό τον διαμοιρασμό δεδομένων (δημόσια ή μέσω εξουσιοδοτημένης πρόσβασης) σε μια ενιαία πλατφόρμα εμπιστοσύνης για όλα τα στάδια της αλυσίδα εφοδιασμού.
- Thank My Farmer: Πρόκειται για μια εφαρμογή κινητού η οποία συνδυάζεται με το Farmer Connect και η οποία επιτρέπει την προβολή ολόκληρου του ιστορικού ιχνηλασιμότητας για ένα ορισμένο προϊόν, απλώς και μόνο με τη σάρωση ενός QR κωδικού.
- iFinsa app: Πρόκειται για μια εφαρμογή η οποία μειώνει το πληροφοριακό κενό και επιτρέπει σε καταναλωτές να εντοπίζουν πληροφορίες σχετικά με τους παραγωγούς του καφέ που αγοράζουν.
- Provenance: Πρόκειται για μια πλατφόρμα η οποία παρέχει δυνατότητες ιχνηλασιμότητας για πιστοποιήσεις και προελεύσεις προϊόντων.
- Rapertale: Πρόκειται για μια πλατφόρμα η οποία προωθεί το δίκαιο εμπόριο και ασχολείται με τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο στην αλυσίδα εφοδιασμού.
- OriginTrail: Πρόκειται για μια υποδομή ανοιχτού κώδικα η οποία εστιάζει κυρίως στις δυνατότητες ιχνηλασιμότητας ενός προϊόντος σε όλα τα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού και δίνοντας μεγάλη έμφαση στην εμπιστοσύνη και τη συνεργασία των εμπλεκόμενων μελών.
- FoodLogiQ: Πρόκειται για μια ισχυρή πλατφόρμα η οποία παρέχει δυνατότητες διαχείρισης προμηθευτών, συμμόρφωση με πρότυπα ασφαλείας τροφίμων, διαχείριση περιστατικών ποιότητας, διαχείριση ανάκλησης προϊόντων και πλήρη ιχνηλασιμότητα σε όλα τα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού.

- Arc-Net: Πρόκειται για μια τεχνική λύση χτισμένη σε υποδομή blockchain η οποία δίνει πλήρεις δυνατότητες ιχνηλασιμότητας ενός προϊόντος σε όλα τα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού.
- AgriOpenData: Πρόκειται για μια ισχυρή υποδομή η οποία επιτρέπει σε αγρότες να εντοπίζουν και πιστοποιούν προϊόντα μέσα από τεχνολογίες blockchain και smart contracts.
- Ambrosus: Πρόκειται για μια δημόσια υποδομή blockchain με άδειες (permissioned blockchain), η οποία ενώνει ομαλά αισθητήρες, συσκευές IoT, υπάρχοντα συστήματα ERP και άλλα διαχειριστικά εργαλεία εταιριών.
- AgriBlockIoT: Πρόκειται για ένα πρωτότυπο στα πλαίσια ενός έργου Horizon 2020 της ΕΕ και το οποίο έχει σαν σκοπό την υλοποίηση ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας με τεχνολογίες blockchains για IoT δεδομένα, με έμφαση στην διαφάνεια και την εμπιστοσύνη.
- Mile High Labs Client portal: Πρόκειται για μια υπηρεσία η οποία χρησιμοποιεί το blockchain Ethereum και η οποία επιτρέπει την ιχνηλασιμότητα ολόκληρης της αλυσίδας εφοδιασμού Κανναβιδιόλης (CBD).

3.3 Διαφάνεια

3.3.1 Βιώσιμη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας

Η προσοχή στην ενσωμάτωση της αειφορίας στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες. Μπορούμε να παρατηρήσουμε μια μετατόπιση της εστίασης από τεχνική άποψη, για να την εξετάσουμε επίσης από επιχειρηματική και πολιτική σκοπιά, πρώτα σε περιβαλλοντικές και έπειτα, κοινωνικές πτυχές. Η έρευνα σχετικά με τη βιώσιμη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (Sustainable Supply Chain Management, SSCM) επικεντρώνεται κυρίως στην παρακολούθηση (monitoring) ως σύνολο δραστηριοτήτων για βιώσιμες λειτουργίες και επιδόσεις στις αλυσίδες εφοδιασμού. Οι περιβαλλοντικές πτυχές έχουν πιο ανεπτυγμένες συζητήσεις από τις κοινωνικές πτυχές. Τα ζητήματα αειφορίας στις αλυσίδες εφοδιασμού κατά κύριο λόγο πραγματεύονται περιβαλλοντικά, κανονιστικά και οικονομικά θέματα, παρότι υπάρχει ανάγκη να συμπεριληφθούν καλύτερα οι κοινωνικές και κυβερνητικές διαστάσεις καθώς και οι κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες στο SSCM.

