



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΈΡΕΥΝΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

## ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ BLOCKCHAIN ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΣΙΑΛΔΑΣ ΠΕΤΡΟΣ-ΠΑΥΛΟΣ

**Εποπτεία :** Ηλίας Τατσιόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Επίβλεψη:** Γεώργιος Παπαδόπουλος  
Δρ., Ε.Δι.Π., Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2020



## Περίληψη

Οι προκλήσεις και οι απαιτήσεις που αντιμετωπίζουν τη σημερινή εποχή οι εταιρείες αναφορικά με το συνεχώς αυξανόμενο επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών μεγάλων συνεχώς, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και η διαχείριση των εφοδιαστικών αλυσίδων. Έτσι, λοιπόν, οι παγκόσμιες απαιτήσεις, η πολυπλοκότητα των διαδικασιών που χρησιμοποιούνται κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας, η ανακάλυψη νέων τεχνολογιών, η ανταγωνιστικότητα και η ανάγκη για προστασία από κακόβουλες συμπεριφορές, ωθούν τις επιχειρήσεις σε μία πιο αποτελεσματική και διαφανή διαχείριση των εφοδιαστικών τους αλυσίδων η οποία μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση blockchain. Η τεχνολογία blockchain αποτελεί ένα αποκεντρωμένο, ψηφιοποιημένο, κατανεμημένο καθολικό το οποίο χρησιμοποιεί ισχυρή κρυπτογράφηση για την καταγραφή ψηφιακών συναλλαγών. Οι στόχοι της εφοδιαστικής αλυσίδας επιτυγχάνονται χρησιμοποιώντας διάφορους μηχανισμούς της τεχνολογίας blockchain με τους οποίους οι κόμβοι του συστήματος καθώς επίσης και ο καταναλωτής μπορούν να παρακολουθούν την πορεία και την πραγματική κατάσταση των προϊόντων οποιαδήποτε χρονική στιγμή, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο την διαφάνεια, την ασφάλεια και την εμπιστοσύνη μεταξύ των εμπλεκόμενων.

Στη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή εργασία παρουσιάζεται μία βιβλιογραφική επισκόπηση της τεχνολογίας του blockchain, των διαδικασιών που την χαρακτηρίζουν και των πλεονεκτημάτων της σχετικά με τις παραδοσιακές μεθόδους που εφαρμόζονται στη διαχείριση των εφοδιαστικών αλυσίδων. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο η τεχνολογία blockchain εφαρμόζεται στη διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας όπως και ήδη γνωστές εφαρμογές σε διάφορους τομείς της παγκόσμιας βιομηχανίας καθώς και τα οφέλη και οι δυνατότητες που δίνει στις εταιρείες να εξελιχθούν και να ανταποκριθούν στις σύγχρονες απαιτήσεις. Ακόμη, αναλύεται το πρόβλημα της παραποίησης προϊόντων στα πλαίσια της εφοδιαστικής αλυσίδας και οι επιπτώσεις τις οποίες έχει η παράνομη αυτή διαδικασία στην παγκόσμια οικονομία και την υγεία των ανθρώπων. Τέλος, παρουσιάζεται η θετική επιρροή του blockchain στην αντιμετώπιση της παραχάραξης προϊόντων και αναλύονται κάποιες εφαρμογές και πιλοτικά project που έχουν υλοποιηθεί.



## **Abstract**

The challenges and the demands faced by companies nowadays with the continuous growing level of customer service are constantly increasing, affecting the management of supply chains. Thus, global requirements, the complexity of the processes used along the supply chain, the discovery of new technologies, competitiveness and the need of protect against malicious behaviour, are pushing businesses to a more efficient and transparent management of their supply chains that can be addressed using blockchain. Blockchain technology is a decentralized, digitized, distributed ledger that uses strong encryption to record digital transactions. Supply chain objectives are achieved using various mechanisms of blockchain technology whereby system nodes as well as the consumer can monitor the progress and the real condition of the products at any time, thereby increasing transparency, security and trust between those involved.

This thesis provides a literature review of blockchain technology, the processes that characterize it and its advantages regarding traditional methods applied to the management of supply chains. Subsequently, the way that blockchain technology is applied to the supply chain process is being presented as well as already known case studies in various sectors of the global industry as well as the benefits and capabilities that give companies the opportunity to evolve and meet modern requirements. Moreover, the problem of product counterfeiting within the supply chain is analyzed and the impact that this illegal process has on the world economy and people's health. Finally, the positive influence of blockchain on dealing with product counterfeiting is presented and specific case studies and pilot projects that have been implemented are analyzed.



## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ηλία Τατσιόπουλο για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Γεώργιο Παπαδόπουλο για την καθοδήγηση και τη βοήθεια που μου προσέφερε.

Επιπλέον, ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους μου τους φίλους και τους συμφοιτητές για τη βοήθειά και τη συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου για την απλόχερη υλική και ηθική συμπαράσταση σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου.



## Περιεχόμενα

<b>Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή</b> .....	8
1.1.Εισαγωγικό Σημείωμα .....	8
1.2. Αντικείμενο και Στόχοι Διπλωματικής Εργασίας.....	8
<b>Κεφάλαιο 2. Blockchain</b> .....	10
2.1. Τι είναι το Blockchain- Ορισμός .....	10
2.2. Πως λειτουργεί το Blockchain.....	11
2.3. Δίκτυα ομότιμων κόμβων (Peer-to-Peer networks).....	15
2.4. Κατανεμημένο Καθολικό ( Distributed Ledger) .....	16
2.5. Cryptography (Public-Private Key).....	18
2.6. Κόμβοι (Nodes).....	19
2.7. Smart Contracts .....	22
2.8. Συναίνεση (Consensus).....	24
2.9. Τύποι Blockchain .....	25
2.10. Οφέλη του Blockchain .....	28
2.11. Αρνητικές επιπτώσεις του Blockchain .....	31
<b>Κεφάλαιο 3. Blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα</b> .....	33
3.1. Εφοδιαστική αλυσίδα και ιχνηλασιμότητα προϊόντων .....	33
3.2. Παράδειγμα έλλειψης ιχνηλασιμότητας .....	35
3.3. Blockchain και εφοδιαστική αλυσίδα.....	37
3.4. Μελέτες Περίπτωσης.....	38
3.4.1. Maersk-IBM .....	39
3.4.2. CargoX .....	43
3.4.3. Walmart-IBM .....	49
3.4.4. Bext360 .....	59



3.4.5. Kounola Innovation .....	61
<b>Κεφάλαιο 4. Blockchain και παραποίηση προϊόντων .....</b>	<b>64</b>
4.1. Η παραποίηση προϊόντων .....	64
4.2. Παραποίηση προϊόντων και εφοδιαστική αλυσίδα.....	66
4.3. Υπάρχουσες λύσεις αντιμετώπισης της παραποίησης προϊόντων .....	68
4.4. Blockchain και παραποίηση προϊόντων .....	69
4.4. Εφαρμογές blockchain κατά της παραποίησης προϊόντων.....	72
4.4.1. Blockverify .....	72
4.4.2. Provenance.....	74
4.4.3. Everledger .....	75
<b>Κεφάλαιο 5. Τελικά Συμπεράσματα.....</b>	<b>77</b>
5.1. Σύνοψη Εργασίας .....	77
5.2. Βασικά Συμπεράσματα .....	77
References.....	79

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.: Blockchain .....	10
Εικόνα 2.: Hashing.....	12
Εικόνα 3.: Mined blocks (Hassan et al.,2019) .....	13
Εικόνα 4.: Proof of Work .....	14
Εικόνα 5.: Peer to Peer Networks .....	16
Εικόνα 6.: Distributed Ledger (Tripoli et al.,2018) .....	17
Εικόνα 7.: Κρυπτογράφηση-Αποκρυπτογράφηση Συναλλαγών .....	18
Εικόνα 8.: Full node-Light node (Ko,2017) .....	21
Εικόνα 9.:Smart Contracts .....	23
Εικόνα 10.: Public blockchain .....	26
Εικόνα 11.: Private blockchain.....	27
Εικόνα 12.: Εφοδιαστική Αλυσίδα .....	33
Εικόνα 13.: Ιχνηλασιμότητα στην εφοδιαστική αλυσίδα.....	34
Εικόνα 14.: Παράδειγμα έλλειψης ιχνηλασιμότητας .....	36
Εικόνα 15.: Ναυτιλιακή Βιομηχανία .....	40
Εικόνα 16.: Maersk-IBM-Blockchain (IBM-Blockchain,2018) .....	42
Εικόνα 17.: Παράδειγμα Bill of Landing .....	45
Εικόνα 18.: Ιδέα του Bill of Landing .....	46
Εικόνα 19.: Πορεία του Bill of Landing.....	48
Εικόνα 20.: Αποθήκη Walmart.....	51
Εικόνα 21.: Blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα βιομηχανίας τροφίμων .....	52
Εικόνα 22.: Απεικόνιση της διαδικασίας δημιουργίας blockchain στην αλυσίδα τροφίμων .	56
Εικόνα 23.: Ρομποτικός μηχανισμός κατηγοριοποίησης καφέ (Bext360,2018) .....	60
Εικόνα 24.: Ποσοστά παραποίησης προϊόντων ανά βιομηχανία (OECD,2016) .....	65
Εικόνα 25.: Οι 3 πιθανές διαδρομές παραποιημένου προϊόντος στην εφοδιαστική αλυσίδα (Alzahrani et al.,2018) .....	66
Εικόνα 26.: Η δομή των block κατά την φάση της αρχικοποίησης (Alzahrani et al.,2018).....	70
Εικόνα 27.: Τομείς εφαρμογής του Blockverify .....	73
Εικόνα 28.: Η εφαρμογή του blockchain μέσω της Provenance (Provenance,2016) .....	74

## Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

### 1.1.Εισαγωγικό Σημείωμα

Στη σημερινή εποχή, οι σύγχρονες τεχνολογικές τάσεις και οι εξελίξεις οι οποίες παρατηρούνται στον τεχνολογικό χώρο, δίνουν την ευκαιρία σε όλες τις επιχειρήσεις να εκμεταλλευτούν τις νέες αυτές τεχνολογίες με αποτέλεσμα να βελτιώσουν τις εφοδιαστικές τους αλυσίδες και να αυξήσουν τον ανταγωνισμό τους. Το Blockchain είναι μία νέα σχετικά τεχνολογία η οποία λόγω των καινοτόμων χαρακτηριστικών που τη διακρίνουν μπορεί να παρέχει αποτελεσματικές λύσεις στα τρέχοντα προβλήματα των παγκόσμιων εφοδιαστικών αλυσίδων. Το blockchain μπορεί να εφαρμοσθεί για οποιαδήποτε ανταλλαγή δεδομένων στα πλαίσια της εφοδιαστικής αλυσίδας, είτε πρόκειται για συμβόλαια μεταξύ επιχειρήσεων, είτε για την παρακολούθηση προϊόντων και αποστολών είτε για χρηματοοικονομικές ανταλλαγές. Μέσω της σωστής αξιοποίησης της τεχνολογίας blockchain, οι εταιρείες και οι οργανισμοί μπορούν να καλύψουν κενά, να πολεμήσουν το φαινόμενο της παραποίησης των προϊόντων και να εξελίξουν τις διαδικασίες του.

### 1.2. Αντικείμενο και Στόχοι Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως κύριο στόχο την ανάδειξη της τεχνολογίας blockchain και τον τρόπο με τον οποίο η τεχνολογία αυτή μπορεί να εισχωρήσει στην παγκόσμια βιομηχανία, και να εφαρμοσθεί στις εφοδιαστικές αλυσίδες των επιχειρήσεων με θετικά για αυτές αποτελέσματα. Σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιασθούν εφαρμογές της τεχνολογίας blockchain στις εφοδιαστικές αλυσίδες των επιχειρήσεων και να αναδειχθούν τα κυριότερα σημεία που χρήζουν βελτίωση και πως αυτά μπορούν να ξεπεραστούν με τις κατάλληλες εφαρμογές.

Αναλυτικότερα, οι στόχοι της παρούσας εργασίας είναι οι ακόλουθοι:

- Η γενική κατανόηση της τεχνολογίας blockchain, ο τρόπος λειτουργίας της, οι διαδικασίες που την αποτελούν, οι διαφορετικοί τύποι blockchain που υπάρχουν, τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας αλλά και οι προκλήσεις που εμφανίζονται.





- Η ανάλυση του ορισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας, το πρόβλημα ιχνηλασιμότητας που επικρατεί σε αυτή και ο τρόπος με τον οποίο η τεχνολογία blockchain μπορεί να το εξαλείψει με την κατάλληλη εφαρμογή.
- Η παρουσίαση διαφορετικών μελετών περιπτώσεων όπου έχει εφαρμοσθεί η τεχνολογία blockchain, ο τρόπος με τον οποίο οι επιχειρήσεις έχουν προσεγγίσει την εν λόγω τεχνολογία και τα θετικά αποτελέσματα που τεχνολογία έχει αποφέρει στις εφοδιαστικές τους αλυσίδες
- Η ανάλυση του προβλήματος της παραχάραξης προϊόντων κατά μήκος των εφοδιαστικών αλυσίδων των επιχειρήσεων και των αρνητικών επιπτώσεων που αποφέρει το φαινόμενο αυτό.
- Τέλος, η παρουσίαση πιλοτικών εφαρμογών και project που έχουν ως τελικό σκοπό της αντιμετώπιση του φαινομένου της παραποίησης προϊόντων κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας.

## Κεφάλαιο 2. Blockchain

### 2.1. Τι είναι το Blockchain- Ορισμός

Το blockchain είναι ένα υπολογιστικό μοντέλο το οποίο εμφανίστηκε για πρώτη φορά με το πρωτόκολλο Bitcoin το 2008. Το blockchain είναι ουσιαστικά μια κατακευματισμένη βάση δεδομένων ή αλλιώς ένα δημόσιο καθολικό που περιλαμβάνει όλες τις συναλλαγές ή τα ψηφιακά γεγονότα που έχουν εκτελεστεί και κοινοποιηθεί μεταξύ των συμμετεχόντων μερών ή αλλιώς κόμβων (Crosby, Pattanayak, Verma, & Kalpanaraman, 2016). Όπως υποδηλώνει το όνομά του, ένα blockchain αποτελείται από μια σειρά "μπλοκ". Το λογισμικό blockchain καταγράφει κάθε συναλλαγή σε ένα μπλοκ χωρίς τη βοήθεια τρίτου μέρους όπως μια τράπεζα ή ένας επεξεργαστής πληρωμής. Το αρχείο συναλλαγών διατηρείται σε διάφορους υπολογιστές οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι σε ένα peer-to-peer (P2P) δίκτυο (Nakamoto, 2008). Ο αλγόριθμος blockchain κρυπτογραφεί και επικυρώνει αυτόματα τη συναλλαγή, η οποία είναι άμεσα ορατή σε όλους τους χρήστες, ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα απάτης. Οι όροι της συναλλαγής δεν περιλαμβάνουν προσωπικές ή αναγνωριστικές πληροφορίες.



Εικόνα 1.: Blockchain

Πηγή: [www.blogs.iadb.org](http://www.blogs.iadb.org)



Κάθε καινούρια ομάδα καταχωρήσεων δηλαδή ένα «block» συνδέεται με τα προηγούμενα, δημιουργώντας μία αλυσίδα καταχωρίσεων από την πρώτη συναλλαγή έως την τρέχουσα δημιουργώντας το «blockchain». Ένα σύνολο των εγκεκριμένων συναλλαγών ομαδοποιείται σε ένα μπλοκ, το οποίο αποστέλλεται σε όλους τους κόμβους του δικτύου. Αυτοί με τη σειρά τους ανάλογα και με το είδος του blockchain επικυρώνουν το νέο μπλοκ. Υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι επικύρωσης ενός block ανάλογα με το είδος του, οι οποίοι θα παρουσιαστούν στη συνέχεια. Κατά συνέπεια, το blockchain λειτουργεί ως μια ενιαία πηγή αλήθειας και τα μέλη σε ένα δίκτυο blockchain μπορούν να δουν μόνο αυτές τις συναλλαγές που σχετίζονται με αυτά.

## 2.2. Πως λειτουργεί το Blockchain

Τα block των συναλλαγών τα οποία αποτελούν το Blockchain ταξινομούνται ως μία back-linked λίστα δεδομένων. Δημιουργείται, δηλαδή, μία γραμμική συλλογή στοιχείων όπου κάθε κόμβος της ακολουθίας αυτής περιέχει και μία αναφορά στον προηγούμενο κόμβο αυτής. Το blockchain οπτικά μπορεί κάποιος να το φανταστεί ως ένα πολύ-επίπεδο πύργο όπου κάθε όροφος αντιστοιχεί σε ένα block και το αρχικό block που βρίσκεται στη βάση αυτού αποτελεί το θεμέλιο του. Οι όροι που χρησιμοποιούνται συνήθως για να αναφερθούμε σε ένα blockchain είναι, το “ύψος” για να ορίσουμε την απόσταση του αρχικού από το τελευταίο block και “κορυφή” για να ανατρέξουμε στο πιο πρόσφατα προστιθέμενο block.

Κάθε block έχει 3 βασικά χαρακτηριστικά:

1. Πληροφορίες( πχ. Συναλλαγές, συμφωνητικά κλπ.)
2. Ένα μοναδικό ID ή hash
3. Το hash του προηγούμενου block.

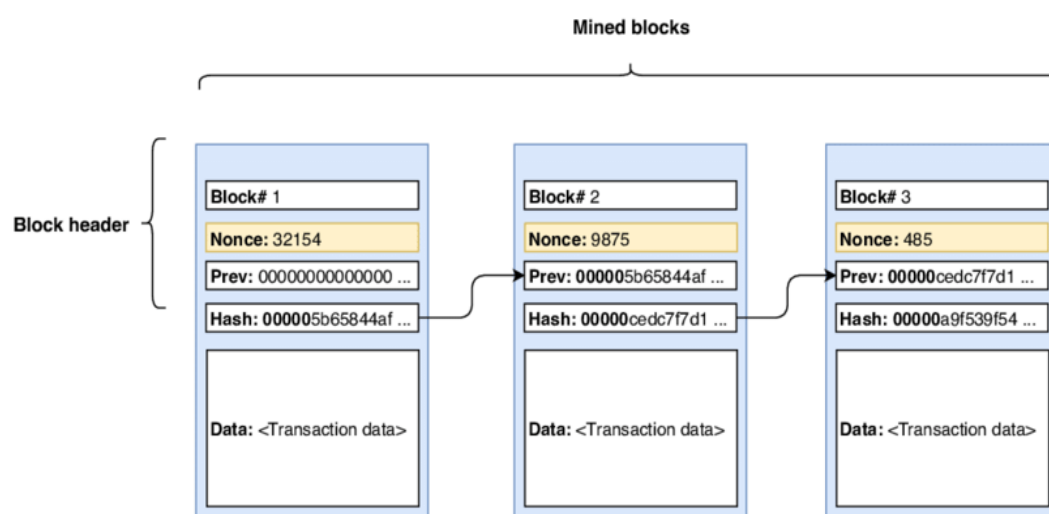
Όπως αναφέρθηκε κάθε block ενός blockchain αναγνωρίζεται από το μοναδικό hash του (που ονομάζεται hash block ή header hash). Μέσα σε κάθε hash οποιουδήποτε block περιέχονται κρυπτογραφημένα πληροφορίες για τις συναλλαγές του συγκεκριμένου block. Το hash παράγεται με τη χρήση ενός αλγόριθμου κρυπτογράφησης του SHA-256 (Secure Hashing Algorithm 256). Με απλά λόγια, hashing ή κατακερματισμός είναι η διαδικασία κατά την οποία γίνεται η λήψη μιας ομάδας πληροφοριών ανεξαρτήτου μεγέθους και η απόδοση μίας αλυσίδας εξόδου σταθερού μήκους αλφαριθμητικού χαρακτήρα. Έτσι στην περίπτωση του SHA-256, ανεξάρτητα από το πόσο μεγάλη ή μικρή είναι η είσοδος που πραγματοποιείται, η έξοδος θα έχει πάντα σταθερό μήκος 256 bits. Αυτή η διαδικασία αποβαίνει κρίσιμη όταν πρόκειται για ένα τεράστιο όγκο δεδομένων και συναλλαγών. Μέσω, λοιπόν, της κρυπτογράφησης αυτής αντί να θυμόμαστε τα δεδομένα εισόδου ώστε να τα παρακολουθούμε που θα μπορούσαν να είναι τεράστια, μπορούμε απλά να θυμόμαστε το αντίστοιχο hash.

Input	Output (Hash)
Cat	93g56gtf229hbno00r45sktrpbs59so9r3t7saer
A white cat is outside	js03bbstgo94r6s1z8mg05fgt3sba9tob32bsap7
A white cat is inside	bbr19007go2tsi52bsi50o21nmiseas45on23mjn
A whiet cat is inside	339n5sbk249nb9530gjd04h92jg02jg9sm93hpz
A white cat is insid	4bj390osoh9djm395bksh94gf03sg034dfjh31x

Εικόνα 2.: Hashing

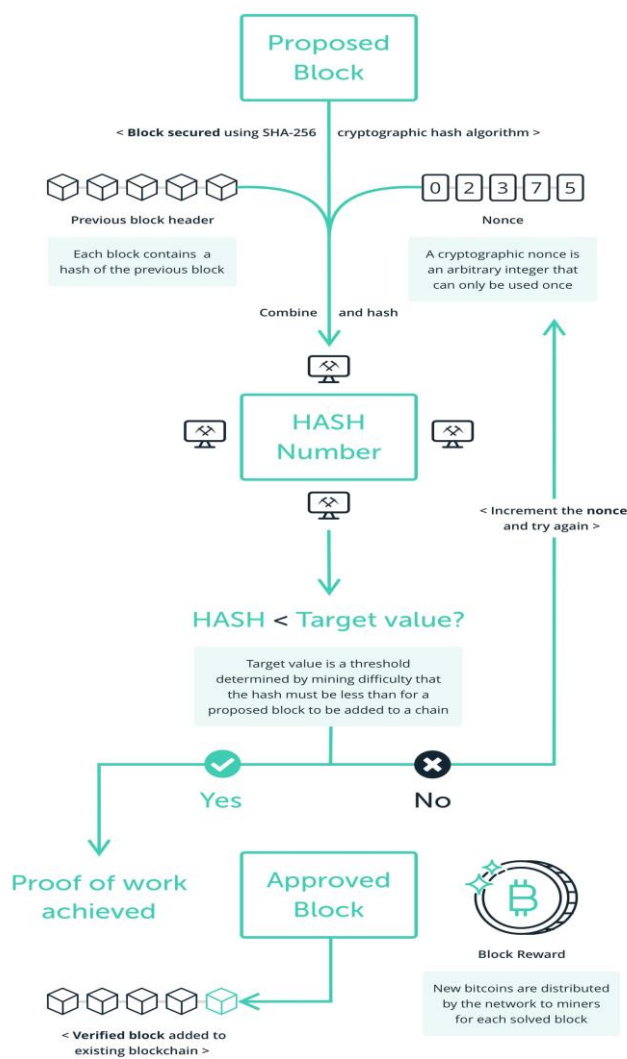
Πηγή: [www.cointelegraph.com](http://www.cointelegraph.com)

Κάθε μπλοκ αναφέρεται στο προηγούμενο μπλοκ που ονομάζεται γονικό μπλοκ, συμπεριλαμβάνοντας το hash γονικού μπλοκ σε ένα ειδικό πεδίο της κεφαλίδας του. Ουσιαστικά αυτό σημαίνει ότι κάθε μπλοκ περιέχει το hash του γονέα μέσα στην κεφαλίδα του, επηρεάζοντας έτσι το δικό του hash. Παρά το γεγονός ότι ένα μπλοκ έχει ένα μόνο γονέα, μπορεί να έχει προσωρινά πολλαπλά παιδιά. Κάθε ένα από τα παιδιά αναφέρεται στο ίδιο μπλοκ ως γωνέα και περιέχει το ίδιο γονικό hash στην κεφαλίδα του. Πολλαπλά παιδιά μπορούν να προκύψουν κατά τη διάρκεια ενός αποκαλούμενου ως «blockchain fork», μια προσωρινή κατάσταση που εμφανίζεται όταν τα διάφορα μπλοκ ανακαλύπτονται από τους αντίστοιχους χρήστες την ίδια χρονική στιγμή. Τελικά, μόνο ένα παιδί μπλοκ γίνεται μέρος του blockchain και το blockchain έχει επιλυθεί. Ακόμα κι αν ένα μπλοκ έχει περισσότερα από ένα παιδιά, κάθε μπλοκ μπορεί να έχει μόνο ένα γονέα. Εάν τροποποιηθεί το γονικό μπλοκ, αλλάζει ο κατακερματισμός του, προκαλώντας επίσης αλλαγή στο hash του τρέχοντος μπλοκ. Αυτό σημαίνει ότι, όταν ένα μπλοκ έχει πολλά επόμενα μπλοκ στην αλυσίδα, εάν τροποποιηθεί, αυτόματα θα αναγκάσει όλα τα επόμενα μπλοκ να υπολογιστούν εκ νέου και για κάθε επόμενο μπλοκ θα πρέπει να παρασχεθεί νέα απόδειξη εργασίας. Αυτό θα απαιτούσε υπολογιστική ισχύ που ξεπερνά την χωρητικότητα των μεμονωμένων κόμβων ακόμα και αν συνεργαστούν. Αυτή η λειτουργία είναι το κλειδί για την ασφάλεια του blockchain, που διασφαλίζει την ακεραιότητα των συναλλαγών.



Εικόνα 3.: Mined blocks (Hassan et al.,2019)

Σε περίπτωση που προστίθεται μία συναλλαγή στο blockchain, τότε όλοι οι συμμετέχοντες του δικτύου θα χρειαστεί να την επικυρώσουν. Η διαδικασία επικύρωσης αυτή πραγματοποιείται με την εφαρμογή ενός αλγορίθμου στη συναλλαγή για την επαλήθευση της εγκυρότητάς της. Στη συνέχεια το σύνολο των εγκεκριμένων συναλλαγών ομαδοποιείται σε ένα καινούριο μπλοκ, το οποίο αποστέλλεται σε όλους τους κόμβους του δικτύου. Όταν ένα νέο block δημιουργείται τότε όλοι οι χρήστες οι οποίοι έχουν αντίγραφο της μέχρι τότε αλυσίδας θα πρέπει να δημιουργήσουν το νέο κατάλληλο ID του καινούριου block. Ένας χρήστης για να το υλοποιήσει αυτό πρέπει να hash-άρει μαζί με το χαρακτηριστικό ID του προηγούμενου block, τα δεδομένα του τρέχοντος μπλοκ και έναν τυχαίο ακέραιο αριθμό από 0-4.294.967.296 που τον ονομάζουμε nonce ( a number used only once).