Μελέτες δείχνουν ότι οι καταναλωτές γνωρίζουν περισσότερο τις ηθικές και κοινωνικές πληροφορίες που διέπουν ένα συγκεκριμένο προϊόν. Τα τελευταία χρόνια, η έμφαση στη μεγαλύτερη διαφάνεια έχει αυξηθεί εκτιμάται ότι αυτή η εξέλιξη θα συνεχιστεί οδηγώντας σε πιο ολοκληρωμένη διαφάνεια στο μέλλον. Η διαφάνεια ορίζεται ως δημοσίευση πληροφοριών και συχνά σχετίζεται με τον τομέα του περιβάλλοντος και της βιωσιμότητας.

Ο τομέας της διαφάνειας έχει υψηλή προτεραιότητα σε δημόσια, πολιτικά και ερευνητικά προγράμματα. Η αυξανόμενη έμφαση στη διαφάνεια μπορεί να αποδοθεί σε μια διευρυμένη εστίαση στα συμφέροντα των μετόχων που έχουν εντείνει τις προσπάθειες για την προστασία των εργασιακών δικαιωμάτων και τα συμφέροντα των καταναλωτών για βιώσιμα προϊόντα. Η εξωτερική πίεση από την κυβέρνηση, το κοινό και τις ΜΚΟ αναγκάζουν τις εταιρείες να ενσωματώσουν την αειφορία. Μελέτες έχουν δείξει ότι οι κυβερνητικές πιέσεις μέσω νόμων και κανονισμών ωθούν τις εταιρείες να βελτιώσουν τις βιώσιμες πρακτικές τους. Η αυξανόμενη προσδοκία περιβαλλοντικών και κοινωνικών βιώσιμων προϊόντων και διαδικασιών δημιουργεί μια κανονιστική πίεση για τις εταιρείες να εφαρμόσουν βιώσιμες λύσεις. Οι ενέργειες από ΜΚΟ μπορούν να βλάψουν τη φήμη μιας εταιρείας, καθώς η ΜΚΟ θεωρεί την εταιρεία υπεύθυνη για περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα, όπως επίσης και σε προηγούμενα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού. Τα βιώσιμα έργα θα είναι όλο και πιο βιώσιμα καθώς η πίεση από τους καταναλωτές απαιτεί μεγαλύτερη διαφάνεια κατά μήκος των αλυσίδων εφοδιασμού. Οι επιχειρήσεις πρέπει να λάβουν μια πιο ολιστική εικόνα του κόστους και των οφελών που συνοδεύουν τα κοινωνικά και περιβαλλοντικά έργα, και να το κάνουν μέρος της στρατηγικής αντί για επιβάρυνση. Η διαφάνεια είναι το κλειδί για την επιτυχή αξιολόγηση της βιωσιμότητας των αλυσίδων εφοδιασμού. Τα βιώσιμα προϊόντα και οι αλυσίδες εφοδιασμού στοχεύουν στην επίτευξη εξοικονόμησης κόστους, αλλά και στην αύξηση των πωλήσεων και των ευκαιριών αγοράς ικανοποιώντας τις ανάγκες των καταναλωτών.

Τα οφέλη που μπορούν να αποκτηθούν από τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές βιώσιμες δραστηριότητες εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνουν μειωμένο κόστος υγείας και ασφάλειας λόγω ασφαλέστερου χειρισμού και καλύτερων εργασιακών συνθηκών. Οφέλη από τη συμμετοχή σε βιώσιμη συμπεριφορά μπορούν να είναι και το ότι ο οργανισμός είναι πιο ελκυστικός σε προμηθευτές και πελάτες. Είναι επίσης ένας τρόπος για μια εταιρεία να εργάζεται προληπτικά για μελλοντικούς κανονισμούς και μπορεί να επηρεάσει τους ερχόμενους κυβερνητικούς κανονισμούς, οι οποίοι θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα για την εταιρεία. Οι βιώσιμες δράσεις θα πρέπει να επικεντρωθούν στα ζητήματα που υπαγορεύουν οι ιδιαίτερα εμφανείς ενδιαφερόμενοι για τη μείωση του χάσματος μεταξύ του "τι κάνει μια εταιρεία" και "τι πρέπει να κάνει μια εταιρεία". Ευθυγραμμίζοντας τις αντιλήψεις και τις προσδοκίες των ενδιαφερομένων, μπορεί να αποκτηθεί ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