Εικόνα 4.: Proof of Work

Πηγή: [www.ledgr.com](http://www.ledgr.com)

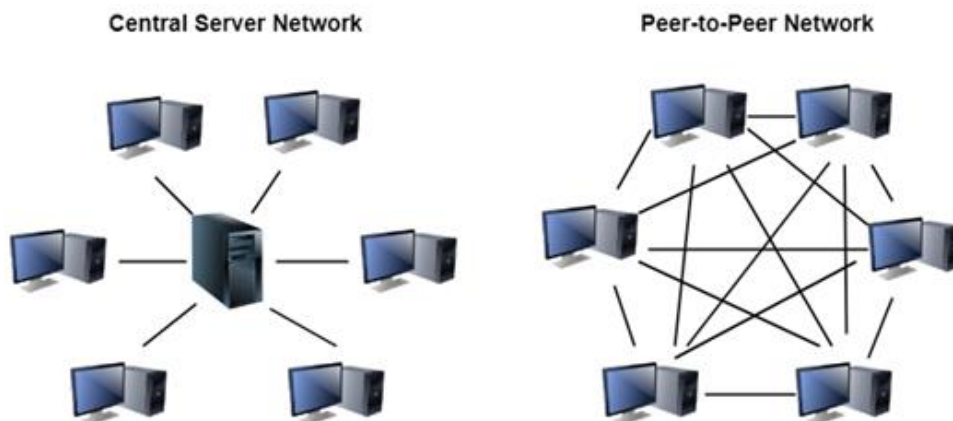


Η παραπάνω τεχνική ονομάζεται *proof of work (PoW)* και ο συγκεκριμένος κόμβος αποδεικνύει στους υπόλοιπους ότι εργάστηκε σκληρά και δαπάνησε μεγάλη υπολογιστική ισχύ για να βρει το σωστό ID καθώς πρόκειται για μία επίπονη διαδικασία. Όταν το 51% των κόμβων συμφωνήσει στο νέο hash που δόθηκε στο block τότε αυτό καταχωρείται, το block ολοκληρώνεται και συνδέεται στην αλυσίδα. Στα δημόσια blockchains όπου ο οποιοσδήποτε χρήστης έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει το νέο hash η διαδικασία αυτή ονομάζεται εξόρυξη (*mining*) (Acheson,2018). Η εξόρυξη περιλαμβάνει μια μορφή ανταμοιβής για κάποιον που θα επαληθεύσει ή θα επικυρώσει ένα μπλοκ. Κατ' αυτό τον τρόπο, το blockchain λειτουργεί ως ένα αποκεντρωμένο (*decentralized*) λογιστικό καθολικό, το οποίο είναι κοινό για όλους τους συμμετέχοντες, μιας και όλοι οι εμπλεκόμενοι αποθηκεύουν ένα αντίγραφο του, κάτι που εξασφαλίζει την ασφάλεια και η διαφάνεια των συναλλαγών.

### 2.3. Δίκτυα ομότιμων κόμβων (*Peer-to-Peer networks*)

Κατά τη μελέτη της τεχνολογίας blockchain, η έννοια των διανεμημένων συστημάτων ή αλλιώς *Peer-to-Peer* δικτύων είναι στενά συνδεδεμένη με αυτήν και η σαφής διατύπωση αυτής καθίσταται μεγίστης σημασίας στην τελική κατανόηση της λειτουργίας του blockchain.

Τα *Peer-to-Peer* δίκτυα ουσιαστικά επιτρέπουν σε μία μεγάλη ομάδα υπολογιστών (δύο ή περισσότερους) να διαμοιράζονται τις πληροφορίες τους. Οι δικτυωμένοι αυτοί κόμβοι θεωρούνται ισοδύναμοι ως προς τις δυνατότητες που έχουν. Επικοινωνούν, συνεργάζονται και συντονίζουν ενέργειες μέσω της μετάδοσης μηνυμάτων. Έτσι οι πληροφορίες και οι πόροι που διαθέτει ο κάθε κόμβος μπορούν να εξαπλωθούν χωρίς την διαμεσολάβηση κεντρικού εξυπηρετητή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο κάθε υπολογιστής να λειτουργεί και ως πελάτης (δέκτης) και ως εξυπηρετητής (πομπός) (Schollmeier,2002).



Εικόνα 5.: Peer to Peer Networks

Πηγή: [www.PNGio.com](http://www.PNGio.com)

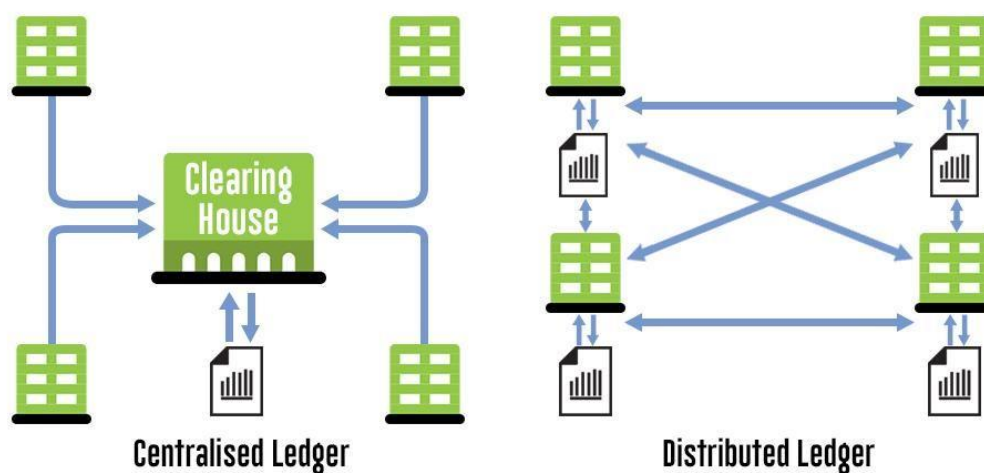
Τα παραδοσιακά δίκτυα ανταλλαγής πληροφοριών, τα οποία διέπονται από ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου των πληροφοριών και των συναλλαγών που πραγματοποιούνται, ενέχουν μεγάλους κινδύνους παραβίασης και κατάρρευσης ολόκληρου του συστήματος. Αυτό συμβαίνει, διότι, ο κακόβουλος χρήστης έχει ως στόχο μόνο μία κεντρική μονάδα. Έτσι, παραβιάζοντας την κεντρική αυτή βάση δεδομένων παραβιάζεται και ολόκληρο το σύστημα, και ο κάθε κόμβος ξεχωριστά εκτίθεται στον κίνδυνο. Η τεχνολογία blockchain, λοιπόν, βασίζεται πάνω στην μέθοδο των Peer-to-Peer δικτύων και έτσι, οι συναλλαγές και τα δεδομένα που αποτελούν την κάθε αλυσίδα δεν συγκεντρώνονται σε ένα κεντρικό σημείο αλλά διαμοιράζονται σε όλους τους κόμβους, καθιστώντας την αλυσίδα λιγότερο ευάλωτη σε κακόβουλη χρήση και εκμετάλλευση.

#### 2.4. Κατανεμημένο Καθολικό ( Distributed Ledger)

Η τεχνολογία του κατανεμημένου καθολικού ( Distributed Ledger Technology-DLT) ορίζεται ως μία διαμοιρασμένη, κοινή, κρυπτογραφημένη βάση δεδομένων που έχει την ιδιότητα να αναπαράγει, να κατανέμει ταυτόχρονα πληροφορίες και να συγχρονίζει τα δεδομένα της σε πολλαπλούς κόμβους. Με αυτό τον τρόπο χρησιμεύει ως μία μη αναστρέψιμη και άφθαρτη αποθήκη πληροφοριών (Wright, A. & Filippi, D.P.,2015). Χαρακτηριστικό του DLT είναι ότι δεν υπάρχει κεντρικός διαχειριστής και έτσι είναι ικανή να λειτουργήσει χωρίς μια



συγκεντρωτική μονάδα αποθήκευσης, βασιζόμενη στα δικά της πρότυπα και διαδικασίες (Davis, D.M., 2002). Ένα ακόμη χαρακτηριστικό της τεχνολογίας αυτής είναι η χρήση κρυπτογραφίας ως μέσω αποθήκευσης περιουσιακών στοιχείων και επικύρωσης συναλλαγών. Μόλις μία συναλλαγή επικυρωθεί και υπάρξει συναίνεση, το κατακευματισμένο καθολικό ενημερώνεται και όλοι οι κόμβοι διατηρούν στον υπολογιστή τους ένα αντίγραφο της συναλλαγής (Bauerle, 2017).

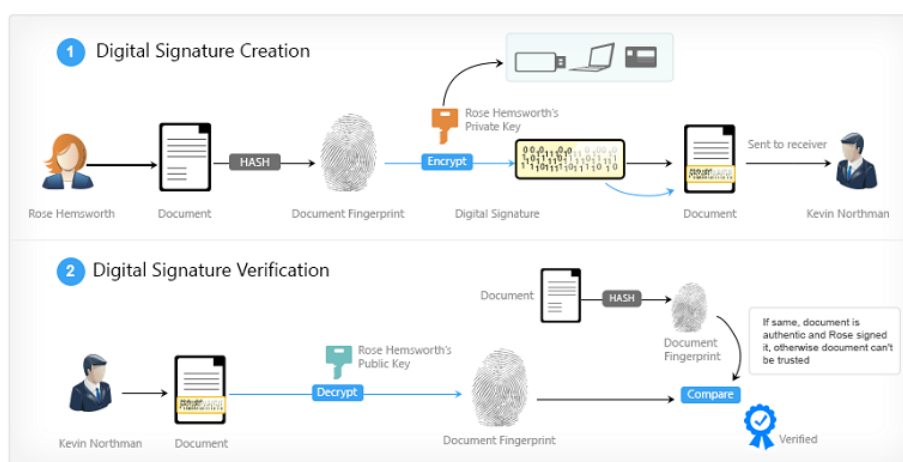


Εικόνα 6.: Distributed Ledger (Tripoli et al.,2018)

Μέσω των blockchain το κατακευματισμένο καθολικό κατάφερε να αναδείξει τις δυνατότητές του. Υπάρχουν δημόσια και ιδιωτικά καθολικά. Στα δημόσια καθολικά ο κάθε χρήστης έχει ένα αντίγραφο της βάσης δεδομένων ενώ στα ιδιωτικά ο κάθε κόμβος έχει δικαιώματα, μέσα από τον έλεγχο πρόσβασης μπορεί να συνδεθεί στο δίκτυο και να κάνει αλλαγές στο καθολικό. Τα κατακευματισμένα καθολικά προσφέρουν μια σειρά από οφέλη στην κυβέρνηση και σε άλλους οργανισμούς του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα. Όπως υποδηλώνει το όνομά τους, μπορούν να διανεμηθούν εξαιρετικά ευρέως με έναν απόλυτα ελεγχόμενο τρόπο. Είναι πολύ αποδοτικά, επειδή οι αλλαγές από οποιονδήποτε συμμετέχοντα με την απαραίτητη άδεια για τροποποίηση του καθολικού αντικατοπτρίζονται αμέσως σε όλα τα αντίγραφα του καθολικού. Μπορούν να είναι εξίσου ισχυρές στην απόρριψη μη εξουσιοδοτημένων αλλαγών, επομένως η καταστροφή του καθολικού είναι εξαιρετικά δύσκολη (UK Government Chief Scientific Adviser).

## 2.5. Cryptography (Public-Private Key)

Η κρυπτογραφία δημόσιου κλειδιού βασίζεται σε ένα ζεύγος κλειδιών που αποτελείται από ένα δημόσιο κλειδί και ένα ιδιωτικό. Το ζεύγος κλειδιών δημόσιου-ιδιωτικού χρησιμοποιείται για την κρυπτογράφηση και την αποκρυπτογράφηση μηνυμάτων. Η κρυπτογράφηση είναι η διαδικασία κλειδώματος ενός μηνύματος, το οποίο συνήθως περιέχει ένα κομμάτι εμπιστευτικών πληροφοριών, με τέτοιο τρόπο ώστε το περιεχόμενο του αρχικού μηνύματος να αποκρύπτεται. Η αντίστροφη διαδικασία ονομάζεται αποκρυπτογράφηση, όπου εγκεκριμένα μέρη με εξουσιοδότηση μπορούν να αποκρυπτογραφήσουν ένα κρυπτογραφημένο μήνυμα προκειμένου να αποκαλύψουν τις αρχικές πληροφορίες (Barak, B.,2017), (Peng, S.,2013). Το δημόσιο και το ιδιωτικό κλειδί σχετίζονται μαθηματικά μεταξύ τους με τον τρόπο κατασκευής τους. Το δημόσιο κλειδί κατασκευάζεται από το ιδιωτικό κλειδί μέσω ενός μαθηματικού αλγορίθμου που λειτουργεί σαν παγίδα ή λειτουργία. Επομένως, η δημιουργία ενός δημόσιου κλειδιού από το ιδιωτικό κλειδί είναι υπολογιστικά εύκολη, καθώς η κατασκευή ενός ιδιωτικού κλειδιού από ένα δημόσιο κλειδί είναι υπολογιστικά ανέφικτη ακόμη και αν το ήταν γνωστός ένας συγκεκριμένος αλγόριθμος κατασκευής του ζεύγους κλειδιών. Το δημόσιο κλειδί δεν περιέχει εμπιστευτικές πληροφορίες και μπορεί να είναι ορατό σε όλους, σε αντίθεση με το ιδιωτικό κλειδί που θα πρέπει να διατηρείται μυστικό με κάθε κόστος (Barak, B.,2017), (Rivest, R.L., Shamir, A., & Adleman, L.,1978).



Εικόνα 7.: Κρυπτογράφηση-Αποκρυπτογράφηση Συναλλαγών

Πηγή: Bitcoin Classroom-Wordpress.com



Κάθε κόμβος ενός peer-to-peer δικτύου διαθέτει ένα ζευγάρι ιδιωτικού κλειδιού και δημόσιου κλειδιού. Το ιδιωτικό κλειδί χρησιμοποιείται για την υπογραφή συναλλαγών. Οι ψηφιακές υπογεγραμμένες συναλλαγές διαδίδονται σε ολόκληρο το δίκτυο και στη συνέχεια προσπελάζονται από δημόσια κλειδιά, τα οποία είναι ορατά σε όλους στο δίκτυο. Η τυπική ψηφιακή υπογραφή εμπλέκεται σε δύο φάσεις: τη φάση υπογραφής και τη φάση επαλήθευσης. Όταν ένας χρήστης-A θέλει να υπογράψει μια συναλλαγή, δημιουργεί πρώτα μια τιμή hash που προέρχεται από τη συναλλαγή. Στη συνέχεια κρυπτογραφεί αυτήν την τιμή κατακερματισμού χρησιμοποιώντας το ιδιωτικό κλειδί του και στέλνει στους άλλους χρήστες το κρυπτογραφημένο κατακερματισμό με τα αρχικά δεδομένα. Οι υπόλοιποι κόμβοι επαληθεύουν τη συναλλαγή μέσω της σύγκρισης μεταξύ του αποκρυπτογραφημένου κατακερματισμού (χρησιμοποιώντας το δημόσιο κλειδί του χρήστη-A) και της τιμής κατακερματισμού που προκύπτει στους ίδιους χρησιμοποιώντας την ίδια συνάρτηση κατακερματισμού με αυτήν που χρησιμοποίησε ο χρήστης-A. Οι τυπικοί αλγόριθμοι ψηφιακής υπογραφής που χρησιμοποιούνται σε blockchain περιλαμβάνουν τον ελλειπτικό αλγόριθμο υπογραφής καμπυλότητας (ECDSA) (Johnson et al., 2001).

## 2.6. Κόμβοι (Nodes)

Ένας κόμβος μπορεί πραγματικά να είναι οποιοδήποτε σύστημα που έχει χωρητικότητα αποθήκευσης και συνδεσιμότητα στο Διαδίκτυο. Με απλά λόγια, ένας κόμβος δικτύου είναι ένα σημείο όπου ένα μήνυμα μπορεί να δημιουργηθεί, να ληφθεί ή να μεταδοθεί. Κάθε ένας από τους κόμβους που συμμετέχει σε ένα δίκτυο αναλαμβάνει ένα διαφορετικό ρόλο μέσα σε αυτό. Κάθε τύπος κόμβου παρέχει συγκεκριμένες λειτουργίες βάσει του ρόλου του. Όλοι οι τύποι κόμβων έχουν τη δυνατότητα να δρομολογήσουν μία συναλλαγή (Antonopoulos, A.M., 2014). Έτσι, λοιπόν, η ύπαρξη φυσικών κόμβων είναι απαραίτητη για τη συγκρότηση της αλυσίδας καθώς αποτελούν βασικούς πυλώνες αυτής, Μέσα, λοιπόν, σε ένα blockchain υπάρχουν 3 διαφορετικά ήδη κόμβων:

- Full nodes
- Lightweight nodes
- Mining nodes



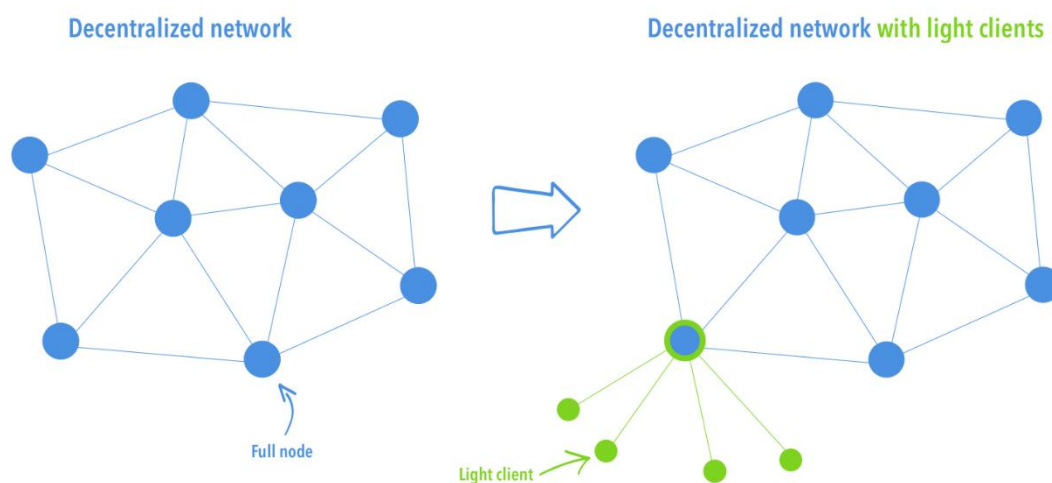
### Full nodes

Τα full nodes έχουν την ιδιαιτερότητα ότι αποθηκεύουν ένα ολόκληρο αντίγραφο του distributed ledger που περιλαμβάνει το συνολικό ιστορικό των συναλλαγών που πραγματοποιήθηκαν. Όλα τα block της αλυσίδας τα οποία περιλαμβάνουν το σύνολο των συναλλαγών που έχουν λάβει μέρος καταχωρούνται από τα full nodes. Επειδή αυτή η κατηγορία κόμβων διαθέτει ένα πλήρες αντίγραφο του διανεμημένου καθολικού, λειτουργεί αυτόνομα και έχει τη δυνατότητα να επαληθεύει τις συναλλαγές χωρίς να εξαρτάται από τους υπόλοιπους κόμβους και να χρειάζεται πληροφορίες από αυτούς για να πραγματοποιήσει τη διαδικασία αυτή. Αυτοί οι κόμβοι μπορούν επίσης να εμπλέκονται στη διαδικασία αποκλεισμού των κόμβων οι οποίοι λειτουργούν έναντι των κανόνων συναίνεσης του συστήματος. Ακόμη αν κάποια συναλλαγή θεωρηθεί παράνομη και δεν συμμορφώνεται με τους κανόνες συναίνεσης ενός block τότε απορρίπτονται από τον πλήρη κόμβο και δεν συμπεριλαμβάνονται στο blockchain. Οι πλήρεις κόμβοι υποστηρίζουν το δίκτυο αποδεχόμενοι block's και συναλλαγές από άλλους πλήρεις κόμβους, επικυρώνοντας αυτά τα block και τις συναλλαγές και με τη σειρά τους τα μεταδίδουν σε άλλους πλήρεις κόμβους (Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., Kalyanaraman, V.,2016). Τέλος, εφόσον οι πλήρεις κόμβοι έχουν ένα αντίγραφο του blockchain, κάθε συναλλαγή η block που έχει δημιουργηθεί ποτέ είναι ορατό. Αυτό διασφαλίζει ότι το blockchain δεν μπορεί να ελεγχθεί από μια μεμονωμένη οντότητα και ούτε μπορεί να διακυβευθεί εύκολα, καθώς δεν υπάρχει ούτε ένα σημείο αποτυχίας. Έτσι, όσο περισσότερα full nodes λειτουργούν μέσα στο δίκτυο, τόσο πιο αξιόπιστο και αποκεντρωμένο γίνεται το σύστημα.

### Lightweight nodes

Μερικοί πλήρεις κόμβοι εξυπηρετούν επίσης αυτούς που είναι γνωστοί ως lightweight κόμβοι. Οι κόμβοι αυτοί επαληθεύουν συναλλαγές χρησιμοποιώντας μια μέθοδο που ονομάζεται απλοποιημένη επαλήθευση πληρωμής (SPV). Το SPV επιτρέπει σε έναν κόμβο να επαληθεύει εάν μια συναλλαγή έχει συμπεριληφθεί σε ένα μπλοκ, χωρίς να χρειαστεί να κατεβάσει ολόκληρο το blockchain. Με το SPV, οι πλήρεις κόμβοι εξυπηρετούν lightweight κόμβους επιτρέποντάς τους να συνδεθούν και να μεταδώσουν τις συναλλαγές τους στο

δίκτυο τους ειδοποιούν όταν μια συναλλαγή τις επηρεάζει. Γενικά, χρειάζεται μεγάλος αποθηκευτικός χώρος για να διατηρηθεί ένα πλήρες αντίγραφο του κατανεμημένου καθολικού ενός Blockchain. Συχνά, αυτός ο χώρος δεν είναι διαθέσιμος σε καθημερινές συσκευές όπως κινητά τηλέφωνα, φορητούς υπολογιστές κλπ. Για να μπορέσουν περισσότεροι χρήστες να συμμετέχουν στο δίκτυο υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης μόνο ενός μερικού αντίγραφου του διανεμημένου καθολικού. Ένας τέτοιος κόμβος χρειάζεται να κατεβάζει μόνο τις κεφαλίδες(headers) όλων των μπλοκ στο blockchain, πράγμα που σημαίνει ότι οι απαιτήσεις λήψης και αποθήκευσης είναι σημαντικά λιγότερες από εκείνες ενός πλήρους κόμβου. Η σχέση μεταξύ των full κόμβων και των lightweight κόμβων είναι αναγκαία διότι αλλιώς οι lightweight κόμβοι δεν θα μπορούσαν να συνδεθούν στο δίκτυο κρυπτογράφησης, κάτι που θα μπορούσε να τους οδηγήσει να χρησιμοποιήσουν μια κεντρική υπηρεσία. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι οι κόμβοι αυτοί αποδίδουν αποτελεσματικά την εμπιστοσύνη τους σε πλήρεις κόμβους για να διασφαλίσουν ότι τα μπλοκ και οι συναλλαγές επικυρώνονται σωστά έναντι κανόνων συναίνεσης.



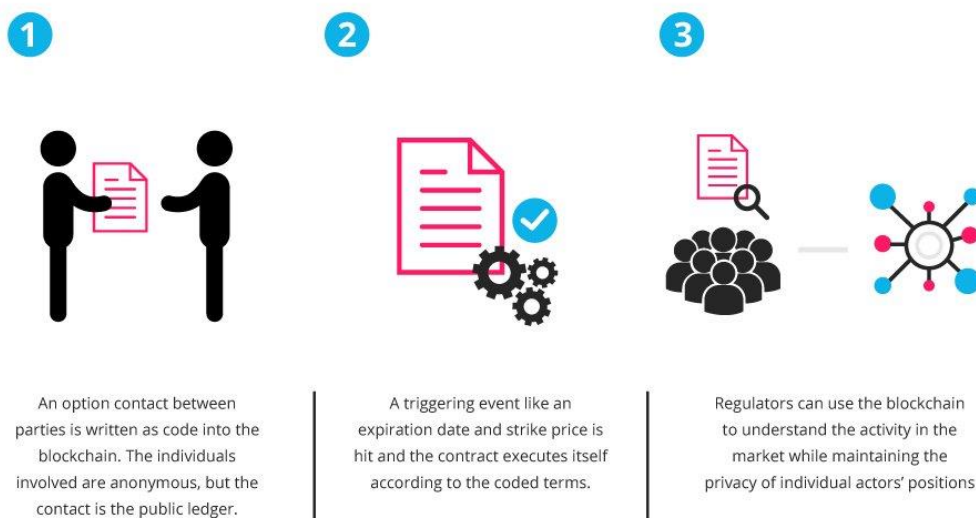
Εικόνα 8.: Full node-Light node (Ko,2017)

## Mining nodes

Οι κόμβοι εξόρυξης ανταγωνίζονται μεταξύ τους κατά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου εξόρυξης ως μέρος του μηχανισμού συναίνεσης του Blockchain. Ο κόμβος εξόρυξης αφιερώνει την υπολογιστική του ισχύ εκτελώντας το πρωτόκολλο εξόρυξης για οικονομικό κίνητρο. Ως γνωστόν ο κόμβος που καταφέρνει πρώτος μέσω του hashing να δημιουργήσει το νέο id του καινούριου block, αμοίβεται οικονομικά για τον κόπο του και την υπολογιστική ενέργεια που δαπάνησε. Ο κόμβος εξόρυξης μπορεί να διατηρήσει ένα πλήρες αντίγραφο του διανεμημένου καθολικού και ταυτόχρονα να είναι και full node χωρίς όμως αυτό να είναι απαραίτητο. Σήμερα, η δουλειά ενός mining node θεωρείται πολύ πιο δύσκολη από παλαιότερα, καθώς ο ανταγωνισμός είναι μεγαλύτερος και επομένως η πιθανότητα ένας mining node να κάνει εξόρυξη και να βρει τη λύση είναι πολύ μικρή. Οι ανθρακωρύχοι, συνήθως, συνεργάζονται σε ομάδες που σχηματίζοντας έναν μεγαλύτερο κόμβο εξόρυξης και ανταμείβονται από την αφοσίωσή τους στην υπολογιστική ισχύ εντός του ομίλου.

## 2.7. Smart Contracts

Ένα έξυπνο συμβόλαιο είναι ένα ηλεκτρονικό πρωτόκολλο συναλλαγών που εκτελεί τους όρους μιας σύμβασης (Szabo, N., 1997). Στην ουσία κάθε έξυπνο συμβόλαιο αποτελείται από ένα σύνολο κανονισμών οι οποίοι καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο θα πραγματοποιηθεί μία συναλλαγή. Η λειτουργία έξυπνων συμβάσεων δύσκολα μπορεί να αποσυνδεθεί από την έννοια του blockchain. Η κατάσταση ενός blockchain ενημερώνεται όταν καταγράφεται μια νέα έγκυρη συναλλαγή στην αλυσίδα (Biswas, K. & Muthukkumarasamy, V., 2016), και τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτόματη ενεργοποίηση συναλλαγών υπό ορισμένες προϋποθέσεις. Σκοπός των smart contracts είναι να παρέχουν ασφάλεια στους κόμβους οι οποίοι επηρεάζονται από τη συγκεκριμένη συναλλαγή που ορίζουν τα συμβόλαια και παράλληλα να μειώνουν το κόστος σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους. Όταν ένα έξυπνο συμβόλαιο οριστεί, κωδικοποιηθεί και συμπεριληφθεί σε ένα blockchain τότε δεν μπορεί να μεταβληθεί ή μελλοντικά να αλλάξουν οι όροι που εμπεριέχονται σε αυτό.



Εικόνα 9.: Smart Contracts

Πηγή: [www.thegeniusworks.com](http://www.thegeniusworks.com)

Τα πλεονεκτήματα τα οποία προσφέρουν τα έξυπνα συμβόλαια αν αξιοποιηθούν σωστά είναι αναρίθμητα και μπορούν μελλοντικά να αντικαταστήσουν επάξια τα παραδοσιακά έντυπα συμβόλαια. Ο συνδυασμός έξυπνων συμβολαίων και της τεχνολογίας blockchain προσφέρει αυτονομία και εξοικονόμηση πόρων του χρήστη, καθώς ο κάθε χρήστης είναι αυτός που πραγματοποιεί τη συμφωνία, χωρίς τη διαμεσολάβηση τρίτων (πχ. δικηγόρων ή μεσιτών). Ένα ακόμη θετικό το οποίο ενισχύει το αίσθημα ασφάλειας είναι ότι τα smart contracts εφόσον βρίσκονται κωδικοποιημένα σε ένα κοινόχρηστο δίκτυο, μπορούν να είναι ορατά από πολλούς κόμβους και επίσης υπάρχει επαρκές backup καθώς βρίσκονται αποθηκευμένα σε πολλούς κόμβους. Τέλος, η ψηφιακή μορφή η οποία δίνεται πλέον σε ένα συμβόλαιο μεταξύ ανθρώπων ή εταιρειών καθιστά την διαδικασία πολύ περισσότερο φερέγγυα, εφόσον, δεν υπάρχει ο κίνδυνος συμπλήρωσης συμβολαίου με πιθανά λάθη.



## 2.8. Συναίνεση (Consensus)

Το Blockchain αποτελείται από ένα σύνολο τεχνολογιών. Μία από αυτές τις τεχνολογίες είναι ένας μηχανισμός που καθιερώνει συναίνεση μεταξύ των κόμβων που συμμετέχουν στο δίκτυο. Η επίτευξη ομοφωνίας και συναίνεσης μεταξύ των διαφορετικών κόμβων στα πλαίσια λειτουργίας του blockchain είναι απαραίτητη. Ο μηχανισμός αυτός, προκαλεί συναίνεση μεταξύ όλων αυτών των διαφορετικών κόμβων σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση του καθολικού και τη συμπερίληψη νέων συναλλαγών στο καθολικό (Buterin, V., 2013). Υπάρχουν πολλοί αλγόριθμοι συναίνεσης με διαφορετικά χαρακτηριστικά ο καθένας, εξυπηρετώντας όμως τον ίδιο σκοπό. Οι miners ανταγωνίζονται μεταξύ τους και αναλαμβάνουν να ολοκληρώσουν το νέο Block συναλλαγών ώστε αυτό να ολοκληρωθεί και οι ίδιοι να ανταμειφθούν για τη δουλειά τους. Η εξόρυξη, λοιπόν, από τους miners γίνεται ακολουθώντας συγκεκριμένα πρωτόκολλα όπως τα Proof-of-Work, Proof-of-Stake, Υβριδικά PoW-PoS συστήματα, Proof of Elapsed Time κ.α.. Η δημοφιλέστερη μέθοδος συναίνεσης είναι το πρωτόκολλο PoW . Συγκεκριμένα για το PoW, οι miners, εφαρμόζουν την συνάρτηση hash ταυτόχρονα για το hash ID του προηγούμενου μπλοκ, τα δεδομένα του τρέχοντος μπλοκ και έναν τυχαίο ακέραιο αριθμό με τιμή μεταξύ 0-4.294.967.296 που ονομάζεται nonce. Κάνοντας αυτή τη δύσκολη μαθηματική πράξη πρέπει να παραχθεί το hash ID του τρέχοντος μπλοκ το οποίο πρέπει να είναι μικρότερο από μία τιμή στόχο. Οι mining nodes στην ουσία δοκιμάζουν πολλές διαφορετικές τιμές nonce ώστε να προκύψει το αποτέλεσμα. Όσο μικρότερη είναι η τιμή στόχος τόσο δυσκολότερη είναι η διαδικασία.

Τέλος, η διαδικασία συναίνεσης ακολουθεί 4 στάδια:

- Έλεγχος των νέων συναλλαγών από ανεξάρτητους κόμβους του δικτύου
- Δημιουργία hash ID από τους mining nodes (εξόρυξη)
- Έλεγχος των νέων δημιουργημένων block από τους κόμβους του δικτύου.
- Καταγραφή των νέων επικυρωμένων block στην αλυσίδα και ολοκλήρωση της διαδικασίας συναίνεσης (Badev, A.I. & Chen, M., 2014).

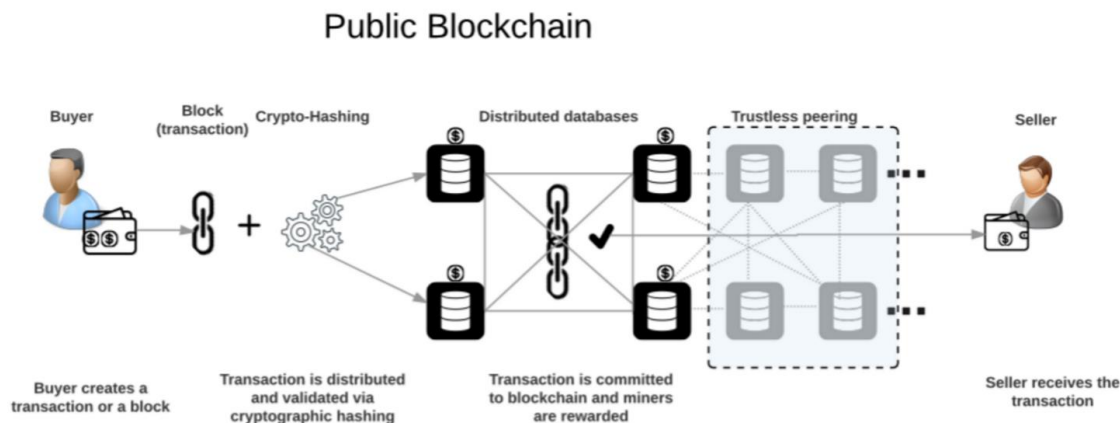


## 2.9. Τύποι Blockchain

Το κοινό χαρακτηριστικό κάθε blockchain είναι ότι αποτελείται από ένα σύμπλεγμα κόμβων που λειτουργούν σε ένα δίκτυο δικτύου peer-to-peer (P2P). Κάθε κόμβος σε ένα δίκτυο έχει ένα αντίγραφο του κοινόχρηστου βιβλίου, το οποίο ενημερώνεται έγκαιρα. Ύστερα από κάθε ολοκλήρωση συναλλαγής στο blockchain, η συναλλαγή επαληθεύεται και καταχωρείται στο αντίστοιχο block. Κάθε κόμβος μπορεί να επαληθεύσει τις συναλλαγές, να ξεκινήσει ή να λάβει συναλλαγές και να δημιουργήσει μπλοκ. Οι δύο μεγάλες κατηγορίες στις οποίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν τα blockchain είναι τα δημόσια blockchains χωρίς δικαιώματα (permissionless) και τα ιδιωτικά blockchains με δικαιώματα (permissioned) (Bauerle, 2017).

- Public Blockchain

Ένα δημόσιο Blockchain είναι ένα μη περιοριστικό, χωρίς δικαιώματα λογιστικό σύστημα. Όποιος έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο μπορεί να συνδεθεί σε πλατφόρμα blockchain για να γίνει ένας εξουσιοδοτημένος κόμβος και να είναι μέρος του δικτύου αυτού. Ένας κόμβος ή χρήστης που είναι μέρος του δημόσιου blockchain είναι εξουσιοδοτημένος να αποκτά πρόσβαση σε τρέχοντα και προηγούμενα αρχεία, να επαληθεύει τις συναλλαγές ή να κάνει απόδειξη εργασίας για ένα εισερχόμενο block. Παραδείγματα δημόσιων blockchain είναι το Bitcoin και το Ethereum. Ορισμένα δημόσια blockchains περιορίζουν την πρόσβαση σε ανάγνωση ή γραφή. Το Bitcoin για παράδειγμα, χρησιμοποιεί μια προσέγγιση όπου ο καθένας μπορεί να γράψει ή να διαβάσει χρησιμοποιώντας το κατάλληλο software. Καθώς η πρόσβαση στα δημόσια blockchain είναι ανοιχτή, όλοι έχουν την δυνατότητα να επαληθεύσουν ένα block αναζητώντας την ανταμοιβή τους. Η διαδικασία αυτή επαλήθευσης και επικύρωσης ενός block με σκοπό να κατοχυρωθεί στην ήδη υπάρχουσα αλυσίδα ονομάζεται εξόρυξη(mining).



Εικόνα 10.: Public blockchain

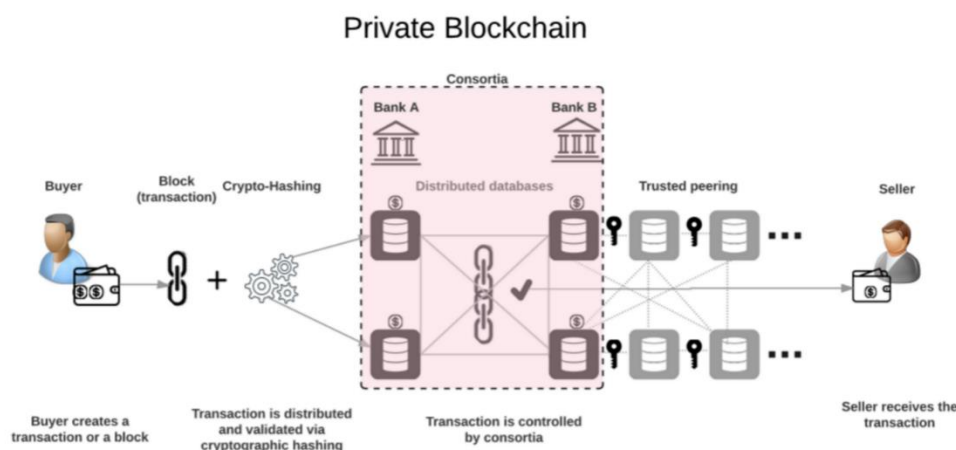
Πηγή: [www.hackernoon.com](http://www.hackernoon.com)

Οι δημόσιες blockchain είναι ως επί το πλείστον ασφαλείς και είναι σχεδόν αδύνατον να παραβιαστούν καθώς οι συναλλαγές αποθηκεύονται σε διαφορετικούς κόμβους στο κατανεμημένο δίκτυο (Patgiri, R., Acharjamaγum, I. & Devi, D., 2019). Ωστόσο, είναι μόνο επικίνδυνο όταν οι συμμετέχοντες δεν ακολουθούν ειλικρινά τα πρωτόκολλα ασφαλείας. Ακόμη, μέσω των δημόσιων blockchains και της απόλυτης διαφάνειας που επικρατεί, εξαλείφεται η ανταγωνιστικότητα μεταξύ των επιχειρήσεων με αποτέλεσμα να μην θέλουν να παρουσιάζουν όλες τους της πληροφορίες (Terzi & Stamelos, 2018). Υπάρχουν, λοιπόν, ορισμένες περιπτώσεις blockchain που περιέχουν πληροφορίες όπως περιουσιακά στοιχεία, ιατρικό ιστορικό κ.α. και οι οποίες δεν θα πρέπει να παρουσιάζονται δημοσίως. Για αυτό τον λόγο δημιουργήθηκαν τα ιδιωτικά blockchain.

- Private Blockchain

Το ιδιωτικό blockchain είναι μίας μορφής περιοριστική αλυσίδα λειτουργική μόνο σε ένα κλειστό δίκτυο. Ένα ιδιωτικό Blockchain χαρακτηρίζεται από την παρακολούθηση των δικαιωμάτων ανάγνωσης και εγγραφής, καθώς και τον περιορισμό της πρόσβασης στο δίκτυο (Pilkington, 2016). Τα ιδιωτικά blockchains χρησιμοποιούνται συνήθως σε έναν οργανισμό ή επιχειρήσεις όπου μόνο επιλεγμένα μέλη συμμετέχουν σε ένα blockchain δίκτυο. Το επίπεδο

ασφαλείας, οι εξουσιοδοτήσεις, οι άδειες, η προσβασιμότητα βρίσκονται στα χέρια της οργάνωσης ελέγχου. Σε αντίθεση με τα δημόσια blockchain όπου οι συμμετέχοντες είναι συνήθως ανώνυμοι μεταξύ τους, σε ιδιωτικά blockchain, κάθε συμμετέχων έχει μια γνωστή ταυτότητα που σχετίζεται με όλες τις εγγραφές που δημιουργούνται από αυτόν τον συμμετέχοντα.



Εικόνα 11.: Private blockchain

Πηγή: [www.hackernoon.com](http://www.hackernoon.com)

Η καταγραφή της ταυτότητας (δηλ. Υπογραφή εγγραφών) επιτρέπει την καθιέρωση μη αναμφισβήτητου ιστορικού εγγραφών παρέχοντας αποδεικτικά στοιχεία προέλευσης καθώς και έγκριση συναλλαγών που καταγράφονται στο αμετάβλητο κοινόχρηστο βιβλίο (Novotny, P., Zhang, Q., Hull, R., Baset, S., Laredo, J., Vaculin, R., Ford, L.D & Dillenberger, N.D.). Ωστόσο παρόλο που η ταυτότητα των συμμετεχόντων είναι γνωστή, οι λεπτομέρειες των συναλλαγών παραμένουν ιδιωτικές. Με λίγα λόγια, τα ιδιωτικά blockchains προσφέρουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και ταχύτερες συναλλαγές για τις ιδιωτικές επιχειρήσεις, αλλά η ασφάλεια δεν είναι τόσο ισχυρή όσο με τα δημόσια blockchains. Μια κεντρική αρχή είναι υπεύθυνη για τη σύνταξη και την επικύρωση των συναλλαγών καθώς και για τον προσδιορισμό του ποιος μπορεί να διαβάσει τις συναλλαγές. Ιδιωτικά δίκτυα blockchain αναπτύσσονται για την ψηφοφορία, τη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού, την ψηφιακή ταυτότητα, την ιδιοκτησία περιουσιακών στοιχείων κλπ. Τέλος, εκτός από τις δύο βασικές κατηγορίες blockchain, υπάρχουν και άλλα είδη blockchain τα οποία χαρακτηρίζονται ως ήμι-



αποκεντρωμένοι τύποι αλυσίδας ο κάθε τύπος έχει τα δικά του χαρακτηριστικά. Τέτοιοι τύποι blockchain είναι τα Consortium, Hybrid κ.α. Παρακάτω παρουσιάζονται τα Consortium blockchain.

- Consortium Blockchain

Ένα consortium blockchain είναι ένας ήμι-αποκεντρωμένος τύπος αλυσίδας όπου περισσότεροι από ένας οργανισμοί διαχειρίζονται ένα δίκτυο blockchain. Αυτό, λοιπόν, διαφέρει λίγο με την περίπτωση του ιδιωτικού blockchain, στο οποίο η διαχείριση γίνεται αποκλειστικά από μία οντότητα. Περισσότεροι από ένας οργανισμοί μπορούν να λειτουργήσουν ως κόμβοι σε αυτόν τον τύπο blockchain και να ανταλλάξουν πληροφορίες. Επίσης σε ένα consortium blockchain η διαδικασία συναίνεσης ελέγχεται από ένα προ επιλεγμένο σύνολο κόμβων. Το δικαίωμα ανάγνωσης του blockchain μπορεί να είναι δημόσιο ή να περιορίζεται στους συμμετέχοντες, το οποίο επιτρέπει σε μέλη από το δημόσιο κοινό να κάνουν έναν περιορισμένο αριθμό ερωτημάτων και να πάρουν πίσω κρυπτογραφικές αποδείξεις ορισμένων τμημάτων του blockchain. Αυτή η προσέγγιση έχει τα ίδια οφέλη με ένα ιδιωτικό blockchain και θα μπορούσε να θεωρηθεί μια υποκατηγορία ιδιωτικών blockchains, σε αντίθεση με ένα ξεχωριστό τύπο αλυσίδας. Τα blockchains της κοινοπραξίας χρησιμοποιούνται συνήθως από τράπεζες, κυβερνητικούς οργανισμούς κ.λπ.

## 2.10. Οφέλη του Blockchain

- Μεγαλύτερη Διαφάνεια

Η διαφάνεια αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα στη σημερινή παγκόσμια βιομηχανία. Προκειμένου να επιλυθεί αυτό το ζήτημα, οι οργανισμοί προσπάθησαν να εφαρμόσουν περισσότερους κανόνες και περιορισμούς. Ωστόσο υπάρχει ένα χαρακτηριστικό το οποίο δεν επιτρέπει σε κανένα σύστημα να είναι 100% ασφαλές. Αυτό



είναι η συγκέντρωση πληροφορίας. Το μεγαλύτερο λοιπόν χαρακτηριστικό του blockchain είναι ότι αποτελεί ένα ολοκληρωμένα αποκεντρωμένο δίκτυο όπου δεν υπάρχει η ανάγκη για κεντρική εξουσία και το “βιβλίο” συναλλαγών της αλυσίδας είναι δημοσίως διαθέσιμο για προβολή. Έτσι, λοιπόν, και στα ιδιωτικά αλλά και στα δημόσια blockchain, με γνωστούς και άγνωστους κόμβους αντίστοιχα, οι συναλλαγές παραμένουν πάντα δημόσιες και ορατές από τον οποιοδήποτε (Χυ et al., 2016). Υπεύθυνοι για τις συναλλαγές που παίρνουν μέρος σε ένα blockchain είναι οι ίδιοι οι συμμετέχοντες στην αλυσίδα και αυτοί είναι που επικυρώνουν ή όχι αυτές τις συναλλαγές. Όλοι συμμετέχουν στη μέθοδο συναίνεσης, αλλά είναι ελεύθεροι να επιλέξουν εάν θέλουν να συμμετάσχουν στη διαδικασία επικύρωσης. Όταν μία συναλλαγή σε ένα blockchain τελικά επικυρώνεται, τότε ένα αντίγραφο του αρχείου συναλλαγής μοιράζεται σε κάθε ομότιμο εξασφαλίζοντας έτσι διαφάνεια. Στα χρηματοπιστωτικά συστήματα και τις επιχειρήσεις, αυτό προσθέτει ένα πρωτοφανές επίπεδο λογοδοσίας, κρατώντας κάθε τομέα της επιχειρηματικής ευθύνης να ενεργεί με ακεραιότητα προς την ανάπτυξη της εταιρείας, την κοινότητά της και τους πελάτες της.

#### ➤ Ενισχυμένη Ασφάλεια

Όπως υποδηλώνει και το όνομα του, το Blockchain σχηματίζεται από ένα δίκτυο υπολογιστών που συνδέονται και επιβεβαιώνουν ένα block, το οποίο αυτό block προστίθεται στην ήδη υπάρχουσα αλυσίδα. Συγκριτικά με άλλα συστήματα ασφάλειας ή πλατφόρμες, η ασφάλεια που εξασφαλίζεται μέσω του blockchain, είναι μέγιστη. Αυτό συμβαίνει διότι όλες οι συναλλαγές που πραγματοποιούνται πρέπει να συμφωνηθούν πρώτα μέσω της διαδικασίας της συναίνεσης. Το γεγονός του ότι κάθε κόμβος λαμβάνει ένα αντίγραφο της συναλλαγής που πραγματοποιήθηκε αυξάνει την ασφάλεια της αλυσίδας. Έτσι, αν κάποιος κακόβουλος θελήσει να κάνει αλλαγές στη συναλλαγή, δεν θα είναι σε θέση να το πράξει, καθώς οι άλλοι κόμβοι θα απορρίψουν το αίτημά του να γράψει συναλλαγές στο δίκτυο. Επίσης το Blockchain είναι πολύ πιο ασφαλές από άλλα συστήματα καταγραφής αρχείων επειδή κάθε συναλλαγή είναι κρυπτογραφημένη και συνδέεται με την προηγούμενη συναλλαγή χρησιμοποιώντας τη μέθοδο hashing. Έτσι, για να καταφέρει κάποιος να αλλοιώσει μία συναλλαγή θα πρέπει πρώτα να αλλάξει όλες τις συναλλαγές που οδηγούν σε αυτήν τη συναλλαγή και να το κάνει με ακρίβεια. Αυτό καθιστά τη διαδικασία υποθετικής παραβίασης πολύ πιο περίπλοκη (Daisyme, P., 2018). Τέλος το Blockchain σχηματίζεται από μία



περίπλοκη ακολουθία αριθμών και είναι αδύνατον να μεταβληθεί μετά τον σχηματισμό του. Αυτή η αμετάβλητη φύση που χαρακτηρίζει ένα blockchain το καθιστά εξαιρετικά άφθαρτο και ασφαλές.

➤ Μειωμένα κόστη

Τη σημερινή εποχή, οι επιχειρήσεις δαπανούν μεγάλο χρηματικό ποσό ώστε να βελτιώσουν τη διαχείριση του τρέχοντος συστήματός τους. Για τον λόγο αυτό θέλουν να μειώσουν τα κόστη τους και να τα χρησιμοποιήσουν για να βελτιώσουν τις τρέχουσες διαδικασίες τους ή να δημιουργήσουν κάτι νέο. Με τη χρήση του blockchain οι εταιρείες καταφέρνουν να μειώσουν το κόστος που σχετίζεται με προμηθευτές τρίτων μερών. Εφόσον μέσω της διαδικασίας blockchain δεν χρειάζεται κάποιος διαμεσολαβητής ή κάποιο κεντρικό πρόσωπο το οποίο να αμοίβεται ώστε να παρέχει τις υπηρεσίες, μεγάλο μέρος των εκροών που θα είχε η επιχείρηση εξαφανίζεται. Επιπρόσθετα, όλο και μικρότερη είναι η αλληλεπίδραση που απαιτείται όσον αφορά την επικύρωση μιας συναλλαγής, εξαλείφοντας επιπλέον την ανάγκη να ξοδευτούν χρήματα ή χρόνος σε βασικές λειτουργίες.

➤ Βελτιωμένη ιχνηλασιμότητα

Μέσω του blockchain, οι επιχειρήσεις καταφέρνουν να δημιουργήσουν μια αλυσίδα εφοδιασμού με αρχή, μέση και τέλος. Έτσι, όλοι οι ενδιαμέσοι “σταθμοί” μίας πληροφορίας ή ενός προϊόντος είναι απολύτως ορατοί από όλα τα συμβαλλόμενα μέρη της αλυσίδας. Σε μία παραδοσιακή αλυσίδα εφοδιασμού ο εντοπισμός κάθε στοιχείου σχετικού με τη συναλλαγή καθίσταται εξαιρετικά δύσκολο με αποτέλεσμα να παρατηρούνται συχνά φαινόμενα κλοπής, απομίμησης ή απώλειας αγαθών. Με τη χρήση του blockchain κάθε μέλος είναι σε θέση να εντοπίζει ένα προϊόν και να διασφαλίζει ότι δεν αντικαθίσταται με κάποιο άλλο. Σε πολλές βιομηχανίες χρησιμοποιείται η μέθοδος του blockchain για την παρακολούθηση της αλυσίδα εφοδιασμού από τον από τον πωλητή στον προμηθευτή και τέλος στον πελάτη.



➤ Βελτιωμένη ταχύτητα και εξαιρετική απόδοση

Το τελευταίο βασικό όφελος που παρέχει το blockchain είναι η βελτίωση της απόδοσης και της ταχύτητας. Το blockchain εξοικονομεί σημαντικό χρόνο και αυτοματοποιεί πολλές διαδικασίες, εκμηδενίζοντας τους νεκρούς χρόνους, διευκολύνει τις ενέργειες όλων των κόμβων οι οποίοι την αποτελούν. Εξαλείφονται επίσης τα ανθρώπινα λάθη με τη βοήθεια της αυτοματοποίησης. Σε σύγκριση με τις παραδοσιακές χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες, το blockchain διευκολύνει τις ταχύτερες συναλλαγές επιτρέποντας τις διασυνοριακές μεταφορές P2P. Μέσω λοιπόν του ενιαίου αυτού συστήματος καταγραφής προσφέρονται αποτελεσματικές μέθοδοι σε διάφορους τομείς της παγκόσμιας βιομηχανίας και οι οποίοι παρέχουν εμπιστοσύνη και διαφάνεια.

### 2.11. Αρνητικές επιπτώσεις του Blockchain

➤ Υψηλή κατανάλωση ενέργειας

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της χρήσης του blockchain είναι η υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Η δημιουργία ενός “ημερολογίου” σε πραγματικό χρόνο στο οποίο θα καταγράφονται όλες οι διαδικασίες απαιτεί κατανάλωση ενέργειας. Κάθε φορά που ένας καινούριος κόμβος δημιουργείται και είναι σε θέση να επικοινωνεί με άλλους κόμβους ή κάθε φορά που μια συναλλαγή πραγματοποιείται η αξιοποίηση μεγάλου ποσού ενέργειας είναι απαραίτητη. Η διαδικασία εξόρυξης η οποία αποτελεί βασική διαδικασία του blockchain με αποτέλεσμα αυτό να καταχωρηθεί απαιτεί τεράστια υπολογιστική ισχύ. Ενδεικτικά οι miners του blockchain για το δίκτυο Bitcoin επιχειρούν 450.000 τρισεκατομμύρια λύσεις ανά δευτερόλεπτο για την επικύρωση των συναλλαγών, χρησιμοποιώντας σημαντικές ποσότητες ενέργειας του υπολογιστή.