Η αειφόρος παρακολούθηση περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως η συλλογή πληροφοριών προμηθευτών, αξιολόγηση περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιδόσεων των προμηθευτών και των εισερχόμενων αγαθών. Υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί στην παρακολούθηση, καθώς συχνά τείνει να έχει στενή εστίαση περιβαλλοντικών και κοινωνικών δεικτών. Μια πολύ στενή παρακολούθηση μπορεί να παραβλέψει αρνητικά εξωτερικά αποτελέσματα που επηρεάζουν πολλούς ενδιαφερόμενους. Η παρακολούθηση προϋποθέτει ότι οι πληροφορίες που συλλέγονται μέσω των αλυσίδων είναι ακριβείς και αξιόπιστες. Οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιδόσεις ήταν οι προκριματικοί για να λειτουργήσουν ως μέρος της αλυσίδας εφοδιασμού, ενώ μακροπρόθεσμα ο νικητής της διάταξης είναι η οικονομική απόδοση. Τα ενδιαφερόμενα μέλη έχουν διαφορετικά συμφέροντα στην περιβαλλοντική και κοινωνική λογιστική και τείνουν να αντιμετωπίζουν προβλήματα με σαφή

έκφραση των προσδοκιών τους και των πληροφοριακών τους αναγκών. Αυτό δημιουργεί ορισμένα εμπόδια που πρέπει να ξεπεραστούν κατά την εφαρμογή βιώσιμων αλυσίδων εφοδιασμού, υπό τη μορφή πρόσθετης πολυπλοκότητας και συντονισμού.

3.3.2 Ασυμμετρία πληροφορίας

Οι καταναλωτές ευαισθητοποιούνται περισσότερο ως προς το περιβάλλον και η κοινωνία απαιτεί μεγαλύτερη διαφάνεια και βιώσιμα προϊόντα. Συχνά, ορισμένοι φορείς σε μια αλυσίδα εφοδιασμού έχουν περισσότερες και καλύτερες πληροφορίες από τους άλλους φορείς. Οι διαθέσιμες πληροφορίες θα επηρεάσουν το μέλος με τις λιγότερες πληροφορίες, καθιστώντας δύσκολη ή αδύνατη την αξιολόγηση της ποιότητας των πληροφοριών, η οποία αναφέρεται ως ασυμμετρία πληροφοριών. Λόγω της ασυμμετρίας των πληροφοριών, οι εταιρείες ενδέχεται να μην είναι σε θέση να εκφράσουν τις πληροφορίες στις οποίες βασίζεται ένα προϊόν στους καταναλωτές. Η ασυμμετρία των πληροφοριών εμποδίζει τους πελάτες να λάβουν ενεργά μια ηθική απόφαση κατά την αγορά ενός προϊόντος, κάτι το οποίο θέτει τον πελάτη σε θέση στην οποία δεν μπορεί να επιλέξει το προϊόν που πιστεύεται ότι αποδίδει μεγαλύτερη αξία. Για να μειωθεί η ασυμμετρία των πληροφοριών, απαιτούνται ισχυρότερες αλληλεπιδράσεις. Η ασυμμετρία των πληροφοριών δεν μειώνεται απαραίτητα με στενότερη σχέση των φορέων, αλλά η ανταλλαγή πληροφοριών είναι κρίσιμη κατά το συντονισμό της αλυσίδας εφοδιασμού σε κάθε περίπτωση.

Ένας τρόπος για την αύξηση των διαθέσιμων πληροφοριών, και επομένως την ευαισθητοποίηση, είναι η παροχή πληροφοριών για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ή / και τις κοινωνικές επιπτώσεις ενός προϊόντος. Αυτό γίνεται συχνά χρησιμοποιώντας πιστοποιήσεις και ετικέτες τρίτων, π.χ. Fairtrade, με στόχο τη μείωση της ασυμμετρίας των πληροφοριών για τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις και για να καθοδηγηθούν οι καταναλωτές ως προς τη διάκριση μεταξύ προϊόντων. Η αυξανόμενη ζήτηση για βιώσιμα προϊόντα δημιουργεί κίνητρα για τις εταιρείες να αλλάξουν τις διαδικασίες παραγωγής και εφοδιαστικής αλυσίδας. Σήμερα, υπάρχουν πολλά οικολογικά σήματα και περιορισμένες πληροφορίες για το τι σημαίνει η κάθε πιστοποίηση ή ετικέτα, κάτι που καθιστά δύσκολο για τον καταναλωτή να αξιολογήσει τη σημασία και την αξιοπιστία της πιστοποίησης. Ένας επιπλέον τρόπος για να γίνουν περισσότερο εμφανείς οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις θα μπορούσε να είναι η εξέταση προτύπων για τη μέτρηση εκπομπής καυσαερίου από φορτηγά. Το πρότυπο εκπομπών κατατάσσεται μεταξύ Euro I-VI, όπου οι υψηλότεροι αριθμοί είναι καλύτεροι από τους χαμηλότερους όσον αφορά τις εκπομπές. Ένα καινούργιο φορτηγό θα πρέπει να έχει πρότυπο εκπομπών VI.