➤ Ανησυχίες ενσωμάτωσης

Πολλοί θεωρούν την αποκέντρωση ως λόγο ύπαρξης του blockchain. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί μία τέτοια αλλαγή θα πρέπει οι υπάρχουσες συγκεντρωτικές δομές και υπηρεσίες να προσαρμοσθούν στα δεδομένα του blockchain. Οι blockchain εφαρμογές προσφέρουν λύσεις που απαιτούν σημαντικές αλλαγές, ή την πλήρη αντικατάσταση των υπάρχοντων συστημάτων. Για να πραγματοποιηθούν αυτές οι αλλαγές, οι εταιρείες πρέπει να καταστρώσουν σχέδια στρατηγικής για την μετάβαση. Στο πλαίσιο αυτό, ορισμένοι υποστηρίζουν ότι είναι λογικό οι επιχειρήσεις να εξετάσουν μια υβριδική προσέγγιση που συνδυάζει τις καλύτερες πτυχές των κεντρικών και των αποκεντρωμένων συστημάτων. Θεωρούν ότι αυτό αποτελεί σημείο αναφοράς για το ταξίδι προς το τελικό σημείο της αποκεντρωμένης δομής.

➤ Ανθρώπινα Λάθη

Ένα βασικό χαρακτηριστικό του blockchain είναι η αμετάβλητη φύση που έχει, επομένως, οι πληροφορίες που εισέρχονται στη βάση δεδομένων πρέπει να είναι 100% σίγουρες και σωστές διότι αν συμβεί κάποιο λάθος με δεδομένα, τότε δεν μπορεί να μεταβληθεί. Επίσης, κάθε διεύθυνση blockchain έχει ένα ιδιωτικό κλειδί. Ενώ η διεύθυνση blockchain μπορεί να μοιραστεί σε πολλούς χρήστες, το ιδιωτικό κλειδί πρέπει να παραμείνει μυστικό. Ο κάθε χρήστης χρειάζεται να γνωρίζει το private key του ώστε να έχει πρόσβαση στους ιδιωτικούς λογαριασμούς και αρχεία του. Με αυτό τον τρόπο ο κάθε χρήστης αποτελεί και την προσωπική του τράπεζα. Εάν χαθεί το ιδιωτικό κλειδί, τότε, τα χρήματα ή οποιοδήποτε απόρρητο αρχείο χάνεται και ανάκτηση του είναι αδύνατη και το αρχείο θεωρείται πλέον χαμένο.



## Κεφάλαιο 3. Blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα

### 3.1. Εφοδιαστική αλυσίδα και ιχνηλασιμότητα προϊόντων

Οι εφοδιαστικές αλυσίδες είναι δίκτυα που αποτελούνται από συνδεδεμένες και αλληλοεξαρτούμενες οργανώσεις που λειτουργούν από κοινού σε ένα κλίμα συνεργασίας για να ελέγξουν, να διευθύνουν και να βελτιώσουν την ροή των υλικών και των πληροφοριών από τους προμηθευτές στους τελικούς χρήστες (Larson & Rogers, 1998). Ουσιαστικά, η εφοδιαστική αλυσίδα αναφέρεται στο σχεδιασμό και τη διαχείριση όλων των σταδίων που σχετίζονται με τις διαδικασίες προμήθειας, παραγωγής και όλες τις δραστηριότητες της διανομής για να φτάσει το προϊόν στον τελικό καταναλωτή. Οι επιχειρήσεις διαπιστώνουν τη σημερινή εποχή όλο και πιο πολύ ότι η απόδοση των λειτουργιών τους στηρίζεται σε μία αποτελεσματική εφοδιαστική αλυσίδα προκειμένου να αυξήσει την ανταγωνιστικότητα της στην παγκόσμια αγορά και τη δικτυωμένη οικονομία.

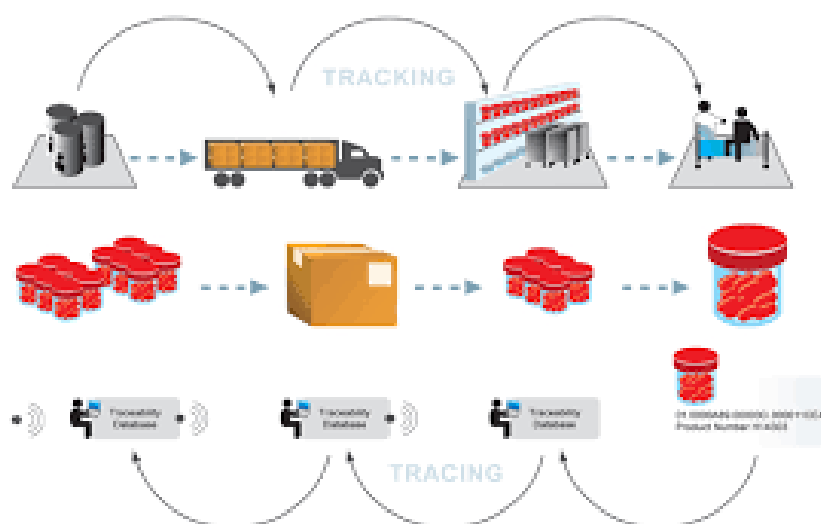


Εικόνα 12.: Εφοδιαστική Αλυσίδα

Πηγή: [www.corporatefinanceinstitute.com](http://www.corporatefinanceinstitute.com)

Υπάρχουν δισεκατομμύρια προϊόντα που καθημερινά κατασκευάζονται σε όλο τον κόσμο μέσω σύνθετων αλυσίδων εφοδιασμού εκτείνονται σε όλα τα μέρη του κόσμου.

Ωστόσο, υπάρχει πολύ λίγη γνώση του τρόπου με τον οποίο μπορεί να αναγνωριστεί η προέλευση αυτών των προϊόντων και η διαδρομή την οποία ακολούθησαν μέχρι τον τελικό καταναλωτή. Στα πλαίσια της εφοδιαστικής αλυσίδας ως ιχνηλασιμότητα μπορεί να οριστεί η ικανότητα εντοπισμού του ιστορικού, της τοποθεσίας και του προορισμού των διανεμημένων προϊόντων, ανταλλακτικών και υλικών μέσω της τεκμηριωμένης εγγραφής (Shields, 2014). Κάθε πρώτη ύλη, ανταλλακτικό ή προϊόν μεταφέρεται από το αρχικό στάδιο παραγωγής του στον τελικό πελάτη. Απαραίτητο λοιπόν είναι ένα σύστημα για την διατήρηση αρχείων και την παρακολούθηση των προϊόντων καθώς μετακινούνται κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας.



Εικόνα 13.: Ιχνηλασιμότητα στην εφοδιαστική αλυσίδα

Πηγή: [www.hhmglobal.com](http://www.hhmglobal.com)

Η ιχνηλασιμότητα παρέχει βασικές πληροφορίες όχι μόνο για τις πρώτες ύλες και τα συστατικά ενός προϊόντος αλλά και για τους μετασχηματισμούς και τις αλλαγές τις οποίες

υφίστανται. Πρόκειται για μία διαδικασία η οποία συμβάλλει στην επίδειξη της διαφάνειας της εφοδιαστικής αλυσίδας με τη χρήση επαληθεύσιμων αρχείων (Ortega, 2003). Η ιχνηλασιμότητα αυξάνει την οικονομική αξία του συνολικού συστήματος επαληθεύοντας τη σωστή προέλευση και ποιότητα των προϊόντων και ανιχνεύοντας πιθανούς κινδύνους αλλοίωσης των προϊόντων. Τα τελευταία χρόνια, η σημασία της έχει μεγιστοποιηθεί καθώς οι διαφορετικές πηγές που εμπλέκονται στην αλυσίδα εφοδιασμού συνεχώς και πληθαίνουν και ο νοητός αυτός ιστός μεγαλώνει (Fisher, 2015). Αυτό, έχει σαν αποτέλεσμα να καθίσταται πολύ δύσκολος ο εντοπισμός της προέλευσης κάθε προϊόντος και να αναλύεται ολόκληρο το ιστορικό του.

### 3.2. Παράδειγμα έλλειψης ιχνηλασιμότητας

Ένα καλό παράδειγμα μέσω του οποίου μπορεί να γίνει κατανοητή η σημασία της ιχνηλασιμότητας στην εφοδιαστική αλυσίδα, είναι η ιστορία με το άψητο σπανάκι που δημιούργησε χάος σε ολόκληρη τη Βόρεια Αμερική το 2006. Τον Σεπτέμβριο του 2006 μια τροφική ασθένεια εξαπλώθηκε, η οποία προκλήθηκε από βακτήρια E.coli που βρέθηκαν σε άψητο σπανάκι. Το E.coli είναι ένα δυνητικά θανατηφόρο βακτήριο το οποίο προκαλεί αφυδάτωση και διάρροια. Η εξάπλωση του συγκεκριμένου βακτηρίου έπληξε 26 πολιτείες, 200 άτομα συνολικά ασθένησαν, 31 εκ των οποίων υπέστησαν νεφρική ανεπάρκεια και τελικά 3 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους. Έτσι, η αμερικανική διοίκηση τροφίμων κάλεσε την απαγόρευση της κατανάλωσης σπανακιού η οποιουδήποτε προϊόντος το οποίο το περιείχε (Calvin, 2007).



Εικόνα 14.: Παράδειγμα έλλειψης ιχνηλασιμότητας

Πηγή: [www.altoros.com](http://www.altoros.com)

Η απαγόρευση, λοιπόν της κατανάλωσης τροφών που περιείχαν σπανάκι, είχε ως αποτέλεσμα να προκληθεί τεράστια βλάβη στην εφοδιαστική αλυσίδα της Αμερικής, με αποτέλεσμα να χαθεί πολύτιμος χρόνος, να χαθούν τεράστια οικονομικά ποσά και το αίσθημα της ανασφάλειας και της έκθεσης να κυριαρχήσει κατά μήκος της αλυσίδας αυτής, από παραγωγούς μέχρι καταναλωτές. Η έλλειψη σωστής και αξιόπιστης ιχνηλασιμότητας προκάλεσε αυτή την αδυναμία καθώς οι αρμόδιοι δεν κατάφεραν να εντοπίσουν την προέλευση και την ιστορία των συγκεκριμένων παρτίδων σπανακιού. Η διοίκηση τροφίμων στις ΗΠΑ χρειάστηκε δύο μήνες για να καταφέρει να εντοπίσει την πηγή που ήταν ένα αγρόκτημα στο San Benito της Καλιφόρνια. Συμπερασματικά, εάν η ιχνηλασιμότητα των προϊόντων ακολουθούσε σύγχρονες μεθόδους εφαρμογής με αποτέλεσμα να ήταν περισσότερο συνεπής και ακριβής τότε το όλο ξέσπασμα το οποίο προέκυψε θα είχε αποφευχθεί.

### 3.3. Blockchain και εφοδιαστική αλυσίδα

Στη σημερινή εποχή η εφοδιαστική αλυσίδα συνδέεται με μία σειρά περίπλοκων διαδικασιών παραγωγής, μεταφοράς και διανομής αγαθών. Ανάλογα με το προϊόν η αλυσίδα εφοδιασμού ενδέχεται να περιλαμβάνει πολλά στάδια, πολλές γεωγραφικές περιοχές, μεγάλο αριθμό λογαριασμών και πληρωμών, μέσα μεταφοράς καθώς και πολλά διαφορετικά άτομα. Λόγω της πολυπλοκότητας, λοιπόν, που επικρατεί και της έλλειψης διαφάνειας των παραδοσιακών αλυσίδων εφοδιασμού, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει για όλους τους συμμετέχοντες κόμβους της αλυσίδας, η εφαρμογή νέων καινοτόμων τεχνολογιών και τάσεων. Η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών στην αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί να βοηθήσει τις εταιρείες να έχουν καλύτερο έλεγχο των διαδικασιών τους. Προκύπτει επομένως, η ανάγκη, η εφοδιαστική αλυσίδα να είναι ευέλικτη, να προσαρμόζεται στις νέες παγκόσμιες τάσεις και να διατηρεί τα επίπεδα ανταγωνισμού υψηλά. Προκειμένου να συμβεί αυτό, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain με σκοπό την ενίσχυση των διαδικασιών εφοδιαστικής και την καθιέρωση ενός βιώσιμου μοντέλου (Yli-Huomo, J., Ko, D., Choi, S.J., Park, S., Smolander, K. 2016). Το blockchain μπορεί να εφαρμοσθεί για οποιαδήποτε ανταλλαγή δεδομένων στα πλαίσια της εφοδιαστικής αλυσίδας, είτε πρόκειται για συμβόλαια μεταξύ επιχειρήσεων, είτε για την παρακολούθηση προϊόντων και αποστολών είτε για χρηματοοικονομικές ανταλλαγές.

Σύμφωνα με τον McDermott, (Patrick, 2017), τα τρία κύρια ζητήματα στην αλυσίδα εφοδιασμού είναι: η βελτιστοποίηση διεργασίας, η προβολή δεδομένων και η διαχείριση ζήτησης. Τα ζητήματα αυτά μπορούν να επιλυθούν ενσωματώνοντας την τεχνολογία blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού. Εκτός από το ότι τα blockchain επηρεάζουν θετικά όλες τις υλικοτεχνικές διαδικασίες, από την αποθήκευση έως την παράδοση και την πληρωμή, επιταχύνουν και τη φυσική ροή των εμπορευμάτων (Lindman, J., Rossi, M., Tuunainen, V.K., 2017). Η τεχνολογία αυτή μπορεί να μειώσει δραματικά τις καθυστερήσεις χρόνου, τα πρόσθετα κόστη και τα ανθρώπινα λάθη. Σύμφωνα με τη λογική του καταμεμημένου καθολικού κάθε φορά που ένα προϊόν ανταλλάσσεται μεταξύ δύο κόμβων της εφοδιαστικής αλυσίδας, η συναλλαγή καταγράφεται και μοιράζεται σε όλους τους κόμβους ένα αντίγραφο, δημιουργώντας έτσι ένα μόνιμο ιστορικό του συγκεκριμένου προϊόντος, από την κατασκευή του μέχρι την πώλησή του. Τα προβλήματα που μέχρι τώρα

παρουσιάζονται όπως καθυστερήσεις στην παράδοση προϊόντων, άγνωστη προέλευση προϊόντων η οποιοδήποτε άλλο σφάλμα μπορούν να ελαχιστοποιηθούν η ακόμη και να αποφευχθούν με τη χρήση του blockchain. Μέσω της πλήρους διαφάνειας που χαρακτηρίζει το blockchain φαίνεται η κίνηση των εμπορευμάτων τόσο σε χωρικό επίπεδο όσο και χρονικό. Με λίγα λόγια οποιασδήποτε δραστηριότητας παρουσιάζεται ο ακριβής χρόνος και η τοποθεσία που έλαβε μέρος.

Οι αποτελεσματικές λειτουργίες του blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι:

- Καταγραφή των στοιχείων κάθε προϊόντος καθώς ρέει μέσω των κόμβων της αλυσίδας.
- Εντοπισμός παραγγελιών, αποδείξεων, τιμολογίων και πληρωμών
- Παρακολούθηση ψηφιακών στοιχείων όπως εγγυήσεις, πιστοποιήσεις, πνευματικά δικαιώματα, σειριακοί αριθμοί. ( Tijan, E., Ivanovic, K., Aksentijevic, S & Jardas, M., 2019).

### 3.4. Μελέτες Περίπτωσης

Σηματοδοτώντας την αρχή μιας νέας εποχής, η τεχνολογία Blockchain είναι μια πρωτοποριακή καινοτομία που έχει την δυνατότητα να μετατρέψει τις μέχρι σήμερα κλειστές παραδοσιακές εφοδιαστικές αλυσίδες σε αποκεντρωμένες και διαφανείς, υποστηρίζοντας ένα πολύ ασφαλές ταξίδι του προϊόντος από τον παραγωγό μέχρι τον καταναλωτή. Υπάρχουν δισεκατομμύρια προϊόντα που κατασκευάζονται καθημερινά παγκοσμίως, μέσω σύνθετων αλυσίδων εφοδιασμού που εκτείνονται σε όλα τα μέρη του κόσμου. Ωστόσο, υπάρχει πολύ λίγη γνώση του τρόπου με τον οποίο αυτά τα προϊόντα κατασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν μέσω του κύκλου ζωής τους. Ακόμα και πριν φτάσουν στον τελικό καταναλωτή, τα αγαθά ταξιδεύουν μέσω ενός συχνά τεράστιου δικτύου λιανοπωλητών, διανομέων, μεταφορέων, εγκαταστάσεων αποθήκευσης και προμηθευτών που συμμετέχουν στο σχεδιασμό, την παραγωγή, την παράδοση και τις πωλήσεις, αλλά σχεδόν σε κάθε περίπτωση αυτά τα ταξίδια παραμένουν μια αόρατη διάσταση για τους



περισσότερους ( Jessi, B., Jutta, S. & Wood, G., 2016). Στο εν λόγω κεφάλαιο, παρουσιάζονται έξι διαφορετικές μελέτες περιπτώσεις στις οποίες έχει εφαρμοσθεί η τεχνολογία blockchain. Στις έξι αυτές περιπτώσεις, αναλύονται τα προβλήματα και η δυσλειτουργία την οποία αντιμετώπιζαν οι εταιρείες κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας καθώς και τα πλεονεκτήματα τα οποία η τεχνολογία blockchain προσέφερε σε αυτές. Στον πίνακα 3.4. παρουσιάζονται συνοπτικά οι περιπτώσεις που θα αναλυθούν στη συνέχεια.

A/A Μελέτη περίπτωσης	Επωνυμία
1	Maersk-IBM
2	CargoX
3	Project Mangoe (Walmart-IBM)
4	Project Pork (Walmart-IBM)
5	Bext360
6	Kouvola Innovation

### 3.4.1. Maersk-IBM

#### Προφίλ Εταιρειών

Η Maersk είναι μια δανική ναυτιλιακή εταιρεία που δραστηριοποιείται στις ωκεάνιες και γενικότερα θαλάσσιες μεταφορές εμπορευμάτων, διευθύνοντας με αυτό τον τρόπο μεγάλο κομμάτι της εφοδιαστικής αλυσίδας ενός προϊόντος. Πρόκειται για την εταιρεία που διαχειρίζεται τον μεγαλύτερο αριθμό εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο από το 1996. Η εταιρεία έχει της έδρα της στη Δανία και συγκεκριμένα στη Κοπεγχάγη με θυγατρικές εταιρείες και γραφεία σε 130 χώρες του κόσμου. Η IBM είναι μία πολυμετοχική εταιρεία με

έδρα την Νέα Υόρκη και η οποία ασχολείται με την τεχνολογία πληροφοριών, κατασκευάζει και πωλεί υπολογιστές, λογισμικό υπηρεσιών υποδομής καθώς επίσης και συμβουλευτικές υπηρεσίες

### Τομέας Εφαρμογής

Η συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης που αφορά τις εταιρείες Maersk-IBM αφορά την ναυτιλιακή βιομηχανία. Στη σημερινή εποχή, το σύνολο των παγκόσμιων εμπορευμάτων στηρίζεται κυρίως στην ναυτιλία και τις θαλάσσιες μεταφορές. Το μεγαλύτερο ποσοστό των εμπορευμάτων που μεταφέρονται επιτυγχάνεται μέσω θάλασσας, καθώς το 90% του παγκόσμιου εμπορίου πραγματοποιείται από τη ναυτιλιακή βιομηχανία, γεγονός που στηρίζει την έννοια της παγκοσμιοποίησης και αποτελεί έναν από τους ακρογωνιαίους λίθους της (Halim, R.A., 2018). Το Blockchain σαν μία σχετικά καινούρια τεχνολογία, έχει τις δυνατότητες να καινοτομήσει και να φέρει επαναστατικές αλλαγές στις θαλάσσιες μεταφορές με αποτέλεσμα να αλλάξει ολοκληρωτικά την ξεπερασμένη παγκόσμια βιομηχανία όπως είναι σήμερα.



Εικόνα 15.: Ναυτιλιακή Βιομηχανία

Πηγή: [www.wartsila.com](http://www.wartsila.com)

Έτσι, ο συγκεκριμένος κλάδος της οικονομίας θα μπορούσε να μεταμορφωθεί και να επωφεληθεί ολόκληρη η αλυσίδα, από εισαγωγείς, εξαγωγείς, μεταφορείς, ιδιοκτήτες

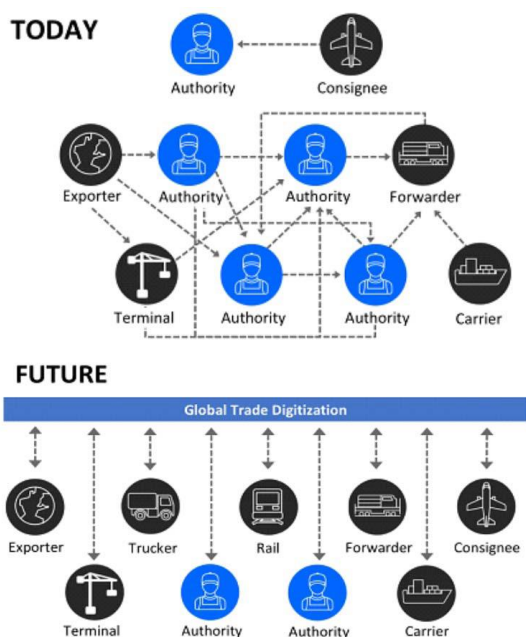




πλοίων, ακόμη και κυβερνήσεις. Επιπλέον, μπορεί να επηρεάσει θετικά τις θαλάσσιες μεταφορές καθώς και όλες τις υλικοτεχνικές διαδικασίες, από την αποθήκευση έως την παράδοση και την πληρωμή (Tijan, E.& Aksentijeviev, S., 2019). Το Blockchain έχει σχεδιαστεί για να επιτυγχάνει αποκέντρωση, λειτουργία peer-to-peer, ανωνυμία και διαφάνεια μέσω μιας ψηφιακής πλατφόρμας που είναι υπεύθυνη για την ανταλλαγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Ένα ακόμη βασικό προτέρημα της εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain είναι ότι επιταχύνει τη ροή των εγγράφων καθώς και τη φυσική ροή των αγαθών (Lindman, J., Rossi, M., Tuunainen, V.K.,2017). Έτσι, ένα βασικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας αυτής στην ναυτιλιακή βιομηχανία αποτελεί η ελάττωση της γραφειοκρατίας. Στο μέχρι σήμερα σύστημα οι τελωνειακοί υπάλληλοι υποχρεούνται να συμπληρώνουν περισσότερα από 20 διαφορετικά έγγραφα με στόχο τη μεταφορά ενός εμπορεύματος από έναν κόμβο σε έναν άλλον. Με την αξιοποίηση του blockchain τα έντυπα έγγραφα εξαλείφονται και τέτοιου είδους καθυστερήσεις δεν γίνονται αποδεκτές, καθώς η όλη πορεία ενός προϊόντος παρακολουθείται και επιβλέπεται μέσω ψηφιακών δεδομένων.

### Εφαρμογή του Blockchain

Η Maersk σε συνεργασία με την IBM αποφάσισαν από κοινού να δημιουργήσουν τη δικιά τους λύση βασισμένη στην τεχνολογία blockchain με τελικό στόχο τη μείωση του παγκόσμιου ναυτιλιακού κόστους και την γενικότερη βελτίωση και αποτελεσματικότερη επίβλεψη της αλυσίδας εφοδιασμού των προϊόντων. Αναγκαία, επίσης κρίνεται η αποφυγή οποιασδήποτε έως τώρα ανεπάρκειας του συστήματος και ολοκληρωτική εκμηδένιση της χρήσης έντυπων εγγράφων. Οι δύο λοιπόν εταιρείες συνεργάστηκαν και δημιούργησαν μία ψηφιακή τεχνολογία, βασισμένη στη λογική του blockchain, την οποία ονόμασαν «Tradelens», με σκοπό τη ψηφιοποίηση του παγκόσμιου εμπορίου. Σύμφωνα με την IBM , η κοινή αυτή προσπάθεια είχε σκοπό να μειώσει κατά πολύ το κόστος και την πολυπλοκότητα των συναλλαγών (Maersk and IBM Unveil First Industry-Wide Cross-Border Supply Chain Solution on Blockchain, 2017). Παρακάτω, παρουσιάζεται σχηματικά το κεντρικό όραμα των δύο εταιρειών (IBM- Blockchain, 2018).



Εικόνα 16.: Maersk-IBM-Blockchain (IBM-Blockchain,2018)

Είναι γεγονός ότι οι διεθνείς αποστολές εμπορευμάτων μέσω της θάλασσας, αποτελούν μια ιδιαίτερα σύνθετη διαδικασία η οποία περιλαμβάνει πολλούς συμμετέχοντες κόμβους. Οι εμπλεκόμενοι αυτοί κόμβοι είναι παραγωγοί, οργανισμοί, δίκτυο φορτωτών, μεταφορέων εμπορευμάτων, θαλάσσιοι μεταφορείς, λιμένες, τελωνειακές αρχές κ.α. Μέσω της τεχνολογίας Tradelens, οι εταιρείες κατάφεραν να παρακολουθούν το φορτίο οποιαδήποτε στιγμή και μειώθηκε η ανάγκη τεκμηρίωσης μέσω γραφικής εργασίας. Στην πρωτοβουλία αυτή, από τον Μάιο του 2019, οι συμμετέχοντες στο κατανεμημένο καθολικό ήταν περισσότεροι από 100 οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων περισσότερων από 40 λιμένων και αρχών παγκοσμίως (World Nuclear Transport Institute Standards). Το Tradelens βασίστηκε στο Hyperledger fabric, το οποίο είναι είδος κατανεμημένου καθολικού που περιλαμβάνει μόνο εξουσιοδοτημένους χρήστες. Πρόκειται δηλαδή για μία περίπτωση private blockchain (permissioned) όπου σε αντίθεση με ένα δημόσιο blockchain, οι κόμβοι του δικτύου δεν παραμένουν ανώνυμοι αλλά γνωρίζονται μεταξύ τους. Μόνο συγκεκριμένοι κόμβοι και άμεσα εμπλεκόμενοι μπορούσαν να συμμετέχουν στο Tradelens, όπως θαλάσσιοι μεταφορείς, λιμάνια, εσωτερικές μεταφορές και τελωνειακές αρχές. Σύμφωνα με τη λογική των private blockchains, το Tradelens εξουσιοδοτούσε τι συγκεκριμένες οντότητες για συμμετοχή, προβολή και δημοσίευση δεδομένων και επέτρεπε σε περιορισμένους κόμβους να συμμετέχουν στη διαδικασία της συναίνεσης. Με αυτό τον τρόπο, κατάφερε να



αποτρέψει την δημιουργία παράνομων μπλοκ και παρέιχε ασφάλεια σε ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα (Biazetti, A.,2019).

Η τεχνολογία blockchain βοήθησε επίσης ώστε να παρέχονται υψηλού βαθμού εγγυήσεις στον κυβερνοχώρο και μηχανισμοί για την κάλυψη πολλαπλών βαθμών απορρήτου. Στο TradeLens, χρησιμοποιείται προηγμένη κρυπτογραφία με σκοπό να κωδικοποιείται οποιαδήποτε συναλλαγή και να μην είναι ορατή σε πιθανούς εχθρούς. Σε αυτό το σύστημα, κάθε κόμβος έχει το δικό του private key για την προστασία των δικών του δεδομένων. Μέσω του ιδιωτικού κλειδιού η κάθε αρχή του συστήματος μπορεί να υπογράψει συναλλαγές και να αποστέλλει σε κάθε συσχετιζόμενο κόμβο της εφοδιαστικής αλυσίδας ένα αντίγραφο με σκοπό τη συναίνεση και τη καταχώρηση της συγκεκριμένης συναλλαγής. Τέλος, ο Lars Kastrop (Επικεφαλής Πωλήσεων TradeLens στη Maersk) εξηγεί πως το παγκόσμιο εμπόριο είναι εξαιρετικά περίπλοκο. Επισημαίνει πως «Με το TradeLens, θέλουμε να δημιουργήσουμε ένα άνευ προηγουμένου επίπεδο διαφάνειας που επιτρέπει στους παίκτες της αλυσίδας εφοδιασμού να ανταποκρίνονται σχεδόν άμεσα σε απρόβλεπτες αλλαγές και ταυτόχρονα να διευκολύνουν την καινοτομία σε ολόκληρη τη βιομηχανία.

### 3.4.2. CargoX

#### Προφίλ Εταιρείας

Η CargoX είναι μία παγκόσμια εταιρείας που ειδικεύεται σε λύσεις μεταφοράς εγγράφων, βασισμένη σε συναλλαγές blockchain. Το κύριο γραφείο ανάπτυξης της εταιρείας βρίσκεται στη Λιουμπλιάνα της Σλοβενίας ενώ το γραφείο εποπτείας και στρατηγικής βρίσκεται στο Χονγκ Κονγκ. Η βασική ομάδα ίδρυσης της εταιρείας συγκεντρώνει πάνω από 100 χρόνια εμπειρίας στις βιομηχανίες logistics, banking, προγραμματισμού, IT και blockchain. Σήμερα, η εταιρεία δημιουργεί ένα δίκτυο συνεργασιών με κορυφαίους περιφερειακούς και παγκόσμιους κατασκευαστές και παρόχους υπηρεσιών, και τα μέλη της ομάδας συμμετέχουν ενεργά σε οργανισμούς τυποποίησης για να διασφαλίσουν τη διαλειτουργικότητα σε ολόκληρη τη βιομηχανία.



## Τομέας Εφαρμογής

Όπως και στην περίπτωση των Maersk-IBM έτσι και το παράδειγμα εφαρμογής της CargoX αναφέρεται στην ναυτιλιακή βιομηχανία. Η αξία του θαλάσσιου εμπορίου δεν είναι εύκολο να εκφραστεί σε νομισματικούς όρους, αν και οι ειδικοί το εκτιμούν σε πάνω από 10 τρισεκατομμύρια δολάρια ετησίως. Από τα οικονομικά αυτά στοιχεία γίνεται αντιληπτή η σημαντικότητα αξιοποίησης της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της Ναυτιλίας. Οι περισσότερες από τις ναυτιλιακές συναλλαγές περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό εγγράφων, όπως συμβόλαια πώλησης, συμφωνίες ναύλωσης, φορτωτικές (bill of lading), έγγραφα λιμένα πιστωτικές επιστολές και άλλα που σχετίζονται με το πλοίο και το φορτίο. Η τεχνολογία blockchain ως ένα ασφαλές, αποκεντρωμένο και κρυπτογραφημένο δημόσιο καθολικό, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές στην ναυτιλία και να φέρει επανάσταση στον τρόπο διεξαγωγής του εμπορίου.

## Εφαρμογή του Blockchain

Η CargoX ανέπτυξε μία πλατφόρμα την οποία ονόμασε BDTS (Blockchain Documentation Transaction System) μέσω της οποίας διαχειρίζεται τα έγγραφα των συναλλαγών και κυρίως αυτό του Bill of Lading(B/L). Το Bill of Lading θεωρείται το πιο σημαντικό έγγραφο στη μεταφορά φορτιών και εμπορευμάτων καθώς αποτελεί αποδεικτικό παραλαβής ενός φορτίου. Έτσι λοιπόν στις θαλάσσιες μεταφορές, ο πλοίαρχος ή ο πλοιοκτήτης του πλοίου το οποίο μεταφέρει ένα εμπόρευμα είναι υποχρεωμένος να υπογράψει αυτό το έγγραφο με αποτέλεσμα να αποδείξει ότι έχει παραλάβει το συγκεκριμένο φορτίο και είναι έτοιμο για μεταφορά. Στο συγκεκριμένο έγγραφο δηλώνονται μεταξύ της φορτωτικής εταιρείας και της ναυτιλιακής εταιρείας οι όροι παραλαβής, μεταφοράς και παράδοσης του φορτίου. Η Φορτωτική αποτελεί και ένα τύπο ιδιοκτησίας, όποιος δηλαδή έχει στα χέρια του αυτό το έγγραφο θεωρείται προσωρινά ο κάτοχος του εμπορεύματος, έχει όλη την ευθύνη για αυτό και το διαχειρίζεται ο ίδιος.



Σε μία φορτωτική (B/L-Bill of Landing) περιέχονται τα παρακάτω στοιχεία:

- Το ονοματεπώνυμο του εκναυλωτή, του ναυλωτή (φορτωτή), του παραλήπτη, το όνομα του Πλοιάρχου (στις θαλάσσιες μεταφορές), και τα διακριτικά του μέσου μεταφοράς (τύπος, αριθμός κυκλοφορίας οχήματος, αριθμός συρμού, όνομα πλοίου, λιμένας νηολογίου και σημαία πλοίου, ή αριθμός πτήσης αντίστοιχα).
- Ο καθορισμός των τόπων φόρτωσης και προορισμού (σιδηροδρομικοί σταθμοί, λιμένες, αεροδρόμια κ.λπ.).
- Τα διακριτικά σημεία των φορτωμένων πραγμάτων που θεωρητικά παραμένουν ευδιάκριτα μέχρι το πέρας της μεταφοράς τους.
- Οι περί του ναύλου συμφωνίες, δηλαδή το ύψος του, η διάρκεια αναμονής,(σταλίες), υπεραναμονής, τρόπο και χρόνο καταβολής κ.λπ.
- Ο αριθμός των δεμάτων ή τεμαχίων ή η κατά βάρος ποσότητα των μεταφερομένων εμπορευμάτων (χύμα φορτίου).
- Η γενική κατάσταση των φορτωμένων εμπορευμάτων, και τέλος
- Η χρονολογία έκδοσης αυτής.

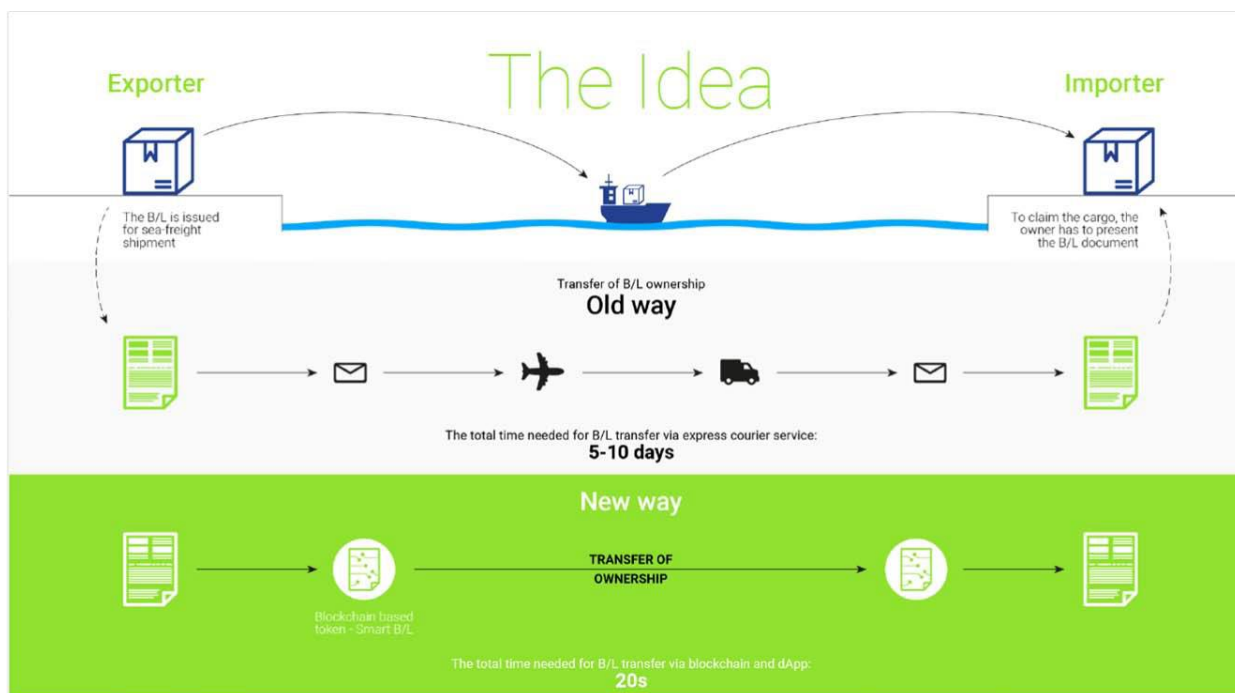
MAERSK		MAERSK LINE RFC GHE02502HKS		BILL OF LANDING FOR PORT TO PORT SHIPMENT	
Shipper (Complete Name And Address) Shenzhen Ailsheng Trade Co., Ltd. Phoenix Road,Luohu district, Guangdong Shenzhen city,China Telephone and fax: 0086-755-36922075			Packing List No.: 219618043-1		Bill of Lading No.: SSOF090406718
Consignee (Complete Name And Address) Alejead Pz S.A.S - Apdo Postal 28059 Carrera 100 S-39 - Cali - Valle - Colombia Telephone and email: 059-032-4491451 - alejead@hotmail.com			Freight And Charges Payable By: Shipper at shen zhen /Guangdong		Terms Of Sale: FOB (2010)
Notify Party (Complete Name And Address) Same as consignee			Number of Original Bill of Lading Issued: Three (3)		
Place of Receipt: Shen Zhen / China			Place and date of issue: 15 - August - 2010 Shen zhen / China		
Place of Delivery: Cali / Colombia			For Release Of Shipment, Please Contact: Agencia de Aduanas Siacomex Ltda - Buenaventura Calle 2 No. 2°-58 - PBX: (052) 242 2798 Fax: (052) 242 4823 - buenaventura@siacomex.com		
Port Of Loading: Shanghai / China			Total No. Of Container/Package Received By The Carrier: 1 / 0		
Port Of Discharge: Buenaventura / Colombia			For Transshipment To: Maersk Line		
			Vessel/Voyage: CSCL LE HAVRE / 0029W		
Marks And Numbers	No. of PKGS	Description of Packages And Goods	Gross Weight	Measurement	
20' steel Dry Cargo Container No: CSQU3054383	500 packages	500 units of 15.6 inch laptop with core i7 8GB RAM, in 6 pallets with 80 packages each one with a volume of 1.63 M <sup>3</sup> and 1 pallet with 20 packages with a volume of 0.41 M <sup>3</sup>	1650 Kg	10.2 M <sup>3</sup>	
<small>The above particulars are according to the declaration of the shipper. The carrier received the above goods in apparent good order and condition, unless otherwise specified, for carriage to the place as agreed above subject to the terms of this Bill of Lading including those on the back pages. If required by the Carrier, one original of this Bill of Lading must be surrendered duly endorsed in exchange for the goods or delivery order. In witness whereof original Bill of Lading has been signed in the number stated below, one of which being accomplished the other(s) to be void. IN ACCEPTING THIS BILL OF LANDING, the Shipper, Consignee, Holder hereof, and Owner of the goods, agree to be bound by all of its stipulations, exceptions and conditions, whether written, printed or stamped on the front or back hereof, as well as the provisions above Carrier's published Tariff Rates and Regulations.</small>					
Ocean freight		Prepaid USD 3,300	Collect	Shipped on Board: 20 - August - 2010 Place: Shanghai	
In Witness Whereof 3 original Bills of Lading have been signed, not otherwise stated above, one of which being accomplished the others shall be void			Signature: ..... B/No: SSOF090406718 Terms of landing continued on reverse side		

The contract evidenced by Bill of Lading is governed by the laws of the Hong Kong Special Administrative Region. Any proceeding against the carrier must be brought in the courts of the Hong Kong Special Administrative Region and no other court.

Εικόνα 17.: Παράδειγμα Bill of Landing

Πηγή: [www.container-xchange.com](http://www.container-xchange.com)

Αυτό το οποίο εφαρμόζει η CargoX είναι ένα ανοιχτό σύστημα βασισμένο στη τεχνολογία blockchain και στην κρυπτογραφημένη και αποκεντρωμένη αποθήκευση δεδομένων που θα επιτρέπει την ανταλλαγή τέτοιου είδους εγγράφων στη λογική των smart contracts. Με αυτό τον τρόπο η εταιρεία αντικαθιστά τη μέχρι τώρα φυσική ανταλλαγή έντυπων εγγράφων με μία ψηφιακή απόδειξη ιδιοκτησίας εμπορευμάτων, καθώς το Smart B/L θεωρείται ασφαλέστερο, ευκολότερο στην εφαρμογή και την αρχειοθέτηση των εγγράφων και πολύ φθηνότερο από το παραδοσιακό B/L. Παρακάτω παρουσιάζεται και εικονικά η διαφορά των δύο εφαρμογών. Ο χρόνος που απαιτείται για να συμπληρωθεί και να καταχωρηθεί ένα Smart B/L είναι λιγότερος από 20 δευτερόλεπτα, ενώ η διαδικασία κατά τον παραδοσιακό τρόπο διαρκεί 5 έως 10 ημέρες.



Εικόνα 18.: Ιδέα του Bill of Lading

Πηγή: [www.steemit.com](http://www.steemit.com)



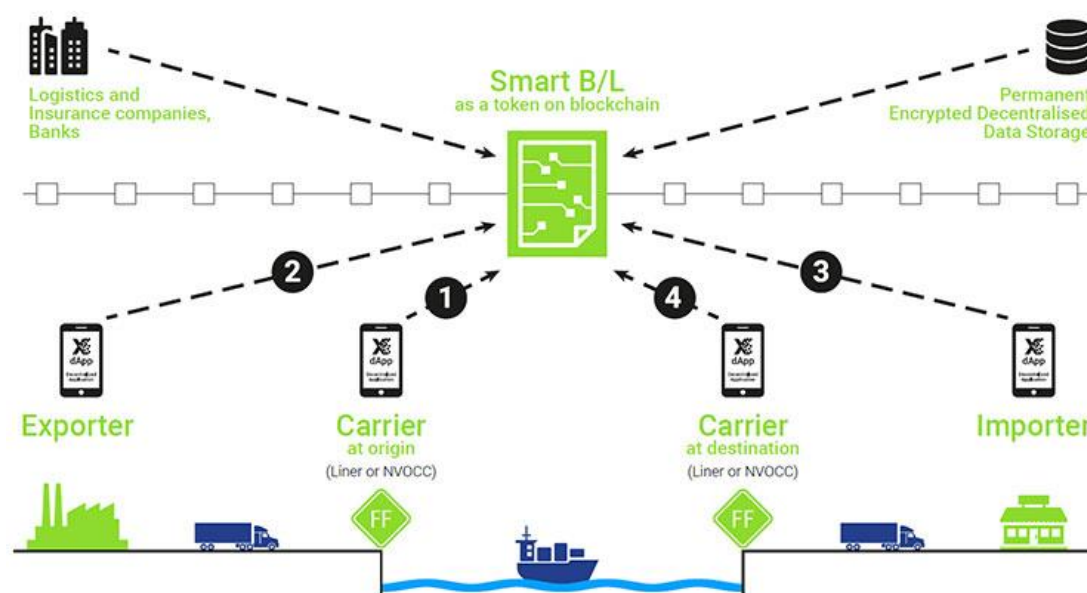
Ο παραδοσιακός τρόπος αποστολής και τεκμηρίωσης του Bill of Lading ακολουθεί την εξής πορεία:

1. Ο αποστολέας λαμβάνει την παραγγελία από τον παραλήπτη.
2. Ο αποστολέας συνεννοείται με τον μεταφορέα για το εμπόρευμα.
3. Ο αποστολέας συσκευάζει το εμπόρευμα και το στέλνει στον μεταφορέα.
4. Ο αποστολέας στέλνει στον μεταφορέα αυτός συγκεκριμένες οδηγίες που θα πρέπει να περιλαμβάνονται στο B/L
5. Ο μεταφορέας εκδίδει το B/L σύμφωνα με αυτός οδηγίες του αποστολέα και το στέλνει πίσω σε αυτόν.
6. Ο αποστολέας στέλνει με courier το B/L στον τελικό παραλήπτη.
7. Ο παραλήπτης παραδίδει το B/L στον μεταφορέα όταν αυτός φτάσει στον προορισμό.
8. Ο μεταφορέας παραδίδει το εμπόρευμα στον παραλήπτη.

Η CargoX μέχρι στιγμής έχει σχεδιαστεί για να διευκολύνει αυτός διαδικασίες αυτός οποίες εμπλέκεται ο μεταφορέας, δηλαδή τα στάδια από 5 έως 8. Κάθε κόμβος ο οποίος θέλει να χρησιμοποιήσει το σύστημα αυτός CargoX πρέπει πρώτα να γραφτεί στην ιστοσελίδα αυτός εταιρείας και να συμπληρώσει τα στοιχεία αυτός μεταφορικής εταιρείας, τα στοιχεία χρέωσης και τα έγγραφα απόδειξης. Στη συνέχεια, εφόσον ο μεταφορέας αναλαμβάνει να εκδώσει το B/L θα πρέπει να δηλώσει ότι του επιτρέπεται να εκδίδει B/L και ότι οι διαδικασίες αυτός οποίες ακολουθεί είναι συμμορφωμένες με αυτός εθνικούς και διεθνείς κανονισμούς. Ύστερα, η CargoX πρέπει να επαληθεύσει αυτές αυτός πληροφορίες και εν τέλει η μεταφορική εταιρεία μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτός υπηρεσίες αυτός CargoX.

Η πλατφόρμα αυτός CargoX βασίζεται στην τεχνολογία του Ethereum Blockchain και όταν αυτός μεταφορέας εγγράφεται στην πλατφόρμα αυτή λαμβάνει ένα private key. Όταν ο μεταφορέας χρειαστεί να εκδώσει ένα B/L θα πρέπει είτε να εισάγει αυτός απαραίτητες πληροφορίες για το B/L που του έχει δώσει ο αποστολέας στην ειδική εφαρμογή αυτός CargoX, είτε να σαρώσει το έντυπο έγγραφο του B/L που έχει δημιουργήσει και να το περάσει στην πλατφόρμα. Με αυτή την διαδικασία ο μεταφορέας μπορεί να δημιουργήσει το Smart B/L. Μέσα στο Smart B/L βρίσκονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία που θα περιείχε και το παραδοσιακό έγγραφο, αυτός τον αποστολέα, τον παραλήπτη, την περιγραφή του φορτίου

κ.α. Καθώς ο μεταφορέας ολοκληρώσει τη συμπλήρωση των στοιχείων του Smart B/L, πριν το εκδώσει μπορεί να το επεξεργαστεί και να κάνει οποιαδήποτε αλλαγή επιθυμεί. Σε αυτό το στάδιο το έγγραφο είναι ορατό μόνο από τον μεταφορέα και δεν έχει διαμοιραστεί αυτός υπόλοιπους κόμβους μέσω του blockchain. Μόλις ολοκληρώσει αυτός αλλαγές που επιθυμεί ο μεταφορέας, τότε υπογράφει το έγγραφο και το Smart B/L μέσω του blockchain και μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα κατανέμεται μέσω του blockchain αυτός υπόλοιπους κόμβους. Εφόσον η φορτωτική εκδοθεί, δεν μπορεί να αλλαχτεί και τα στοιχεία που περιέχει θεωρούνται αμετάβλητα. Έτσι, με την έκδοση αυτός φορτωτικής, αυτή αποστέλλεται από τον μεταφορέα πίσω στον αποστολέα. Ο αποστολέας που είναι και αυτός μέρος αυτός πλατφόρμας είναι πλέον αυτός ο κάτοχος αυτός φορτωτικής και αυτός που τη διαχειρίζεται.



Εικόνα 19.: Πορεία του Bill of Lading

Πηγή: [www.medium.com](http://www.medium.com)

Ενώ στο blockchain έχουν όλοι την δυνατότητα να βλέπουν το έγγραφο, αυτός που το ελέγχει προς στιγμή είναι ο αποστολέας. Σε αυτό το σημείο ο αποστολέας περιμένει την πληρωμή των εμπορευμάτων τα οποία διέθεσε στον μεταφορέα. Εφόσον η πληρωμή πραγματοποιηθεί από τον παραλήπτη που έκανε την παραγγελία, τότε ο αποστολέας μεταφέρει την φορτωτική στον παραλήπτη. Πλέον, ο έλεγχος του εγγράφου βρίσκεται στα χέρια του παραλήπτη ο οποίος με τη σειρά του μεταφέρει το έγγραφο σε αντιπρόσωπος παράδοσης (delivery agent) ο οποίος είναι ο αντιπρόσωπος του μεταφορέα. Αυτή τη στιγμή τον έλεγχο της φορτωτικής





αναλαμβάνει ο αντιπρόσωπος παράδοσης. Σε αυτό το σημείο ο αντιπρόσωπος παράδοσης ελέγχει αν οποιαδήποτε λεπτομέρεια που έχει να κάνει με το λιμάνι, το σχετικό τελωνείο και τη σχετική ρυθμιστική αρχή έχει συμπεριληφθεί στην φορτωτική. Μόλις ελέγξει ότι όλα είναι σωστά και δεν παραλείπεται κάποια πληροφορία, τότε επιτρέπει την αποδέσμευση των εμπορευμάτων. Έτσι ο μεταφορέας ξεκινάει από το λιμάνι εκκίνησης με το εμπόρευμα με σκοπό να το παραδώσει στον παραλήπτη (Manaadiar, H., 2018).

### 3.4.3. Walmart-IBM

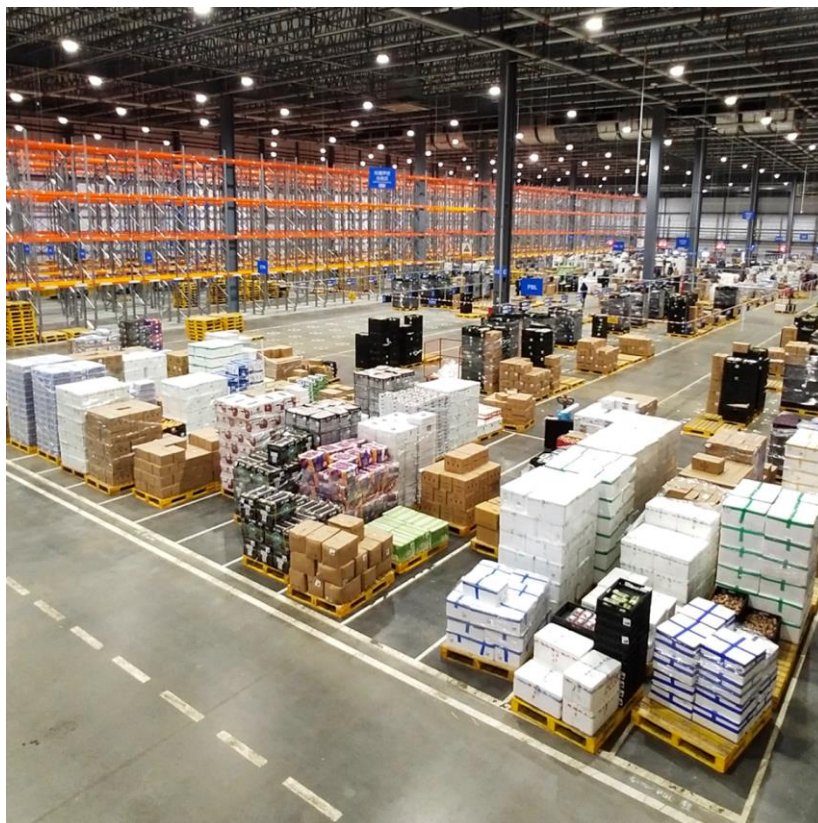
#### Προφίλ Εταιρείας

Η Walmart είναι μία αμερικανική πολυεθνική εταιρεία, η οποία διαθέτει ένα τεράστιο αριθμό καταστημάτων εκπαιδευτικών προϊόντων και θεωρείται από τις μεγαλύτερες εταιρείες λιανοπωλικής στον κόσμο. Διαθέτει καταστήματα σε ολόκληρο τον κόσμο, απασχολεί μεγάλο αριθμό εργαζομένων και εξυπηρετεί καθημερινά εκατομμύρια καταναλωτές. Η έδρα της βρίσκεται στο Bentonville του Arkansas και δημιουργήθηκε το 1962 από τον Sam Walton. Από το 2018, η Walmart έχει 11.277 καταστήματα σε 27 διαφορετικές χώρες, λειτουργώντας με 55 διαφορετικές επωνυμίες. Η εταιρεία λειτουργεί με την επωνυμία Wal-Mart στις Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά, ως Walmart de Mexico y Centroamerica στο Μεξικό και την Κεντρική Αμερική, ως Asda στο Ηνωμένο Βασίλειο, ως όμιλος Seiyu στην Ιαπωνία και ως Best Price στην Ινδία. Δραστηριοποιείται στην Αργεντινή, τη Χιλή, τον Καναδά και τη Νότια Αφρική. Από τον Αύγουστο του 2018 η Walmart κατέχει το 20% των μετοχών της Walmart Brazil και το υπόλοιπο 80% ανήκει στην ιδιωτική εταιρεία μετοχών Advert International (Walmart, 2018). Η Walmart είναι η μεγαλύτερη εταιρεία λιανεμπορίου στον κόσμο με έσοδα άνω των 500 δισεκατομμυρίων δολαρίων στις ΗΠΑ και απασχολεί περίπου 2,3 εκατομμύρια εργαζομένους παγκοσμίως. Πρόκειται για μια οικογενειακή επιχείρηση που ελέγχεται από την οικογένεια Walton, οι οποίοι κατέχει πάνω από το 50% των συνολικών μετοχών της Walmart (Walmart, 2018).