3.3.3 Επιλογή δεδομένων με διαφανή πρόσβαση

Δεδομένου ότι η εξωτερική πίεση από κυβερνητικούς κανονισμούς, βέλτιστες πρακτικές σε πρωτόκολλα ομοτίμων, μη κυβερνητικούς οργανισμούς και "κρίσιμα γεγονότα" που επηρεάζουν τις συνήθειες πρακτικές (ανθυγιεινές

συνθήκες προσωπικού, κατάρρευση κτιρίου παραγωγής κτλ), οι εταιρείες πρέπει να αποφασίσουν ποιες πληροφορίες θα παρέχονται διαφανώς και δημόσια. Η θεμελιώδης απόφαση για το τι πρέπει να είναι δημόσιο δεδομένο λαμβάνεται από την αναμενόμενη απάντηση από τον διευθυντή. Μια σταθμισμένη αντιστάθμιση του επενδυτικού κόστους και τα οφέλη της δημόσιας έκθεσης μιας πληροφορίας ως διαφορετικές επενδύσεις απαιτούνται για να είναι δυνατή η κοινή χρήση των πληροφοριών. Μελέτες διαπίστωσαν ότι οι συνεργάτες της αλυσίδας εφοδιασμού είναι πιο πιθανό να ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους σε μακροχρόνιες σχέσεις που βασίζονται στην εμπιστοσύνη και σε ένα κοινό όραμα. Γενικά, έχει παρατηρηθεί ότι οι εταιρείες είναι πιο πρόθυμες να δημοσιεύσουν πληροφορίες εάν η δημοσίευση προσθέτει αξία στη σχέση με τους υφιστάμενους και πιθανούς καταναλωτές και ότι η ιδιωτική ζωή και οι ιδιόκτητες πληροφορίες δεν διακυβεύονται. Η επιλογή του ποιες πληροφορίες αποφασίζει να μοιραστεί ένας φορέας σε μια αλυσίδα εφοδιασμού εξαρτάται από το εύρος και το βάθος των πληροφοριών από τον αγοραστή. Οι ίδιες πληροφορίες που ζητούνται από περισσότερους αγοραστές υποδηλώνουν μεγαλύτερο εύρος πίεσης και το βάθος τείνει να είναι πιο έντονο όταν ο αγοραστής έχει ένα σχέδιο για το πώς πρέπει να αξιοποιηθούν οι ληφθείσες πληροφορίες. Ο αγοραστής συνήθως έχει κάποια προβλήματα με τη λήψη των πληροφοριών, εκτός εάν δεν θεωρείται κρίσιμο για τη σχέση αγοραστή και φορέα.

Ένας βασικός παράγοντας που επηρεάζει τις πληροφορίες που πρέπει να δημοσιευτούν είναι το είδος των πληροφοριών αυτών. Όλοι οι τύποι δημοσίευσης και ανταλλαγής πληροφοριών είναι στοιχεία ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση της βιωσιμότητας.

Εταιρείες που είναι ήδη υποχρεωμένες να συλλέγουν πληροφορίες μέσω κανονισμών απαιτούν λιγότερες επενδύσεις και είναι πιο πιθανό να μοιραστούν τις πληροφορίες που διαθέτουν. Δεδομένου ότι ο αγοραστής ζητά νέο τύπο πληροφοριών, πρέπει να προσδιοριστεί το αν οι πληροφορίες είναι ιδιοσυγκρασιακές ή αν είναι ένδειξη για ένα νέο κοινωνικό κίνημα. Υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι για να πιεστούν οι οργανισμοί να υιοθετήσουν νέους βιώσιμους κανόνες, για παράδειγμα ομάδες ακτιβιστών που χρησιμοποιούν εκστρατείες μέσων, ψηφίσματα μετόχων, απεργίες και μποϊκοτάζ. Εάν ερμηνευτεί ως μια νέα τάση και όχι απλώς ιδιοσυγκρασία, θα καταβληθεί περισσότερη προσπάθεια, δεδομένου ότι υπάρχουν μεγαλύτερα οφέλη με την κοινοποίηση των πληροφοριών. Δεδομένου ότι αυξάνεται η σημασία της διαφάνειας της βιωσιμότητας, οι πρωτεργάτες της θα γίνουν ισχυρότεροι και ίσως αλλάξουν. Οι βιώσιμοι παράγοντες αυξάνουν την οικονομική αξία και οδηγούν στην πολιτική σημασία.