### Τομέας Εφαρμογής

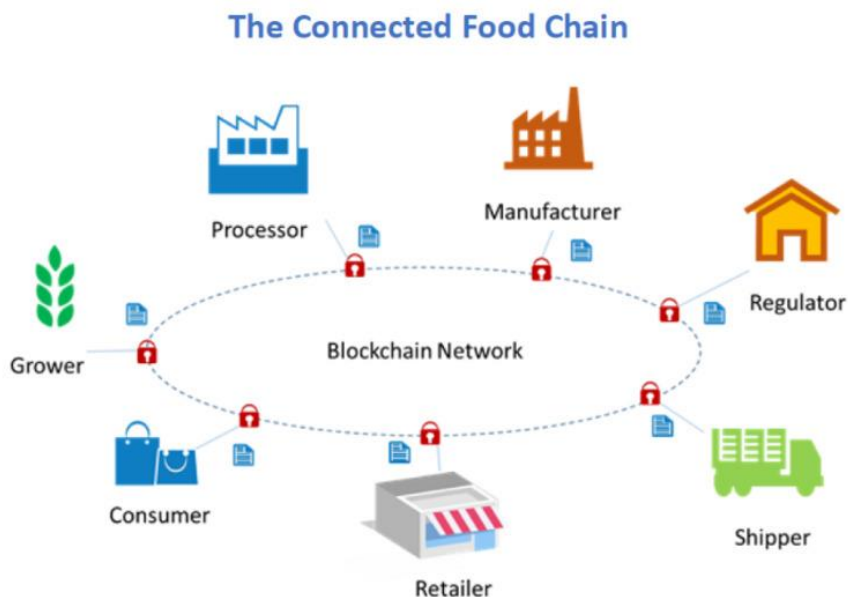
Τα δύο project τα οποία θα παρουσιαστούν στη συνέχεια και έχουν εφαρμοσθεί από τις εταιρείες Walmart-IBM αναφέρονται στην βιομηχανία τροφίμων. Η βιομηχανία τροφίμων κατέχει ίσως τη πρώτη θέση σε επίπεδο σημαντικότητας από το σύνολο των βιομηχανιών. Η εφοδιαστική αλυσίδα που συνδέεται με τα τρόφιμα, θα πρέπει να λειτουργεί σε πλαίσια απόλυτης αρμονίας, ασφάλειας και πλήρους συγχρονισμού. Τα προϊόντα διατροφής αποτελούν το πιο ευαίσθητο είδος που κυκλοφορεί στην αγορά, καθώς εκτίθενται σε κινδύνους όπως ανεπαρκής αποθήκευση, λανθασμένα επίπεδα διατήρησης της θερμοκρασίας των τροφίμων, κακή ποιότητα αέρα, υγρασία, φως και άλλους επικίνδυνους παράγοντες. Χωρίς την ιδανική θερμοκρασία μεταφοράς, η αποθήκευσης των προϊόντων, ή λόγω της επίδρασης του φωτός, αναπτύσσονται βακτήρια με αποτέλεσμα το τρόφιμο να καταστραφεί (Smith,2006). Οι αγρότες, οι προμηθευτές, οι χονδρέμποροι, οι έμποροι λιανικής και οι μεταφορείς που συμμετέχουν στην εφοδιαστική αλυσίδα, υποχρεούνται να εφαρμόζουν κατάλληλες διαδικασίες ώστε να επικρατούν οι ιδανικές συνθήκες για την διατήρηση των τροφίμων. Εξίσου σημαντική θεωρείται και ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των κόμβων της αλυσίδας εφοδιασμού και η συνεχής ενημέρωση της κατάστασης των τροφίμων προκειμένου να διατηρηθεί η ποιότητα αυτών. Πολύ σημαντικό ρόλο στην συγκεκριμένη εφοδιαστική αλυσίδα έχουν οι μεταφορείς οι οποίοι πρέπει να γνωρίζουν το ιστορικό και την προέλευση ενός προϊόντος.



Εικόνα 20.: Αποθήκη Walmart

Πηγή: [www.corporate.walmart.com](http://www.corporate.walmart.com)

Το σημερινό παγκόσμιο σύστημα εφοδιασμού τροφίμων ακολουθεί τις παραδοσιακές μεθόδους, οι οποίες πολλές φορές αποδεικνύονται αναποτελεσματικές και αναξιόπιστες (Trigoli & Schmidhuber 2018). Οι διαδικασίες πάνω στις οποίες στηρίζεται η ανταλλαγή αγαθών μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα θεωρούνται πολύπλοκες, ενώ δεν είναι πολύ διαφανείς και ελλοχεύουν μεγάλοι κίνδυνοι. Υπολογίζεται ότι το κόστος λειτουργίας των αλυσίδων εφοδιασμού αποτελεί τα δύο τρίτα του τελικού κόστους των εμπορευμάτων. Προκύπτει, λοιπόν ότι υπάρχει μεγάλο περιθώριο βελτιστοποίησης των διαδικασιών των αλυσίδων εφοδιασμού, μειώνοντας σημαντικά τα λειτουργικά κόστη. Με την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain και λόγω της διαφάνειας που προσφέρει στο δίκτυο, οι κόμβοι που το αποτελούν μπορούν να παρακολουθούν όλες τις συναλλαγές που συμβαίνουν μεταξύ παραγωγών, μεταφορών, αποθηκευτικών εταιρειών και οποιοδήποτε άλλου συμβαλλόμενου μέρους. Με τη χρήση του blockchain μπορούν να αντιμετωπισθούν ζητήματα όπως απάτες τροφίμων μέσω της ιχνηλασιμότητας που προσφέρει η τεχνολογία αυτή.



Εικόνα 21.: Blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα βιομηχανίας τροφίμων

Πηγή: [www.infosysconsultinginsights.com](http://www.infosysconsultinginsights.com)

Το ζήτημα της ιχνηλασιμότητας των τροφίμων θεωρείται σημαντικό διότι όταν η δημόσια υγεία απειλείται εξαιτίας μολυσμένων τροφίμων, το πρώτο βήμα που πρέπει να γίνει για την ανάλυση των βασικών αιτιών είναι να εντοπιστεί η πηγή μόλυνσης. Η σημερινή δομή της εφοδιαστικής αλυσίδας τροφίμων καθιστά τη διαδικασία αυτή χρονοβόρα και συνήθως χρειάζονται μέρες για να εντοπιστεί το σημείο εκκίνησης ενός προϊόντος, καθώς πολλά εμπλεκόμενα μέρη εξακολουθούν να παρακολουθούν τις πληροφορίες των τροφίμων μέσω χαρτιού. Το blockchain, διασφαλίζει ότι ο κάθε κόμβος της αλυσίδας εφοδιασμού, μοιράζεται τις απαραίτητες πληροφορίες μέσω μίας κοινής βάσης δεδομένων και οι υπόλοιποι κόμβοι ενημερώνονται αμέσως. Έτσι, δημιουργείται ένα ανιχνεύσιμο σύστημα το οποίο προσφέρει παρακολούθηση της διαδρομής των τροφίμων σε πραγματικό χρόνο.

### Το πρόβλημα

Σύμφωνα με την εταιρεία, το μεγαλύτερο ζήτημα το οποίο απασχολεί τους πελάτες παγκοσμίως, είναι το να γνωρίζουν την προέλευση κάθε προϊόντος που αγοράζουν για να καταναλώσουν. Κάθε χρόνο παγκοσμίως, πολλές ασθένειες ξεσπούν οι οποίες οφείλονται σε κατανάλωση μολυσμένων τροφίμων. Όταν μία τροφική ασθένεια ξεσπά, εφόσον η ιχνηλασιμότητα των μολυσμένων τροφών δεν είναι εύκολη, η οδηγία που δίνεται στους καταναλωτές είναι να αποφεύγουν για το επόμενο διάστημα το συγκεκριμένο προϊόν της συγκεκριμένης εταιρείας η ακόμα και όλων των εταιρειών. Η έλλειψη, λοιπόν, αποτελεσματικών και άμεσων λύσεων, δημιουργεί ανασφάλεια στους ανθρώπους, με αποτέλεσμα να γεννιούνται αμφιβολίες για την αλυσίδα εφοδιασμού και τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί.

Για αυτόν τον λόγο, η Walmart σε συνεργασία με την IBM αποφάσισε να αναπτύξει και να εφαρμόσει δοκιμαστικούς πιλότους ανίχνευσης της προέλευσης τροφίμων χρησιμοποιώντας την τεχνολογία blockchain (Tiwari,2016). Το Blockchain της Walmart βασίστηκε στο hyperledger fabric το οποίο ακολουθεί αρθρωτή αρχιτεκτονική και στοιχεία plug-and-play, όπως υπηρεσίες συναίνεσης και συμμετοχής (IBM,2017). Τα αρχεία το οποία παρουσιάζονται στην πλατφόρμα αυτή περιλαμβάνουν ελέγχους προϊόντων, γεωργικές επεξεργασίες, αριθμούς αναγνώρισης, κατασκευαστές, διαθέσιμες ενημερώσεις συσκευών, παραχωρημένα δικαιώματα, πρωτόκολλα ασφαλείας, όλα συνδεδεμένα σε πραγματικό χρόνο, ορατά από όλους τους κόμβους και τα οποία αποθηκεύονται ως ηλεκτρονικά πιστοποιητικά. Τον Οκτώβριο του 2016 η Walmart μαζί με τον τεχνολογικό της συνεργάτη IBM, ανακοίνωσε τα 2 project που θα έθετε σε εφαρμογή, με σκοπό να αποδείξει ότι η τεχνολογία blockchain παρέχει έναν βιώσιμο τρόπο εντοπισμού και ελέγχου ταυτότητας των τροφίμων, από το αγρόκτημα μέχρι το κατάστημα πώλησης και τον τελικό καταναλωτή. Το 1<sup>ο</sup> project αφορούσε τα μάνγκο τα οποία πωλούνται στα καταστήματα της Αμερικής και το 2<sup>ο</sup> project αφορούσε το χοιρινό που πωλείται στα καταστήματα της Κίνας.



## Project Mangoe

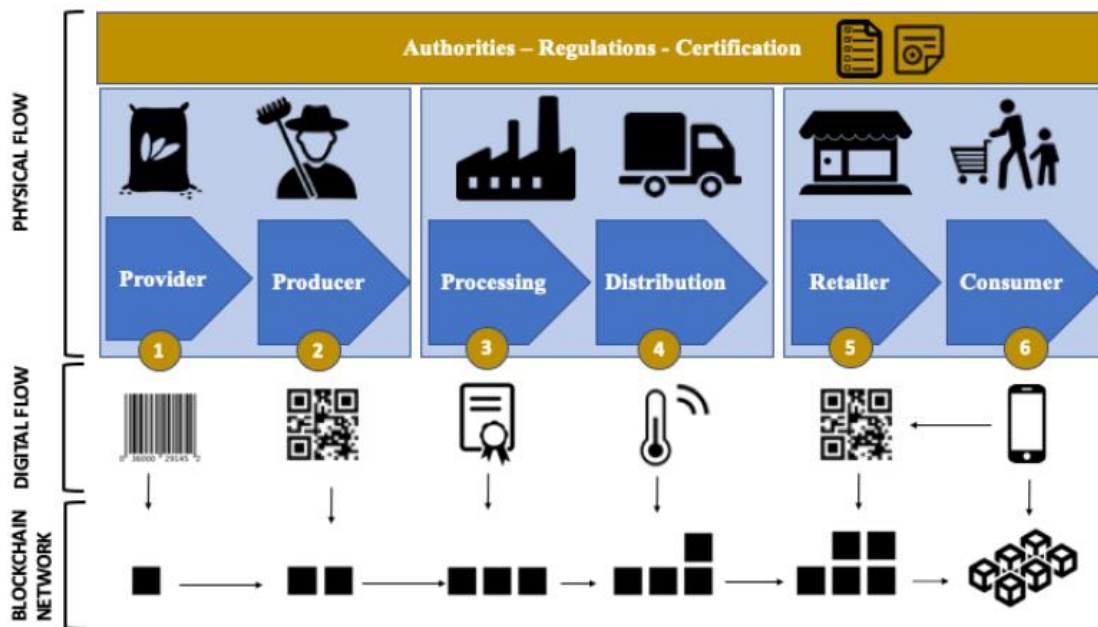
Μία τυπική αλυσίδα εφοδιασμού μάνγκο, ξεκινάει από το δενδρύλλιο όπου το φρούτο ωριμάζει, στη συνέχεια συλλέγεται, ταξινομείται σε επορευματοκιβώτια, φορτώνεται σε φορτηγά και αποστέλλεται σε σημεία συγκέντρωσης. Έπειτα, τα μάνγκο καθαρίζονται τεμαχίζονται και παλετοποιούνται ώστε να φορτωθούν σε φορτηγά της Walmart και να καταλήξουν στα καταστήματα της Walmart. Προκειμένου να υπάρχει ολοκληρωμένη άποψη για την ιχνηλασιμότητα των μάνγκο και τη διάρκεια που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί αυτή, ο αντιπρόεδρος της ασφάλειας τροφίμων της Walmart, Frank Yiannas έκανε το εξής πείραμα. Αγόρασε ένα πακέτο μάνγκο από ένα κατάστημα της Walmart στο βορειοδυτικό Άρκανσας και κατά τη διάρκεια μιας συνάντησης με την ομάδα του, τους ζήτησε να μάθουν από ποια φάρμα προέρχονται τα μάνγκο που αγόρασε. Σύμφωνα με τη σημερινή λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας, κάθε κόμβος αυτής διατηρεί αρχεία μόνο για τον προηγούμενο κόμβο και τον επόμενο από αυτόν, δηλαδή από ποιον προήλθε το προϊόν και σε ποιον στάλθηκε μετά από αυτόν. Έτσι, η ομάδα αναγκάστηκε να ακολουθήσει αντίστροφη πορεία, πηγαίνοντας από κόμβο σε κόμβο μέχρι να καταλήξουν στην αρχή της αλυσίδας. Χρειάστηκαν συνολικά 6 ημέρες, 18 ώρες και 26 λεπτά για να προσδιορίσουν το αγρόκτημα από το οποίο προήλθαν τα συγκεκριμένα μάνγκο. Το traceback, λοιπόν στις μέρες μας μπορεί να διαρκέσει από εβδομάδες μέχρι μήνες, γεγονός απαράδεκτο σύμφωνα με όλη την ψηφιακή τεχνολογία η οποία παρέχεται. Στη συνέχεια η Walmart εφάρμοσε το Hyperledger fabric, ένα είδος κατανεμημένου καθολικού με γνωστούς κόμβους, στη λογική δηλαδή των private blockchains. Οι συμπεριλαμβανόμενοι κόμβοι του δικτύου οι οποίοι μοιράζονταν το ίδιο blockchain ήταν παραγωγοί, μεταφορικές εταιρείες, εισαγωγείς, εξαγωγείς, εγκαταστάσεις επεξεργασίας, κέντρα διανομής και καταστήματα.

Οι διαδικασίες, πλέον, που εφάρμοσαν οι διαφορετικοί κόμβοι της εφοδιαστικής αλυσίδας ακολουθούσαν τους κανόνες του blockchain, χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνολογικές μεθόδους, όπως κωδικούς QR, RFID, NFC, ηλεκτρονικές πιστοποιήσεις, ψηφιακές υπογραφές, αισθητήρες κ.α., με σκοπό να παρέχουν σε πραγματικό χρόνο συνεχείς πληροφορίες για την κατάσταση των προϊόντων. Έτσι, οποιαδήποτε ενέργεια πραγματοποιούταν από κάθε κόμβο του δικτύου καταγραφόταν στο blockchain. Οι πληροφορίες που συλλέγονταν κατά τη διάρκεια μίας συναλλαγής επικυρώνονταν από τους υπόλοιπους κόμβους του δικτύου μέσω της διαδικασίας συναίνεσης. Έτσι, όταν μία ομάδα σχετικών συναλλαγών ολοκληρώνεται, αυτές σχηματίζουν ένα block το οποίο προστίθεται στο blockchain (Kamilaris, A., Fonts, A.& Prenafeta-Boldú, F.X.)



Σε κάθε στάδιο της τροχιάς ενός τρόφιμου εμπλέκονται διαφορετικές τεχνολογίες και καταγράφονται διαφορετικές πληροφορίες στο blockchain, όπως περιγράφεται παρακάτω:

1. Πάροχος πρώτων υλών (Provider): Παρέχει πληροφορίες για την καλλιέργεια των πρώτων υλών, τα φυτοφάρμακα και τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται, τα μηχανήματα κ.α. Επίσης καταγράφεται η συναλλαγή με τον παραγωγό στον οποίο δίνει τις πρώτες ύλες.
2. Παραγωγός (Producer): Στο συγκεκριμένο στάδιο, τα έγγραφα τα οποία καταχωρούνται στο μπλοκ περιλαμβάνουν πληροφορίες για τις πρακτικές καλλιέργειας που χρησιμοποιούνται, όπως και πρόσθετες πληροφορίες για τις καιρικές συνθήκες καλλιέργειας.
3. Επεξεργασία προϊόντων (Processing) : Σε αυτό το στάδιο παρέχονται πληροφορίες για το εργοστάσιο και τον εξοπλισμό του, τις μεθόδους επεξεργασίας, τους αριθμούς παρτίδας κ.α. Καταγράφονται επίσης στο blockchain οι συναλλαγές που πραγματοποιούν με τους παραγωγούς και τους διανομείς των προϊόντων.
4. Διανομή (Distribution): Περιλαμβάνονται λεπτομέρειες σχετικές με την αποστολή, τη διαδρομή αποστολής, τις συνθήκες αποθήκευσης στο μέσο μεταφοράς( π.χ. θερμοκρασία, υγρασία) και χρόνος διέλευσης σε κάθε μέθοδο μεταφοράς. Επίσης, παρέχονται όλες οι συναλλαγές μεταξύ των διανομέων και των τελικών παραληπτών ( δηλαδή τους λιανοπωλητές).
5. Λιανοπωλητές-Walmart (Retailer): Σε αυτό το σημείο της αλυσίδας καταγράφονται πληροφορίες για κάθε είδος φαγητού. Τέτοια στοιχεία είναι η τρέχουσα ποιότητα και ποσότητα, η ημερομηνία λήξης, οι συνθήκες αποθήκευσης ακόμη και ο χρόνος που ένα προϊόν βρίσκεται στο ράφι ενός καταστήματος.
6. Καταναλωτής (Consumer): Στο τελικό στάδιο ο κάθε καταναλωτής μπορεί χρησιμοποιώντας ένα smart phone, να σαρώσει τον εκάστοτε QR code ενός προϊόντος και να δει λεπτομερώς όλες τις πληροφορίες που σχετίζονται με το προϊόν, από τον πάροχο και τον παραγωγό μέχρι το συγκεκριμένο κατάστημα της Walmart.



Εικόνα 22.: Απεικόνιση της διαδικασίας δημιουργίας blockchain στην αλυσίδα τροφίμων

Πηγή: [www.arxiv.org](http://www.arxiv.org)

Ύστερα, λοιπόν, από την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική της αλυσίδα, η ομάδα της Walmart πραγματοποίησε ξανά την ιχνηλασιμότητα της ίδιας συσκευασίας μάνγκο, εκμεταλλευόμενη όμως πλέον τις παροχές του hyperledger fabric. Το αποτέλεσμα ήταν ότι ο χρόνος ανίχνευσής της προέλευσης των μάνγκο μειώθηκε μόλις στα 2,2 δευτερόλεπτα. Η επιλογή των μάνγκο ως προϊόν μελέτης της έρευνας προέκυψε διότι τα μάνγκο ακολουθούν μία από τις πολυπλοκότερες αλυσίδες εφοδιασμού τροφίμων. Το αποτέλεσμα θεωρήθηκε πολύ θετικό, λόγω της διαφάνειας και της συνολικότερης καινοτομίας που παρέχει η τεχνολογία blockchain και η μελλοντική εφαρμογή της σε όλα τα προϊόντα της Walmart αποτελεί βασικό στόχο.





## Project Pork

Το δεύτερο project της εταιρείας Walmart εστίασε την προσοχή του στην ιχνηλασιμότητα και ανίχνευση της προέλευσης του χοιρινού κρέατος που βρίσκεται στα καταστήματα της Walmart στην Κίνα. Η Κίνα παράγει το μισό χοιρινό παγκοσμίως και θεωρείται ο κορυφαίος εισαγωγέας χοιρινού κρέατος. Το γεγονός αυτό, ώθησε την κινεζική κυβέρνηση, να επικεντρωθεί στη βιομηχανία χοιρινού κρέατος της χώρας και να εκσυγχρονίσει το σύστημα της παραγωγής από τα εκτροφεία και τα αγροκτήματα μέχρι το πιρούνι του καταναλωτή. Η κινεζική κυβέρνηση επενδύει πολλά χρήματα στο σύστημα τροφίμων της, ενισχύοντας τις μεθόδους επιθεώρησης και ασφάλειας των τροφίμων συνεργαζόμενη με μεγάλες εταιρείες λιανικού εμπορίου όπως η Walmart. Με δεδομένο τον μεγάλο πληθυσμό της Κίνας και της τεράστιας ζήτησης του χοιρινού κρέατος ( 12,7 εκατομμύρια τόνοι χοιρινού κρέατος) η Walmart είχε το κίνητρο να διερευνήσει νέες τεχνολογίες για την καλύτερη ανίχνευση της προέλευσης των χοιρινών κρεάτων και έτσι στράφηκε στο blockchain (Bunge, J., 2015).

Η Walmart ξεκίνησε αυτή της την προσπάθεια συλλέγοντας πληροφορίας για τα αγροκτήματα της Κίνας στα οποία εκτρέφονταν οι χοίροι , στη συνέχεια για το σφαγείο και όλους τους επόμενους κόμβους της εφοδιαστικής αλυσίδας. Πριν από την εκκίνηση του project, κωδικοί QR προστέθηκαν στα χοιρινά κρέατα στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας ο οποίος επέτρεπε σε κάθε κόμβο να επαληθεύει την κατάσταση και την αυθεντικότητα του κρέατος σε πραγματικό χρόνο. Συνεπώς, οι συνεργάτες της Walmart στα κέντρα διανομής, μπορούσαν σαρώνοντας την ετικέτα της συσκευασίας να εντοπίσουν τα στοιχεία της παραγγελίας και της αποστολής του κρέατος και να επαληθεύσουν τη σωστή προέλευση αυτού.

Ενώ παλαιότερα, οι κόμβοι του δικτύου έπρεπε να καταγράφουν τις λεπτομέρειες των συναλλαγών και τις πληροφορίες για την κατάσταση του προϊόντος σε χαρτί, πλέον όλες οι συναλλαγές γίνονται μέσω smart contracts, με τη χρήση ψηφιακών υπογραφών και η ασφάλεια και η εμπιστοσύνη είναι πολύ μεγαλύτερη. Τα κτηνιατρικά πιστοποιητικά τα οποία είναι απαραίτητα καθώς επιβεβαιώνουν την υγεία των ζώων, πλέον σκανάρονται και προστίθενται στα μπλοκ της αλυσίδας με αποτέλεσμα να είναι ορατά σε όλους. Πλέον μέσω της τεχνολογίας αυτής, οι υπεύθυνοι ασφάλειας τροφίμων της Walmart μπορούν να επιβεβαιώνουν την υγεία των χοίρων και να επιβλέπουν οποιαδήποτε πληροφορία ψηφιακά.

Κατά την διαδικασία της σφαγής και κατανομής των διάφορων κομματιών του χοίρου, τα σφαγεία χρησιμοποιούν RFID tags, microchip δηλαδή με ενσωματωμένη κεραία τα οποία τοποθετούνται στις σακούλες στις οποίες συσκευάζονται τα ξεχωριστά κομμάτια χοιρινού.



Αυτά μόλις βρεθούν σε μία κοντινή απόσταση με έναν «αναγνώστη» τότε οι ετικέτες RFID ενεργοποιούνται και επιστρέφουν τα δεδομένα που διατηρούν για το κρέας. Στη συνέχεια τα δεδομένα αυτά καταχωρούνται στα blockchain και είναι διαθέσιμα από όλους. Στα σφαγεία επίσης είναι εγκατεστημένες κάμερες που βιντεοσκοπούν ολόκληρη τη διαδικασία κοπής του κρέατος. Στα φορτηγά μεταφοράς, υπάρχουν αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας όπως και GPS με αποτέλεσμα να ειδοποιούν συνέχεια το blockchain με την κατάσταση των κρεάτων σε πραγματικό χρόνο. Η Walmart μπορεί να εντοπίσει το πού βρίσκεται τα φορτηγά και να παρακολουθεί τις συνθήκες σε κάθε ψυγείο εμπορευματοκιβώτιο και, εάν οι συνθήκες υπερβαίνουν τα καθορισμένα όρια, λαμβάνουν ειδοποιήσεις για άμεση διορθωτική ενέργεια (Gale, F., 2017).

Συμπερασματικά, και το 2<sup>ο</sup> πιλοτικό σχέδιο της Walmart φαίνεται να έχει αμέτρητες θετικές επιπτώσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα της Κίνας. Η ανιχνευσιμότητα βελτιώνει την ασφάλεια των τροφίμων και την εμπιστοσύνη του κοινού. Εάν κάποιο μολυσμένο φαγητό καταλήξει σε κάποιον καταναλωτή, το σύστημα μπορεί μέσω του blockchain να εντοπίσει ταχύτατα ποια προϊόντα πρέπει να απορρίπτονται χωρίς να διακυβεύεται μια ολόκληρη σειρά προϊόντων (Bottemelier, H., 2011). Συμπερασματικά, το κέρδος που έχει η Walmart μέσω της εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain στις εφοδιαστικές τις αλυσίδες είναι πολλαπλής σημασίας, καθώς έχει θετικές επιπτώσεις στην οικονομία της, γλιτώνει από μεγάλα κόστη ενώ παράλληλα κερδίζει την εμπιστοσύνη των καταναλωτών.

#### 3.4.4. Bext360

##### Προφίλ Εταιρείας

Η εταιρεία Bext360 είναι μία νεοσύστατη εταιρεία που ιδρύθηκε από τον Daniel Jones το 2016 και έχει έδρα στο Ντένβερ του Κολοράντο. Η Bext360 είναι μια εταιρεία παροχής υπηρεσιών μέσω λογισμικού (SaaS – Software as a Service) εστιάζοντας σε εφοδιαστικές αλυσίδες οι οποίες έχουν προβλήματα ιχνηλασιμότητας. Στόχος της είναι η δημιουργία τεχνολογιών που βελτιστοποιούν τις κρίσιμες αλυσίδες εφοδιασμού στις αναδυόμενες οικονομίες (Bloomberg,2017). Η εν λόγω εταιρεία ανέπτυξε λογισμικό βασισμένο στο blockchain ώστε να βοηθήσει την εφοδιαστική αλυσίδα διάφορων βιομηχανιών όπως ο καφές, το βαμβάκι, το φοινικέλαιο και τα μέταλλα και έτσι να παρέχει ένα ανιχνεύσιμο αποτύπωμα των προϊόντων από τους παραγωγούς μέχρι τους καταναλωτές. Το όραμα της εταιρείας είναι να ενισχύσει την ιχνηλασιμότητα και τη διαφάνεια στην αλυσίδα εφοδιασμού καφέ και έτσι να επιτρέψει τη βιωσιμότητα των αλυσίδων εφοδιασμού υπέρ τόσο των παραγωγών όσο και των καταναλωτών.

##### Το Πρόβλημα

Ο καφές είναι ένα από τα πιο εμπορεύσιμα προϊόντα στον κόσμο με τεράστιο οικονομικό αντίκτυπο, αφού περίπου 125 εκατομμύρια άνθρωποι κερδίζουν και ζουν καθημερινά από τον καφέ (Bitcoin Magazine, 2017). Ωστόσο, παρά τη σημασία της βιομηχανίας καφέ, η αλυσίδα εφοδιασμού της παραμένει ξεπερασμένη και αδιαφανής. Το πρόβλημα το οποίο εμφανίζεται στις εφοδιαστικές αλυσίδες των κόκκων του καφέ, συνήθως είναι διττό. Το πρώτο σκέλος του προβλήματος έχει να κάνει με τους αγρότες, τους παραγωγούς δηλαδή των κόκκων οι οποίοι δεν αντιμετωπίζονται σωστά και αδικούνται σε μεγάλο βαθμό. Λαμβάνουν είτε χαμηλούς μισθούς, καθυστερημένες πληρωμές ή ακόμη και καθόλου πληρωμές για τους κόκκους τους. Επιπλέον, οι μεσάζοντες και οι μεταπωλητές συχνά παίρνουν περισσότερα από το δίκαιο μερίδιο τους στο προϊόν με αποτέλεσμα οι περισσότεροι από αυτούς τους αγρότες να ζουν με λιγότερο από 2 \$ την ημέρα. Το δεύτερο μέρος του προβλήματος έχει να κάνει με την έλλειψη διαφάνειας και την ελάχιστη πληροφορία που παρέχεται στους καταναλωτές σχετικά με την προέλευση του καφέ, την ημερομηνία παραγωγής του κτλ. (Kolodny,2017). Έτσι, Η αλυσίδα πληροφοριών σχετικά με την αυθεντικότητα της αναφερόμενης ποιότητας του καφέ ή εάν οι αγρότες πληρώθηκαν και αντιμετωπίστηκαν δίκαια είναι ελλιπής και ευάλωτη σε παραποίηση.

### Εφαρμογή του Blockchain

Η τεχνολογία blockchain Bext360 δημιουργήθηκε για να βελτιώσει τη ροή της εφοδιαστικής αλυσίδας του καφέ. Το Bext360 χρησιμοποιεί μια τεχνολογία κατανεμημένου καθολικού που συνδυάζεται με την τεχνητή νοημοσύνη που ταξινομεί έξυπνα τους κόκκους καφέ και αξιολογεί με έναν βαθμό. Με τη βοήθεια ρομποτικών αυτοματισμών οι κόκκοι του καφέ αξιολογούνται και χωρίζονται σε κατηγορίες με βάση την ποιότητά τους. Αφού οι κόκκοι του καφέ κατηγοριοποιηθούν τότε οι κατηγορίες καταγράφονται στη κατανεμημένη βάση δεδομένων. Ανάλογα με την ποιότητα του κάθε κόκκου ορίζεται και συγκεκριμένη τιμή πώλησης. Κάθε αγρότης, με τη χρήση κινητού τηλεφώνου, μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στην εφαρμογή της bext360 και να δει τους κόκκους του σε ποια κατηγορία ανήκουν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει πλήρης διαφάνεια, οι αγρότες να μην αδικούνται και να εργάζονται στα πλαίσια ενός αξιοκρατικού συστήματος.



*Εικόνα 23.: Ρομποτικός μηχανισμός κατηγοριοποίησης καφέ (Bext360,2018)*

Παραπάνω, παρουσιάζεται ο ρομποτικός μηχανισμός μέσω του οποίου πραγματοποιείται η αξιολόγηση της ποιότητας των κόκκων του καφέ και η σωστή κατηγοριοποίηση τους με στόχο τη εφαρμογή ενός δικαιότερου συστήματος θέσπισης τιμών. Η διαδικασία φιλτραρίσματος των κόκκων έχει ως αποτέλεσμα οι κόκκοι να διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες Α, Β και C. Οι χαμηλότερης ποιότητας κόκκοι καταλήγουν στη C κατηγορία ενώ οι ποιοτικότεροι στην Α. Αντίστοιχα, οι αγρότες αμείβονται ανάλογα με την κατηγορία, με την κατηγορία Α να



επιφέρει τα μεγαλύτερα κέρδη και την κατηγορία C τα λιγότερα. Η κατηγοριοποίηση και η καταχώρηση των αντίστοιχων πληροφοριών πραγματοποιούνται παράλληλα στη βάση δεδομένων της bext360 και έτσι δίνεται η δυνατότητα και στους καταναλωτές να γνωρίζουν την προέλευση του κόκκου που αγοράζουν και τη κατηγορία στην οποία ανήκει. Συμπερασματικά, η τεχνολογία blockchain μέσω της bext360 βελτιώνει διπλά την εφοδιαστική αλυσίδα του καφέ, καθώς εξασφαλίζει ιχνηλασιμότητα του προϊόντος με αποτέλεσμα οι πελάτες να έχουν ενημέρωση για όλα τις αναγκαίες πληροφορίες του καφέ (π.χ. περιοχή παραγωγής, στοιχεία παραγωγού-αγρότη, κατηγορία κόκκου καφέ, συνθήκες εργασίας κ.α.) και επίσης καθιερώνει ένα αξιοκρατικό σύστημα εργασίας των παραγωγών το οποίο υπερασπίζεται τα δικαιώματά τους.

#### 3.4.5. Kouvola Innovation

##### Προφίλ Εταιρείας

Η Kouvola Innovation είναι η μεγαλύτερη εταιρεία logistics σε ολόκληρη την Φινλανδία. Η βάση της εταιρείας βρίσκεται στην πόλη Kouvola της Φινλανδίας, θεωρείται μη κερδοσκοπική εταιρεία και έχει μεγάλη εμπειρία στο εγχώριο αλλά και το παγκόσμιο εμπόριο. Στόχος της εταιρείας Kouvola Innovation είναι να αυξήσει το επίπεδο της πόλης Kouvola παρέχοντας υπηρεσίες logistics σε εταιρείες και πελάτες. Επίσης, δίνει τη δυνατότητα σε πολλούς επιχειρηματίες να εξελιχθούν, εμπλέκοντας τους σε πολλές επιχειρηματικές δράσεις. Στόχος της εταιρείας είναι να εφαρμόσει την τεχνολογία blockchain για να βελτιώσει τη ροή πληροφοριών μέσα στις αλυσίδες εφοδιασμού, να απομακρύνει την ανεπάρκεια και τα προβλήματα που επικρατούν με τις έως τώρα μεθόδους και ως εκ τούτου να μειώσει τους χρόνους μεταφοράς των φορτίων.

##### Το Πρόβλημα

Σήμερα, τόσο η αλυσίδα εφοδιασμού όσο και η βιομηχανία logistics αντιμετωπίζουν πολλές δυσκολίες, λόγω της δυσλειτουργικής κατάστασης τυποποίησης που επικρατεί και της επικράτησης ενός μη αποκεντρωμένου συστήματος αποθήκευσης επιχειρησιακών πληροφοριών. Μικρό είναι το πλήθος των εταιρειών που δέχονται να κοινοποιήσουν τα δεδομένα τους και έτσι η ανταλλαγή πληροφοριών και η διαχείριση πόρων καθίσταται πολύ



δύσκολη. Τα παραπάνω προβλήματα οδηγούν συνήθως σε ανεπαρκείς διαδικασίες logistics (Mittwoch,2017). Επιπλέον, η τρέχουσα πραγματικότητα είναι ότι οι ροές δεδομένων που σχετίζονται με το φορτίο είναι πιο αργές από τις πραγματικές κινήσεις φορτίου. Αυτό συμβαίνει επειδή οι επιχειρησιακές πληροφορίες διαβιβάζονται συνήθως μέσω τηλεφώνου, email ή ακόμα και φαξ. Λόγω αυτού του γεγονότος, το κόστος συμπεριφοράς στην αλυσίδα εφοδιασμού είναι υψηλό. Ως εκ τούτου, το βασικό πρόβλημα θεωρείται η υποδομή επικοινωνίας κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας, με αποτέλεσμα, τα δεδομένα που μεταφέρονται να καθυστερούν, να είναι ανακριβή, ο παραλήπτης να μη μπορεί να τα αναγνωρίσει και πολλές φορές να μη λαμβάνει όλες τις αναγκαίες πληροφορίες (Verhoeven et al., 2018).

### Εφαρμογή του Blockchain

Η Kounola Innovation αποφάσισε λοιπόν να εφαρμόσει το project SmartLog για τη δημιουργία μίας εφαρμογής που βασίζεται σε blockchain προκειμένου να αλλάξει τη τρέχουσα βιομηχανία logistics. Η συγκεκριμένη λύση έχει μια κοινή βάση δεδομένων στην οποία αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα των φορτίων που μεταφέρονται, ώστε να είναι αμετάβλητα, ακέραια και διαφανή με αποτέλεσμα να υπάρχει η ευκολία κοινής χρήσης σε πραγματικό χρόνο, κάτι που δεν υπήρχε πριν (Verhoeven et al., 2018). Το συγκεκριμένο project το οποίο χρηματοδοτήθηκε με 2,4 εκατομμύρια ευρώ από την INTERREG Central Baltic (Ahlman,2016) αποτελείται από τρία στάδια.

1. Συνεργασία με εταιρείες logistics στην περιοχή της Βαλτικής που ουσιαστικά γίνεται η άμεση επαφή, η συνεργασία και η συνεχής υποστήριξη και ανατροφοδότηση με τις πραγματικές εταιρείες που θα συμμετέχουν σε αυτό το έργο. Η εργασία αυτή ανήκει στην εταιρεία με έδρα την Εσθονία με την επωνυμία Sensei LCC και είναι υπεύθυνη για τη συλλογή σχολίων από εταιρείες που είναι υπεύθυνες για τις μεταφορές.
2. Η ανάλυση των δεδομένων των εταιρειών που δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή blockchain. Το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο του Ταλίν είναι υπεύθυνο για αυτό το στάδιο. Το κύριο καθήκον είναι να δημιουργήσει μια δομή για τον τρόπο ανάλυσης των επιχειρησιακών δεδομένων που σχετίζονται με μετακινήσεις εμπορευμάτων στους διαδρόμους και να ανακαλύψει τα πραγματικά οφέλη από τη χρήση της εφαρμογής blockchain.



3. Τέλος, η ανάπτυξη και η υλοποίηση του έργου το οποίο είναι βασισμένο στην τεχνολογία blockchain που σχετίζεται με την ανάπτυξη του λογισμικού και την συγκέντρωση των απαραίτητων πληροφοριών. Η Kounola Innovation είναι υπεύθυνη για αυτό το στάδιο. Ο κύριος στόχος είναι να δημιουργηθούν τα εργαλεία λογισμικού και υλικού τόσο για τις εταιρείες όσο και για τα κοντέινερ για τη δημιουργία των σχετικών επιχειρησιακών πληροφοριών.

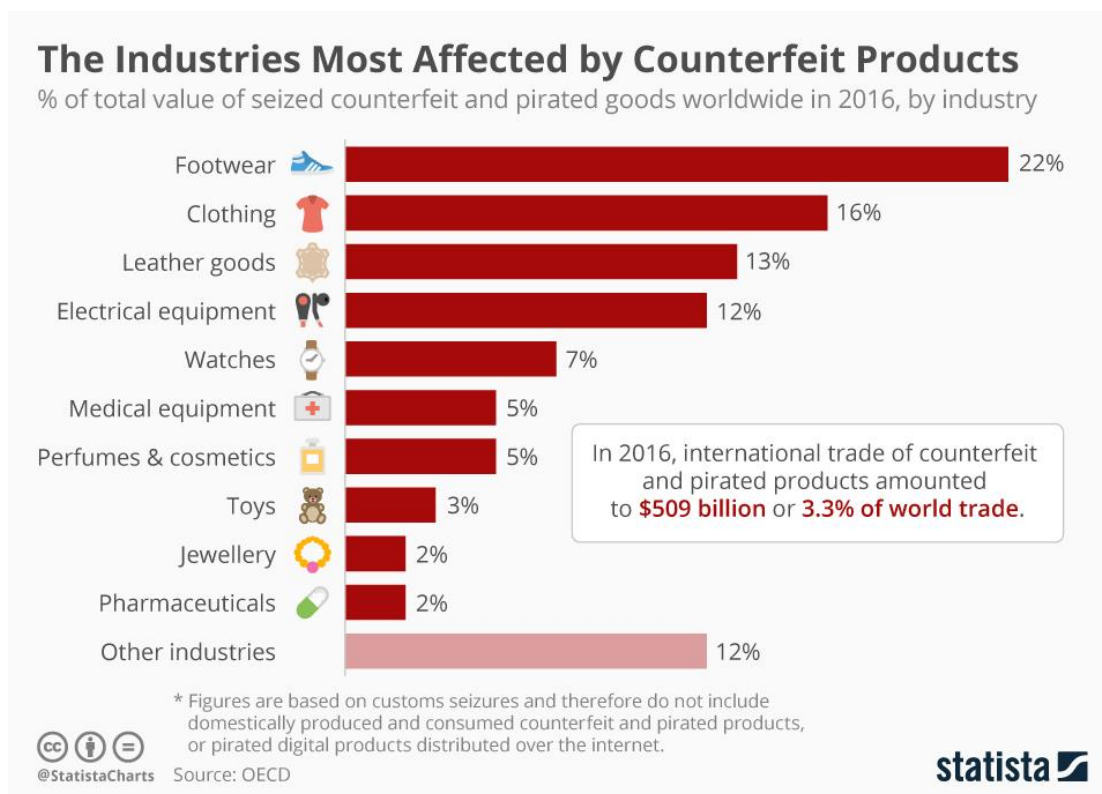
Η εφαρμογή του συγκεκριμένου project από την Kounola Innovation έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται ο χρόνος μεταφοράς ενός φορτίου. Αυτό συμβαίνει διότι μέσω της ταυτόχρονης και άμεσης διάδοσης της πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο, οι διαδικασίες που έως τώρα κυριαρχούσαν εκτύπωσης και αποστολής εγγράφων εξαλείφεται με αποτέλεσμα να υπάρχει καθοριστική μείωση των χρόνων. Μία πρόκληση την οποία καλείται να αντιμετωπίσει η Kounola Innovation είναι αυτή του ανταγωνισμού, διότι υπάρχουν δεκάδες εμπορικές λύσεις στην αγορά που χρηματοδοτούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και έχουν ως στόχο και οι ίδιες την βελτίωση της βιομηχανίας logistics.

## Κεφάλαιο 4. Blockchain και παραποίηση προϊόντων

### 4.1. Η παραποίηση προϊόντων

Στη σημερινή εποχή, το φαινόμενο της πειρατείας και της παραποίησης προϊόντων μαστίζει τη διεθνή κοινότητα, καθώς οι παράνομες επιχειρήσεις μέσω των οποίων αναπτύσσονται εγκληματικά δίκτυα είναι αναρίθμητες. Τα προϊόντα που παράγουν και διανέμουν οι παραχαράκτες είναι συχνά κατώτερα και μπορεί να είναι ακόμη και απειλητικά, θέτοντας κινδύνους στον τομέα της υγείας και της ασφάλειας της ζωής των ανθρώπων. Η παραχάραξη προϊόντων είναι ένα σημαντικό πρόβλημα, εμφανές σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών και κλιμάκων αλυσίδας εφοδιασμού. Η παραποίηση αυτή περιλαμβάνει προϊόντα όπως αυτοκίνητα, ηλεκτρονικά, φαρμακευτικά προϊόντα, ρούχα, ποτά κ.α. Οι παραχαράκτες μπορούν να κατασκευάσουν πολύπλοκες αλυσίδες εφοδιασμού και χρησιμοποιώντας τεχνολογία αιχμής, να παρακάμψουν χρόνια επενδύσεων μελέτης και έρευνας, δημιουργώντας παραποιημένα προϊόντα (Whitehead, M., 2003, Wald, J., & Holleran, J., 2007, Sangani, 2010). Σε πολλές περιπτώσεις, οι παραχαράκτες χρησιμοποιούν τις ίδιες τεχνολογίες με τις εταιρείες, τους ίδιους προμηθευτές και την ίδια ομάδα εργασίας με σκοπό να αποκτήσουν πρόσβαση σε μυστικές πληροφορίες και να απομνηθούν όσο το δυνατόν καλύτερα γίνεται (Haley, U.C.V., 2003, Trott, P. & Hoecht, A., 2007). Το μέγεθος και η επίδραση της παραποίησης στην παγκόσμια οικονομία είναι τεράστιες με αποτέλεσμα να απαιτείται ισχυρή δράση και λήψη μέτρων από τις κυβερνήσεις, τις επιχειρήσεις ακόμα και την κοινωνία. Παρόλο που το μέγεθος του προβλήματος είναι δύσκολο να μετρηθεί, επειδή μεγάλο μέρος της παραποιημένης δραστηριότητας δεν εντοπίζεται ή δεν αναφέρεται, το Counterfeit Intelligence Bureau (CIB) εκτιμά ότι η παραποίηση προϊόντων αντιπροσωπεύει μεγάλο ποσοστό του παγκόσμιου εμπορίου. Ωστόσο σύμφωνα με την τελευταία μέτρηση και τα στοιχεία που δημοσίευσε ο OECD (ΟΟΣΑ-Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης) βάση των τελωνειακών κατασχέσεων που πραγματοποιήθηκαν το 2016 η συνολική αξία των πειρατικών αντικειμένων που διαπραγματεύτηκαν διεθνώς το 2016 ανήλθε σε περισσότερα από 500 τρισεκατομμύρια δολάρια ή αλλιώς 3,3% του παγκόσμιου εμπορίου (OECD, 2016).





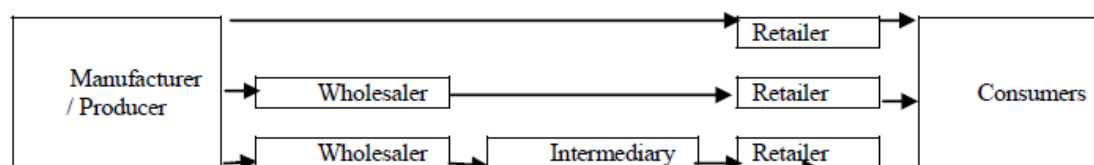
Εικόνα 24.: Ποσοστά παραποίησης προϊόντων ανά βιομηχανία (OECD,2016)

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, οι χώρες που επηρεάστηκαν περισσότερο από την παραχάραξη το 2016 ήταν οι Ηνωμένες Πολιτείες, των οποίων τα εμπορικά σήματα ή τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας αφορούσαν το 24% των κατασχεθέντων πλαστών προϊόντων, ακολουθούμενη από τη Γαλλία στο 17%, την Ιταλία (15%), την Ελβετία (11%) και τη Γερμανία (9 %). Ένας αυξανόμενος αριθμός επιχειρήσεων στη Σιγκαπούρη, το Χονγκ Κονγκ και τις αναδυόμενες οικονομίες όπως η Βραζιλία και η Κίνα γίνονται επίσης στόχοι. Η παραχάραξη αυξάνει το κόστος επιβολής του νόμου, μειώνει τα φορολογικά έσοδα, χρηματοδοτεί το οργανωμένο έγκλημα και την τρομοκρατία, υπονομεύει τη φήμη και βλάπτει την εμπιστοσύνη των πελατών. Τα τελευταία χρόνια, υπήρξε μια ανησυχητική επέκταση των τύπων προϊόντων που παραβιάστηκαν, από είδη πολυτελείας (όπως πολυτελή ρολόγια και ρούχα σχεδιαστών), σε αντικείμενα που επηρεάζουν την προσωπική υγεία και ασφάλεια (όπως φαρμακευτικά προϊόντα, τρόφιμα και ποτά, ιατρικός εξοπλισμός, είδη προσωπικής φροντίδας, παιχνίδια, καπνά και ανταλλακτικά αυτοκινήτων). Εν τω μεταξύ, στις αναπτυσσόμενες χώρες, χιλιάδες ασθενείς πιστεύεται ότι πέθαναν από πλαστά φάρμακα τα τελευταία χρόνια (Lister, 2006).

## 4.2. Παραποίηση προϊόντων και εφοδιαστική αλυσίδα

Σύμφωνα με τον Συνασπισμό του Εμπορικού Επιμελητηρίου των ΗΠΑ ( CASP,2006): «Πολλές πτυχές του προβλήματος παραποίησης είναι πέρα από τον έλεγχο των επιχειρήσεων. Αλλά ένας σημαντικός τομέας στον οποίο οι επιχειρήσεις μπορούν να ασκήσουν μεγάλο έλεγχο είναι η ασφάλεια της εφοδιαστικής αλυσίδας.» Επίσης, ο ίδιος ο Συνασπισμός του Εμπορικού Επιμελητηρίου παροτρύνει τις επιχειρήσεις να βελτιώσουν τα εσωτερικά τους συστήματα και να συντονιστούν με άλλους ενδιαφερόμενους, συμπεριλαμβανομένων υπεργολάβων και κυβερνητικών αρχών. Η διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού καθίσταται πολύ πιο περίπλοκη με την παγκοσμιοποίηση της βιομηχανίας και την εξέλιξη της τεχνολογίας που βασίζεται στο διαδίκτυο (Jarvis, L., 2005). Η απειλή της παραχάραξης προϊόντων θα πρέπει να αποτελεί σημαντικό ζήτημα κατά την επιλογή προμηθευτών. Οι προμηθευτές που κάθε επιχείρηση επιλέγει θα πρέπει να είναι πολλοί αξιόπιστοι και οι γνώσεις τους και ο βαθμός συσχέτισής τους με την διαδικασία παραγωγής των προϊόντων θα πρέπει να είναι συγκεκριμένος.

Οι διαδρομές μίας εφοδιαστικής αλυσίδας ενός παραποιημένου προϊόντος χωρίζονται σε 3 κατηγορίες οι οποίες παρουσιάζονται στην εικόνα και αναλύονται στη συνέχεια.



Εικόνα 25.: Οι 3 πιθανές διαδρομές παραποιημένου προϊόντος στην εφοδιαστική αλυσίδα (Alzahrani et al.,2018)



1. Η πρώτη διαδρομή και η πιο σύντομη είναι η λεγόμενη «απευθείας ανάντη επαφή» κατά την οποία ο μόνος κόμβος που μεσολαβεί μεταξύ του κατασκευαστή και του καταναλωτή είναι αυτός του πωλητή. Ο πωλητής, λοιπόν, σε αυτή την περίπτωση αγοράζει το παραχαραγμένο προϊόν απευθείας από τον κατασκευαστή και του διαθέτει στον καταναλωτή. Θεωρείται η πιο σπάνια αλυσίδα εφοδιασμού καθώς οι κατασκευαστές συνήθως συνεργάζονται με χονδρέμπορους οι οποίοι αγοράζουν μεγάλους όγκους και όχι με λιανοπωλητές πλαστών προϊόντων που αγοράζουν μικρότερες ποσότητες. Έτσι, η διαδρομή αυτή θεωρείται πιθανώς η διαδρομή όπου ρέει ο λιγότερος όγκος παραπονημένων προϊόντων.
2. Η δεύτερη διαδρομή της εφοδιαστικής αλυσίδας των παραπονημένων προϊόντων αποτελείται από 4 κόμβους: τον κατασκευαστή, τον χονδρέμπορο, τον λιανοπωλητή και τον καταναλωτή. Ο πιο σημαντικός κρίκος της αλυσίδας αυτής είναι ο χονδρέμπορος. Αυτή η περίπτωση θεωρείται η διαδρομή που ρέει το μεγαλύτερο μέρος των παραπονημένων προϊόντων. Η περίπτωση αυτή ακολουθεί την ίδια ροή με τις περισσότερες εφοδιαστικές αλυσίδες νόμιμων προϊόντων. Επίσης, ορισμένες φορές οι παραχαράκτες μπορεί να εφαρμόσουν τακτικές νόμιμου εμπορίου, όπως το να επιστρέψουν ορισμένα προϊόντα πίσω στους χονδρέμπορους τα οποία δεν πουλήθηκαν.
3. Στην Τρίτη και τελευταία διαδρομή ανάμεσα στον χονδρέμπορο και τον λιανοπωλητή υπάρχει και κάποιος ενδιάμεσος διαμεσολαβητής. Συνήθως αυτή η εφοδιαστική αλυσίδα παραπονημένων προϊόντων παρατηρείται στον τομέα της ένδυσης. Συνήθως ο διαμεσολαβητής είναι κάποιο άτομο ή μία ομάδα ατόμων όπου πιθανότατα δεν κατέχει νόμιμη επιχείρηση με τη μορφή καταχωρημένου καταστήματος. Έτσι, ακόμα και οι λιανοπωλητές παραπονημένων προϊόντων σπάνια εμπιστεύονται έναν διαμεσολαβητή γιατί δεν μπορεί να γνωρίζει με σιγουριά αν τα προϊόντα που θα παραλάβει είναι κλεμμένα.