Σύμφωνα με τους Marshall et al. (2016) Οι κοινώς κοινοποιημένες πληροφορίες αλυσίδας εφοδιασμού είναι η προέλευση, περιβαλλοντικές πληροφορίες και κοινωνικές πληροφορίες. Προέλευση σημαίνει αποκάλυψη πληροφοριών σχετικά με τα συστατικά που χρησιμοποιούνται σε ένα προϊόν. Περιβαλλοντικές πληροφορίες σημαίνει την επιρροή φυσικών παραμέτρων σε ένα προϊόν, ενώ οι κοινωνικές πληροφορίες θα μπορούσαν να είναι πληροφορίες κατά της διαφθοράς, συνθήκες εργασίας, επιπτώσεις στις τοπικές κοινότητες.

Μια επιτυχημένη στρατηγική αποκάλυψης είναι να προσδιοριστεί πρώτα ο τύπος πληροφοριών που θα μπορούσαν να δημοσιευθούν και στη συνέχεια,

ανάλογα με το πόσο ευαίσθητες, επικίνδυνες και πολύτιμες είναι οι πληροφορίες που πρόκειται να αποκαλυφθούν, να υπάρξει ανταπόκριση με δημιουργικό και ουσιαστικό τρόπο.

4 Τεχνολογία Κατανεμημένης Εγγραφής στην Ιχνηλασιμότητα Τροφίμων

Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις για την εφαρμογή ενός συστήματος blockchain είναι η πολυπλοκότητά του. Αυτό σημαίνει ότι όλοι οι φορείς στην αλυσίδα πρέπει να συνεργαστούν για να υιοθετήσουν και να εφαρμόσουν την τεχνολογία, για να την καταστήσουν καρποφόρα. Εξαιτίας της ανωριμότητας της τεχνολογίας blockchain, υπάρχει έλλειψη προτύπων. Το πιο κοντινό πρότυπο που συναντάται σε προτυποποιημένα συστήματα είναι blockchains όπως το Hyperledger Fabric. Πρόκειται για ένα blockchain που είναι καθολικό και προσαρμόσιμο ώστε να ταιριάζει σε ένα δεδομένο τύπο κατάστασης. Η επιλογή τύπου blockchain για χρήση ασκεί πίεση στα μέλη που εμπλέκονται στην αλυσίδα. Κάτι που αποτελεί μειονέκτημα, δεδομένου ότι η περιοχή του blockchain κινείται γρήγορα και η πρόβλεψη του καλύτερου τύπου blockchain μελλοντικά είναι δύσκολη.

Ένα μεγάλο μειονέκτημα σχετικά με την τεχνολογία blockchain είναι ότι λίγοι έχουν επιτύχει να εφαρμόσουν την τεχνολογία στην αλυσίδα εφοδιασμού. Όσοι δοκιμάζουν, συνήθως το κάνουν για ένα μικρό υποσύνολο της αλυσίδας και όχι στην ευρύτερη πολυπλοκότητά της. Το πρόβλημα της καινοτομίας είναι κομβικό στην προσπάθεια διασφάλισης της επιτυχίας ενός συστήματος blockchain. Ένα από τα λίγα συστήματα blockchain τα οποία μπορούν να αξιολογηθούν είναι το Bitcoin, το οποίο λειτουργεί ακριβώς όπως σχεδιάστηκε. Ένα blockchain όπως το Bitcoin, όπου μια συναλλαγή διαρκεί έως και δέκα λεπτά μέχρι να επαληθευτεί από τους miners, δεν είναι κατάλληλο για αλυσίδα εφοδιασμού, όπου ο χρόνος είναι πολύ πολύτιμος. Η χρήση περισσότερο καθολικών blockchains, όπως το Hyperledger Fabric, το οποίο είναι προσαρμόσιμο σε συγκεκριμένους τύπους επιχειρήσεων μπορεί να είναι πιο χρήσιμη. Η έλλειψη επαρκούς έρευνας σχετικά με αυτούς τους τύπους προσαρμόσιμων blockchains είναι μεγάλη, κάτι που υποδεικνύει ότι η εφαρμογή της τεχνολογίας σε αυτόν τον τομέα δεν έχει ωριμάσει πλήρως. Συνολικά, το blockchain είναι μια εφικτή λύση στο πρόβλημα, αλλά απαιτεί κίνητρα, συνεργασίες και ενώσεις ετερογενών συστημάτων για να λειτουργήσει ομαλά.

Στην περίπτωση της λύσης blockchain, ενδέχεται να υπάρχουν αμφιβολίες ως προς την τεχνολογία μεταξύ των μελών της αλυσίδας εφοδιασμού. Οι λόγοι του φόβου αυτού μπορεί να είναι πολλοί, αλλά ένας από αυτούς μπορεί να σχετίζεται με την ασφάλεια. Μερικοί μπορεί να πιστεύουν ότι τα blockchains δεν είναι ασφαλείς υποδομές και ότι μυστική πληροφορία που μοιράζεται εμπιστευτικά θα μπορούσε να ανακτηθεί από οποιονδήποτε έχει πρόσβαση στο σύστημα. Κάποιος μπορεί επίσης να υποστηρίξει ότι το η κατανομή δεδομένων συνεπάγεται ότι ο έλεγχος και η ιδιοκτησία πάνω τους χάνεται.

Για να υλοποιηθεί μια λύση blockchain, τα εμπλεκόμενα μέλη πρέπει να συμφωνήσουν σχετικά με τον τύπο του blockchain που θα χρησιμοποιηθεί. Οι εταιρείες πρέπει να αναρωτηθούν ποιος πρέπει να έχει πρόσβαση στο blockchain και τη δυνατότητα πραγματοποίησης συναλλαγών, η οποία συνδέεται στενά με το επίπεδο διαφάνειας που θέλουν να προσφέρουν οι εμπλεκόμενοι. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα, σε σύγκριση με το καθολικό χωρίς άδειες (unpermissioned ledger), είναι ότι το το blockchain Hyperledger Fabric δεν απαιτεί δραστηριότητες εξόρυξης με τον ίδιο τρόπο

όπως το Bitcoin, αφού οι χρήστες έχουν ήδη αποκτήσει δικαιώματα πρόσβασης. Πολλοί κόμβοι (εξουσιοδοτημένα μέλη) πρέπει να εγκρίνουν μια συναλλαγή, αλλά αυτό γίνεται άμεσα, κάτι που το καθιστά πιο κατάλληλο για μια λύση ιχνηλασιμότητας. Το γεγονός ότι απαιτείται άδεια για τη χρήση του blockchain, κάνει ευκολότερη τη συμφωνία σχετικά με το ποιες πληροφορίες θα κοινοποιούνται δημόσια, σε αντίθεση με ένα καθολικό χωρίς άδειες.

Όταν επιλέγουμε τον τύπο του καθολικού (ledger), πρέπει επίσης να λάβουμε υπόψη την αναγκαιότητα ή μη της λειτουργικότητας των έξυπνων συμβολαίων (smart contracts). Τα έξυπνα συμβόλαια θέτουν υψηλότερες απαιτήσεις

στο blockchain και τις πληροφορίες, αλλά μπορούν να επιτρέψουν άλλες επιχειρηματικές δυνατότητες οι οποίες δεν θα ήταν εφικτές χωρίς αυτά.

Η φύση των blockchains καθιστά αδύνατο τον χειρισμό των δεδομένων ώστε αυτά να φαίνονται σε καλύτερη μορφή μελλοντικά. Μόλις εγκριθεί μια συναλλαγή, δεν μπορεί να αλλάξει χωρίς να διακοπούν τα υπόλοιπα μπλοκ στο blockchain. Εάν κάτι πάει στραβά ή κάτι μεταφερθεί κατά λάθος πρέπει να γίνει εκ νέου επαναφορά, για να αποκτήσουμε τον σωστό κάτοχο ενός προϊόντος. Δεδομένου ότι δεν είναι δυνατό να αλλαχτούν μελλοντικά οι πληροφορίες, μια εταιρεία μπορεί να είναι σίγουρη ότι οι πληροφορίες από τους συνεργάτες της είναι αξιόπιστες, παρότι κανονικά δεν θα είχε λόγο να είναι 100% σίγουρη για κάτι τέτοιο. Ένα άλλο θετικό αποτέλεσμα που προκύπτει με τη χρήση τεχνολογίας blockchain είναι ότι όλα όσοι έχουν άδεια στο blockchain διατηρούν κι από ένα αντίγραφο του καθολικού (ledger). Αυτό σημαίνει ότι εάν ένα μέλος χάσει δεδομένα για κάποιο λόγο, αυτό δεν θα επηρεάσει την αλυσίδα.

4.1 Τεχνολογία Κατανεμημένης Εγγραφής ως Λύση Ιχνηλασιμότητας

Λόγω του ότι το blockchain μπορεί να αποθηκεύσει το ιστορικό όλων των συναλλαγών που έγιναν ποτέ και είναι εύκολο να αναδημιουργηθεί το ιστορικό και να προσδιορίσουμε την προέλευση ενός προϊόντος, η τεχνολογία blockchain υποστηρίζει πλήρως ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας. Η χρήση του blockchain ως συστήματος ιχνηλασιμότητας είναι χρήσιμη δεδομένου ότι η ταχύτητα ανίχνευσης και αναγνώρισης ενός συγκεκριμένου προϊόντος γίνεται στιγμιαία, παρόλο που το ίδιο αποτέλεσμα θα μπορούσε να επιτευχθεί σε ένα καλώς δομημένο κεντρικό σύστημα. Η ταχύτητα είναι γενικά σημαντική, αλλά έχει μεγάλη σημασία όταν εξετάζουμε τρόφιμα, ειδικά εάν είναι μολυσμένα, όταν πρέπει η πηγή μόλυνσης να εντοπιστεί γρήγορα. Όσον αφορά ένα κεντρικό σύστημα, η συνδεσιμότητα πληροφοριών μεταξύ των εταιρών απαιτούνται για ένα αποτελεσματικό σύστημα ιχνηλασιμότητας, εφόσον ένα από τα μέλη είναι υπεύθυνο για τα δεδομένα.

Γενικά, η ιχνηλασιμότητα μπορεί υποφέρει λόγω έλλειψης ψηφιακών ενημερώσεων. Σε ένα σύστημα blockchain όπου οι πληροφορίες

συγκεντρώνονται και είναι προσβάσιμες για όλα τα συνδεδεμένα μέλη, η διαδικασία εντοπισμού των προϊόντων θα ήταν συντομότερη, αν αυτό απαιτηθεί. Επομένως, ο προσδιορισμός της προέλευσης ή του ιστορικού ενός προϊόντος θα μπορούσε να ολοκληρωθεί χωρίς περαιτέρω αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών, κάτι που είναι θετικό σαν χαρακτηριστικό. Με αυτόν τον τρόπο, μια εταιρία θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει το blockchain για να εντοπίσει και να ανιχνεύσει αγαθά καθώς κινούνται μέσω της αλυσίδας και ταυτόχρονα πληρούν τους κανονισμούς που αναφέρουν ότι κάθε μέρος της αλυσίδας πρέπει να είναι σε θέση να εντοπίζει και να ανιχνεύει ένα προϊόν τουλάχιστον ένα βήμα προς τα πάνω και ένα προς τα κάτω στην αλυσίδα. Ωστόσο, ακόμα κι αν ένα blockchain μπορεί να εκπληρώσει την ιχνηλασιμότητα, δεν είναι εφικτή η διάκριση διαφορών επίδοσης συγκριτικά με ένα κεντρικό σύστημα. Επομένως, οι λειτουργίες ανιχνευσιμότητας που θα μπορούσαν να επιτευχθούν από μια λύση blockchain θα μπορούσαν επίσης να επιτευχθούν και με ένα παραδοσιακό κεντρικό σύστημα.

4.2 Τεχνολογία Κατανεμημένης Εγγραφής για βελτιωμένη διαφάνεια

Η διαφάνεια είναι ένα πεδίο που προβλέπεται ότι θα έχει μελλοντική αξία ειδικά από περιβαλλοντικής και βιώσιμης σκοπιάς. Είναι ένα πεδίο όπου η ζήτηση των πελατών έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, εφόσον η εμπιστοσύνη, από την πλευρά του πελάτη, μπορεί να αυξηθεί με διαφάνεια. Για να είναι σε θέση κανείς να αξιολογήσει την απόδοση μιας αλυσίδας εφοδιασμού, η διαφάνεια είναι το κλειδί. Θα μπορούσε κανείς να χρησιμοποιήσει ένα κεντρικό σύστημα για την ύπαρξη διαφάνειας, απλώς κοινοποιώντας δημόσια όλες τις πληροφορίες, αλλά η τεχνολογία blockchain είναι ανώτερη από ένα κεντρικό σύστημα σε αυτήν την περίπτωση.

Τα δυνατά σημεία της διαφάνειας του blockchain στηρίζονται στην αξιοπιστία, καθώς μια συναλλαγή δεν μπορεί να αλλάξει ή να χειραγωγηθεί στη συνέχεια, μια μορφή αξιοπιστίας που δεν μπορεί να επιτευχθεί από ένα συγκεντρωτικό σύστημα, διότι είναι αδύνατο για έναν εξωτερικό φορέα να αξιολογήσει την αξιοπιστία των δημοσιευμένων πληροφοριών. Η όλη ιδέα του blockchain είναι ότι τα δεδομένα που αποθηκεύονται χρονολογικά επαληθεύονται και μόλις επαληθευτούν είναι αδύνατη η αλλαγή των δεδομένων αυτών στη συνέχεια χωρίς να αλλάξει ολόκληρο το ιστορικό του blockchain. Αυτό σημαίνει ότι μόλις πραγματοποιηθεί μια συναλλαγή, είναι μη αναστρέψιμη. Είναι σημαντικό να διασφαλίζεται σε έναν εξωτερικό παρατηρητή ότι οι πληροφορίες είναι ακριβείς και αξιόπιστες, εφόσον οι πληροφορίες σχετικά με μια παραγγελία πρέπει να μπορούν να ανακτηθούν κατόπιν αιτήσεως. Επομένως, είναι πλεονεκτικό να χρησιμοποιηθεί μια τεχνολογία blockchain αντί ενός κεντρικού συστήματος όσον αφορά την παράμετρο της αξιοπιστίας.

Η χρήση της τεχνολογίας blockchain θα μπορούσε επίσης να υποστηρίξει τις περιβαλλοντικές πτυχές και τις κοινωνικές πτυχές, στις οποίες δίνεται μεγάλη προσοχή τα τελευταία χρόνια. Αυτό, διότι λόγω της τεχνολογίας blockchain υποστηρίζεται η ιχνηλασιμότητα και η διαφάνεια, κάτι το οποίο μπορεί να αναπτυχθεί περαιτέρω με την ενσωμάτωση έξυπνων συμβολαίων. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία blockchain και τη λειτουργικότητα των

έξυπνων συμβολαίων θα μπορούσε να επεκταθεί ένα blockchain έτσι ώστε να οπτικοποιούνται οι από κοινού συμφωνίες μεταξύ μελών.

4.3 Η προσέγγιση ΦΑΙΔΩΝ

Το έργο ΦΑΙΔΩΝ στοχεύει στη ενίσχυση της διαφάνειας στην αγροδιατροφή μέσω ενός καινοτόμου και σύγχρονου συστήματος ιχνηλασιμότητας το οποίο υποστηρίζει όλους τους συμμετέχοντες στην αλυσίδα αξίας, σε όλες τις διαδικασίες που αυτή προβλέπει, στα στάδια από την παραγωγή μέχρι και την κατανάλωση, συμβάλλοντας κατ'αυτόν τον τρόπο στην ακεραιότητα των παραγόμενων διατροφικών προϊόντων. Πιο συγκεκριμένα, το έργο θα σχεδιάσει, θα υλοποιήσει και θα αξιολογήσει ένα πλήρως αποκεντρωμένο σύστημα ιχνηλασιμότητας για την εφοδιαστική αλυσίδα προϊόντων αγροδιατροφής, και συγκεκριμένα στην εφοδιαστική αλυσίδα του Ιπποφασούς Μετεώρων, με τη χρήση τεχνολογίας blockchain. Το σύστημα θα παρέχει λειτουργίες εντοπισμού (tracking) του προϊόντος, δηλαδή την παρακολούθηση του κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας και την καταγραφή του σε κάθε στάδιο επεξεργασίας, αλλά και ιχνηλάτησης (tracing) του προϊόντος, δηλαδή την ανακατασκευή όλης της ιστορίας του προϊόντος και την αναγνώριση της προέλευσης του ανάμεσα στην πολυπλοκότητα των διάφορων πόρων που συμπεριλαμβάνονται στον κύκλο ζωής του.

5 Συμπεράσματα

Στο παρόν παραδοτέο παρουσιάσαμε τη βιβλιογραφική αναζήτηση που διεξήγαμε στα πλαίσια του έργου με σκοπό την ανάλυση άμεσων και έμμεσων πτυχών του προβλήματος, καταλήγοντας σε μια προτεινόμενη τεχνολογική λύση ιχνηλασιμότητα τροφίμων στην αλυσίδα εφοδιασμού μέσω τεχνολογιών κατανεμημένης εγγραφής. Πιο συγκεκριμένα, μελετήσαμε τις έννοιες διαφάνεια, ιχνηλασιμότητα, εντοπισμός, blockchain, κατανεμημένο καθολικό, κοινοποίηση πληροφοριών, τόσο στα πλαίσια του προβλήματος όσο και γενικότερα. Εξετάσαμε υπάρχοντα συστήματα ιχνηλασιμότητας και τεχνολογικές λύσεις γύρω από την αλυσίδα εφοδιασμού και παρουσιάσαμε την προτεινόμενη προσέγγιση στα πλαίσια του PHAEDON.

6 Βιβλιογραφία

- [1] Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.
- [2] Regattieri, A., Gamberi, M., & Manzini, R. (2007). Traceability of food products: General framework and experimental evidence. *Journal of Food Engineering*, 81(2), 347-356. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.10.032