### 4.3. Υπάρχουσες λύσεις αντιμετώπισης της παραποίησης προϊόντων

Στη σημερινή εποχή, οι περισσότερες παραδοσιακές αλυσίδες εφοδιασμού, με σκοπό να αντιμετωπίσουν το φαινόμενο της παραποίησης προϊόντων, χρησιμοποιούν τεχνολογίες όπως ταυτοποίηση ραδιοσυχνοτήτων RFID, ετικέτες NFC και έναν διακομιστή ελέγχου ταυτότητας. Η αρχιτεκτονική των παραδοσιακών εφοδιαστικών αλυσίδων δημιουργεί πολλά προβλήματα. Πρώτον, ο διακομιστής αναλαμβάνει τεράστιο φορτίο επεξεργασίας. Δεύτερον, απαιτείται σημαντικός χώρος αποθήκευσης για την καταχώρηση όλων των σχετικών με τα προϊόντα αρχείων. Και τέλος, όπως κάθε κεντρικό σύστημα, οι παραδοσιακές αλυσίδες εφοδιασμού έχουν ένα πιθανό σημείο αποτυχίας. Επιπλέον, οι εφοδιαστικές αλυσίδες σήμερα προσπαθούν να εξασφαλίσουν αξιοπιστία χρησιμοποιώντας ασφαλείς συσκευές παρακολούθησης όπως GPS tracker. Χρησιμοποιούν το GPS προκειμένου να παρακολουθούν την τοποθεσία ενός προϊόντος και όταν αυτό φτάσει σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία τότε αποδεσμεύουν την πληρωμή. Ωστόσο, αυτό το μέτρο ασφάλειας μπορεί εύκολα να παραβιαστεί. Χακάρωντας το GPS tracker, μπορεί να εμφανιστεί μια λανθασμένη τοποθεσία με αποτέλεσμα να ενεργοποιηθεί η πληρωμή χωρίς το προϊόν να παραδοθεί πραγματικά. Οι παραχαράκτες προϊόντων, δυστυχώς, διαθέτουν στα χέρια τους υψηλή τεχνολογία με αποτέλεσμα να αποτελούν σοβαρό κίνδυνο παραβίασης των αλυσίδων εφοδιασμού.

Υπάρχουν τρεις κοινές επιθέσεις παραποίησης προϊόντων:

1. Η τροποποίηση των πληροφοριών που παρέχει η ετικέτα ενός προϊόντος, όπως αλλαγή της ημερομηνίας λήξης.
2. Η κλωνοποίηση των στοιχείων της ετικέτας ενός γνήσιου προϊόντος με σκοπό τη χρήση τους σε ετικέτα πλαστού προϊόντος.
3. Η αφαίρεση της γνήσιας ετικέτας από ένα αυθεντικό προϊόν και η τοποθέτηση της σε ένα παραποιημένο.

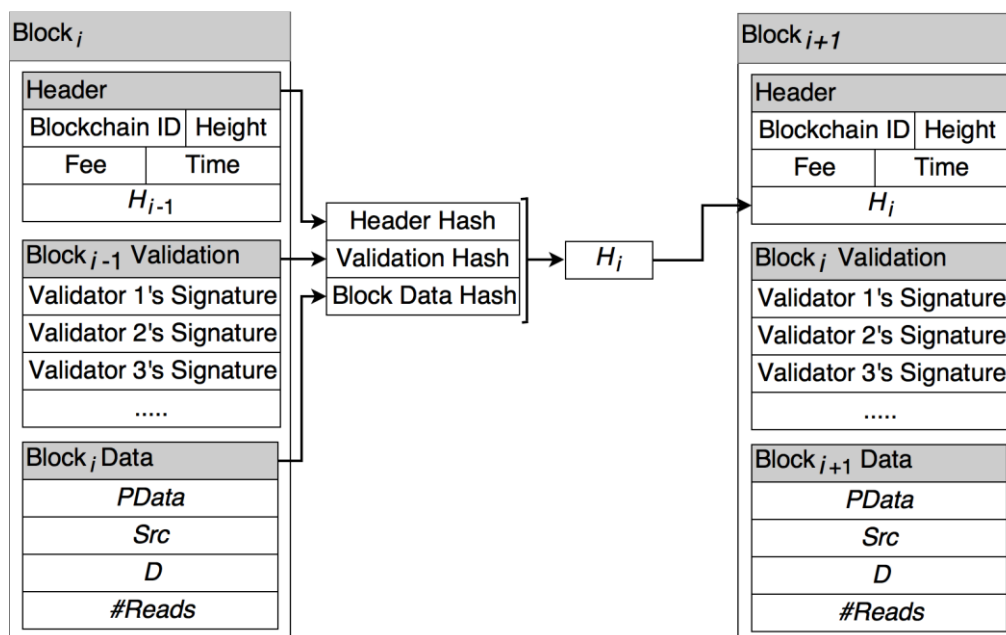
#### 4.4. Blockchain και παραποίηση προϊόντων

Για να ξεπεραστούν, οι παραποιήσεις των προϊόντων και τα προβλήματα που προκύπτουν λόγω του αυξημένου κινδύνου, η τεχνολογία blockchain ξεχωρίζει ως τη λύση για τη δημιουργία μίας αποκεντρωμένης, διαφανής, αξιόπιστης και ασφαλής αλυσίδας εφοδιασμού. Μέσω της τεχνολογίας blockchain τα θέματα συγκεντρωτισμού ξεπερνιούνται καθώς δεν υπάρχει κάποιος κεντρικός διακομιστής παρακολούθησης αλλά όλοι οι κόμβοι του δικτύου μπορούν να παρακολουθούν τα προϊόντα. Επιπλέον μέσω του blockchain μπορούν να ανιχνεύονται οι τρεις πιθανοί τρόποι παραποίησης (τροποποίηση, κλωνοποίηση και επανεφαρμογή ετικετών) με τη συμμετοχή των κόμβων στη διαφανή αυτή διαδικασία. Ακόμη, η εφαρμογή του blockchain, δίνει τη δυνατότητα στους καταναλωτές να ελέγχουν ποιο προϊόν επιλέγουν να αγοράσουν. Από τη στιγμή που ο λιανοπωλητής διαθέτει τα προϊόντα του στην αγορά, οι καταναλωτές μπορούν μέσω των κινητών τους τηλεφώνων να σκανάρουν το RFID των προϊόντων και να επαληθεύσουν την προέλευση του προϊόντος και αν τελικά θέλουν να το αγοράσουν. Μία ακόμα δυνατότητα που προσφέρεται στους καταναλωτές, είναι, ότι μπορούν να δουν μέσω της τεχνολογίας blockchain αν η ιδιοκτησία του προϊόντος το οποίο είναι έτοιμοι να αγοράσουν, ανήκει στον λιανοπωλητή που τους το πουλάει.

Σημαντική λειτουργία, επίσης η οποία παρέχεται από την τεχνολογία blockchain είναι τα έξυπνα συμβόλαια, τα οποία είναι ορατά στους κόμβους της αλυσίδας. Μέσω των smart contracts, η ιδιοκτησία του προϊόντος περνάει από τον ένα κόμβο της εφοδιαστικής αλυσίδα στον άλλον, καθώς το προϊόν ρέει κατά μήκος αυτής. Έτσι, ακόμα και αν οι ετικέτες RFID μπορούν να κλωνοποιηθούν, η ιδιοκτησία των προϊόντων δεν μπορεί να αλλάξει και έτσι οι πελάτες μπορούν να διακρίνουν εάν ένα προϊόν είναι κλεμμένο ή όχι. Όσον αφορά, λοιπόν, τις ετικέτες NFC ή RFID που τοποθετούνται στα προϊόντα, ακολουθούνται δύο βασικά στάδια από τα οποία πρέπει να περάσει ένα προϊόν στην εφοδιαστική αλυσίδα. 1) το στάδιο της αρχικοποίησης και 2) το στάδιο της επαλήθευσης. Ο αρχικός κόμβος της αλυσίδας εφοδιασμού, δηλαδή κατασκευαστής των προϊόντων είναι υπεύθυνος για την φάση της προετοιμασίας/αρχικοποίησης των προϊόντων και της τοποθέτησης των ετικετών ενώ οι υπόλοιποι κόμβοι της αλυσίδας που ακολουθούν συμμετέχουν στη διαδικασία επαλήθευσης της γνησιότητας των προϊόντων.

## Φάση Αρχικοποίησης

Η πρώτη φάση είναι υπεύθυνη για την προετοιμασία των λεπτομερειών ενός προϊόντος καθώς και την αποθήκευση αυτών των πληροφοριών στην ετικέτα του εκάστοτε προϊόντος. Κάθε ετικέτα έχει ένα αναγνωριστικό ετικέτας (TID) και έναν μετρητή. Η λειτουργία του μετρητή είναι να καταγράφει τις φορές που η συγκεκριμένα ετικέτα του προϊόντος διαβάζεται από έναν κόμβο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Κατά αυτόν τον τρόπο κρατιέται ένα ιστορικό των αναγνώσεων του προϊόντος με ακριβή ημερομηνία. Η φάση της αρχικοποίησης αφορά αποκλειστικά τον κατασκευαστή του προϊόντος ο οποίος σχηματίζει τα δεδομένα του προϊόντος (PData), τα οποία περιλαμβάνουν τις εξής πληροφορίες : το μοναδικό αναγνωριστικό του προϊόντος (PID), το όνομα του προϊόντος (PName) και την ημερομηνία λήξης του προϊόντος (PEpiryDate). Στη συνέχεια, ο κατασκευαστής υπογράφει ψηφιακά τα δεδομένα του προϊόντος και τα καταχωρεί στην ετικέτα μαζί με την υπογραφή του. Μόλις η ετικέτα ολοκληρωθεί, ο κατασκευαστής δημιουργεί ένα genesis block το οποίο έχει την εξής μορφή:



Εικόνα 26.: Η δομή των block κατά την φάση της αρχικοποίησης (Alzahrani et al.,2018)

Κάθε block περιέχει τρία μέρη. Πρώτον, την επικεφαλίδα του block (block header) η οποία περιλαμβάνει τα παρακάτω: το ID του blockchain , το ύψος του block (παραγγελία), το χρηματικό ποσό που πρέπει να καταβληθεί, την ημερομηνία και τον κατακερματισμό του προηγούμενου block. Το δεύτερο μέρος που περιέχεται στο block του προϊόντος, είναι, η



επικύρωση του προηγούμενου block ( οι υπογραφές επικύρωσης δηλαδή), η οποία αποδεικνύει την εγκυρότητα του block. Στο τρίτο μέρος του block περιέχονται τα δεδομένα των προϊόντων (PData), η διεύθυνση του κόμβου αποστολής τα προϊόντα (Src), η διεύθυνση του κόμβου παραλαβής των προϊόντων (D) και ο τρέχοντας αριθμός αναγνώσεων της ετικέτας του προϊόντος (#Reads). Τέλος, ο κατασκευαστής μεταδίδει το γενετικό block σε όλους τους κόμβους της εφοδιαστικής αλυσίδας και αποστέλλει το προϊόν στον επόμενο κόμβο.

### Φάση Επαλήθευσης

Η φάση της επαλήθευσης πραγματοποιείται από τους κόμβους του blockchain. Καθώς ένα προϊόν ρέει σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού το blockchain ενημερώνεται κάθε φορά που το προϊόν μεταφέρεται στον επόμενο κόμβο της αλυσίδας. Έτσι, ύστερα από κάθε επιμέρους συναλλαγή που ολοκληρώνεται επιτυχώς και επικυρώνεται ως ασφαλής, ένα αντίγραφο της συναλλαγής μοιράζεται σε όλους του κόμβους που αποτελούν μέρος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Όταν ένας κόμβος λαμβάνει ένα προϊόν εκτελείται έλεγχος της ταυτότητας του προϊόντος. Κατά τον έλεγχο αυτόν ο κόμβος επικυρώνει το προϊόν, τοπικά, διαβάζοντας την ετικέτα του προϊόντος και επαληθεύοντας τα δεδομένα του προϊόντος (PData) που είναι καταχωρημένα σε αυτήν. Εφόσον η επαλήθευση αυτή είναι επιτυχής, τότε ο κόμβος ελέγχει εάν το PData της ετικέτας του προϊόντος που έχει στα χέρια του είναι το ίδιο με το PData της τελευταίας συναλλαγής που πραγματοποιήθηκε μέσω του αντίγραφου που του έχει σταλεί από την προηγούμενη συναλλαγή. Μετά και από αυτήν την επαλήθευση ο κόμβος μπορεί να εντοπίσει την επίθεση τροποποίησης του προϊόντος. Στη συνέχεια ακολουθεί ο έλεγχος κλωνοποίησης του προϊόντος. Η διαδικασία αυτή στηρίζεται στον έλεγχο και την ταυτοποίηση του PID του προϊόντος και το TID της ετικέτας με τα αντίστοιχα τους από την προηγούμενη συναλλαγή. Έτσι, αν παρατηρηθεί αναντιστοιχία μεταξύ των ID των δύο συναλλαγών, ο κόμβος αντιλαμβάνεται ότι το προϊόν έχει κλωνοποιηθεί και δεν είναι το αυθεντικό. Τέλος, ο τελευταίος έλεγχος που αφορά την επανεφαρμογή ετικετών πραγματοποιείται μέσω των #Reads. Συγκρίνονται λοιπόν οι αναγνώσεις στον αυτόματο μετρητή της ετικέτας ( μείον ένα για να αποκληθεί η ανάγνωση του τρέχοντος κόμβου) με τις αναγνώσεις που είναι αποθηκευμένες στο τελευταίο block. Αν ο αριθμός είναι ίδιος τότε δεν έχουν μεσολαβήσει παράνομες αναγνώσεις.

#### 4.4. Εφαρμογές blockchain κατά της παραποίησης προϊόντων

Στη σημερινή εποχή, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η παραποίηση προϊόντων και η απόπειρα ενσωμάτωσης μη αυθεντικών προϊόντων στην εφοδιαστική αλυσίδα συνεχώς και αυξάνεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να πλήττονται από εταιρείες μέχρι και ολόκληρα κράτη και να θίγεται η αξιοπιστία και ο έλεγχος τον οποίο παρέχουν. Η δυσπιστία και η αμφιβολία των μελών μια εφοδιαστικής αλυσίδας εντείνεται και το πρόβλημα συνεχώς και μεγαλώνει. Η τεχνολογία blockchain με τις εφαρμογές τις και τις τεχνικές τις οποίες παρέχει θεωρείται η πλέον κατάλληλη μέθοδος αντιμετώπισης της όποιας παρανομίας και απειλής. Έτσι, αρχίζει σιγά σιγά να εγκαθιδρύεται στους κύκλους της παγκόσμιας βιομηχανίας και να λύνει σοβαρά ζητήματα παραχάραξης προϊόντων. Όλο και περισσότερες εταιρείες αρχίζουν να δοκιμάζουν πιλοτικές εφαρμογές της τεχνολογίας blockchain και να εκμεταλλεύονται τις σύγχρονες μεθόδους της. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες εφαρμογές οι οποίες αναλύονται στη συνέχεια.

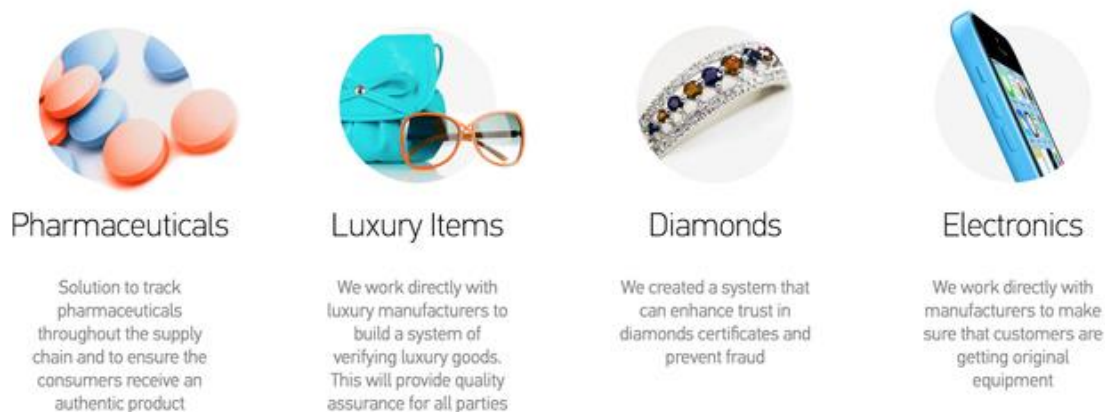
- Blockverify
- Provenance
- Everledger

##### 4.4.1. Blockverify

Το Blockverify είναι μία λύση blockchain κατά της παραχάραξης προϊόντων. Αναπτύχθηκε από την Venture Proxy Ltd., έναν οργανισμό που ιδρύθηκε το 2014 και εδρεύει στο Λονδίνο (Bloomberg, 2016). Το Blockverify προσφέρει λύσεις παγκοσμίως για τον εντοπισμών πλαστών προϊόντων και χρησιμοποιώντας την τεχνολογία blockchain επιτρέπει στις εταιρείες να παρακολουθούν την πορεία των προϊόντων του δια μέσω της εφοδιαστικής αλυσίδας (Block Verify, 2016). Οι κύριοι τομείς στους οποίους επικεντρώνεται η συγκεκριμένη πλατφόρμα, είναι τα είδη πολυτελείας, τα διαμάντια, τα ηλεκτρονικά είδη και κυρίως τα φαρμακευτικά προϊόντα των οποίων η παραποίηση θεωρείται και η πιο σημαντική καθώς έχει τεράστιες επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων. Κάθε εταιρεία η οποία επιλέγει την τεχνολογία του Blockverify να παρακολουθεί τα προϊόντα της, τοποθετεί σε κάθε της προϊόν



μία ετικέτα Blockverify και μέσω της ετικέτας παρακολουθείται κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού.



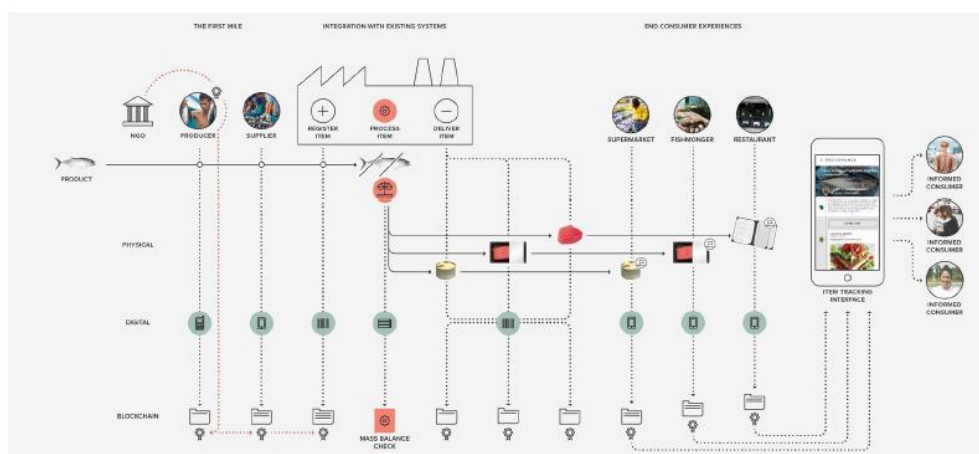
Εικόνα 27.: Τομείς εφαρμογής του Blockverify

Πηγή: [www.steemit.com](http://www.steemit.com)

Ο κάθε κόμβος της εφοδιαστικής αλυσίδας ο οποίος σχετίζεται με το μαρκαρισμένο από την Blockverify ετικέτα προϊόν μπορεί να ελέγξει την προέλευση του προϊόντος. Οι λιανοπωλητές πριν διαθέσουν το προϊόν στο καταναλωτή μπορούν σκανάροντας την ετικέτα του να παρακολουθήσουν το ιστορικό του και να συγκρίνουν τις πληροφορίες με τις αντίστοιχες που έχουν προκύψει από τους προηγούμενους κόμβους της αλυσίδας. Μόλις ένα προϊόν αγοραστεί από τον καταναλωτή, μπορεί και ο ίδιος να επαληθεύσει την προέλευση αυτού και με τη σειρά του να ενεργοποιήσει την ιδιοκτησία του προϊόντος. Όλες οι συναλλαγές που πραγματοποιούνται και αποθηκεύονται στο blockchain δεν μπορούν να καταστραφούν ακόμα και από τους ίδιους τους κατασκευαστές του προϊόντος, εξασφαλίζοντας διαφάνεια και αποτρέποντας την πειρατεία. Το Blockverify βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο αλλά η εφαρμογή του έχει ξεκινήσει ήδη μέσω ενός πιλοτικού προγράμματος σε μία βρετανική θυγατρική μίας ελβετικής φαρμακευτικής εταιρείας (Buntinx, J.P., 2015).

#### 4.4.2. Provenance

Η Provenance αναπτύχθηκε από την Project Provenance Ltd. και είναι μία ακόμα blockchain λύση που παρακολουθεί την προέλευση των προϊόντων και επικεντρώνεται στην ανίχνευση και τη διαφάνεια τους (Berez, Y. B., 2016) Και αυτή η λύση επιτρέπει την ανίχνευση του ιστορικού ενός προϊόντος, ξεκινώντας από την παραγωγή συμπεριλαμβάνει όλα τα στάδια από τα οποία διαρρέει το προϊόν μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα (Project Provenance Ltd., 2016). Η διαδικασία της Provenance είναι απλή. Οι εταιρείες που σκοπεύουν να τη χρησιμοποιήσουν, πρέπει να εγγραφούν στην πλατφόρμα της και να προσθέσουν τα προϊόντα τους καθώς και το ιστορικό τους. Κάθε φυσικό προϊόν πρέπει να χαρακτηρίζεται από ένα μοναδικό αναγνωριστικό, το οποίο επιτρέπει στους πελάτες να ελέγχουν ψηφιακά την ιστορία του προϊόντος. Η provenance χρησιμοποιεί το Ethereum blockchain το οποίο είναι ένα είδος δημόσιου blockchain μη περιοριστικό, όπου κάθε καταναλωτής μπορεί να γίνει εξουσιοδοτημένος κόμβος του blockchain και να παρακολουθεί έτσι την πορεία των προϊόντων.



Εικόνα 28.: Η εφαρμογή του blockchain μέσω της Provenance (Provenance,2016)

Η Provenance πραγματοποίησε ένα πιλοτικό έργο στην Ινδονησία για να καταστεί δυνατή η ανιχνευσιμότητα της προέλευσης του τόνου στη βιομηχανία της αλιείας, μία βιομηχανία που είναι γνωστή για την παραβίαση της. Το project περιελάμβανε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση, παραγωγός (δηλαδή ψαράς) που αλιεύει έναν τόνο το καταγράφει μέσω ενός απλού SMS. Αυτόματα ένα νέο στοιχείο δημιουργείται στο blockchain της Provenance. Στη συνέχεια, ο προμηθευτής των τόνων ενημερώνεται για αυτή την ενέργεια και αντιστοιχεί κάθε ψάρι με

το προφίλ του ψαρά που το έχει αλιεύσει. Η δεύτερη φάση του πιλότου ασχολείται με την περαιτέρω πορεία του τόνου, την επεξεργασία του και την μεταφορά του στους υπόλοιπους κόμβους της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η τελική φάση του project επικεντρώθηκε στους καταναλωτές και στον τρόπο με τον οποίο αυτοί μπορούν να ενημερώνονται για την προέλευση του τόνου που αγοράζουν από το κατάστημα. Σε αυτή τη φάση, ετικέτες NFC τοποθετούνται σε κάθε ψάρι ξεχωριστά οι οποίες ακολουθούν το ψάρι στο κατάστημα στο οποίο πωλούνται, ακόμα και μέχρι το εστιατόριο. Πλέον, ο καταναλωτής μπορεί μέσω ενός έξυπνου τηλεφώνου να σαρώσει την ετικέτα και όλο το ιστορικό του τόνου να εμφανιστεί. Το project αυτό πραγματοποιήθηκε τους πρώτους έξι μήνες του 2016 με επιτυχία. Η ευελιξία που μπορεί να παρέχει στη βιομηχανία αλιείας η Provenance μέσω της τεχνολογίας Blockchain είναι σημαντική, διότι τα θαλάσσια εμπορεύματα προέρχονται από εκατοντάδες σκάφη, γεγονός που καθιστά τον πλήρη ποιοτικό έλεγχο δύσκολο έργο. Υπάρχει έλλειψη εποπτείας και χώρες όπως η Ινδονησία χαρακτηρίζονται επίσης από διαφθορά στη βιομηχανία τόνου. Συμπερασματικά, η εφαρμογή τεχνικών blockchain μπορεί να σταματήσει τις ανήθικες και παράνομες πρακτικές, την υπεραλίευση και την καταπάτηση των ανθρωπίνων δικαιωμάτων (Hannam, 2017).

#### 4.4.3. Everledger

Πρόκειται για μία start-up εταιρεία η οποία ξεκίνησε από το Λονδίνο με στόχο την καταπολέμηση της απάτης (Lomas, N., 2015). Η Everledger χρησιμοποιεί τεχνολογία blockchain και δεν στοχεύει μόνο στους ιδιοκτήτες προϊόντων αλλά και σε ασφαλιστικές εταιρείες. Επί του παρόντος επικεντρώνεται στα διαμάντια με μελλοντικό σκοπό να επεκταθεί σε άλλα είδη πολυτελείας - είδη υψηλής αξίας - των οποίων η προέλευση βασίζεται σε έντυπα πιστοποιητικά και αποδείξεις που μπορούν εύκολα να χαθούν ή να αλλοιωθούν. Η επαλήθευση των διαμαντιών καταγράφεται στο blockchain και οι ασφαλιστικές εταιρείες, οι ιδιοκτήτες ακόμα και η αστυνομία μπορούν εύκολα να ελέγξουν αν τα διαμάντια έχουν επαληθευτεί από την Everledger. Ο κύριος στόχος είναι να προσφερθούν ψηφιακά πιστοποιητικά για την πρόληψη της απάτης, καθώς μια μελέτη ισχυρίζεται ότι το 67% των απατών ασφαλιστικών απαιτήσεων δεν εντοπίζονται. Το θετικό που έχουν τα διαμάντια απέναντι σε όλα τα υπόλοιπα προϊόντα, είναι ότι δεν χρειάζονται κάποια ετικέτα αναγνώρισης της αυθεντικότητας και της προέλευσής τους, καθώς τα



διαμάντια από τη φύση τους είναι μοναδικά και η αυθεντικότητα τους μπορεί να προσδιοριστεί από φυσικά χαρακτηριστικά. Η Everledger έχει δημιουργήσει σχέσεις με τις μεγαλύτερες εταιρείες πιστοποιητικών στις ΗΠΑ, το Ισραήλ, την Ινδία και την Αμβέρσα. Οι εταιρείες αυτές βαθμολογούν και πιστοποιούν κάθε διαμάντι για την αγορά. Το Everledger παίρνει αυτά τα δεδομένα και δημιουργεί μια ψηφιακή εγγραφή «DNA» που περιλαμβάνει τα 4Cs (χρώμα, περικοπή, διαύγεια, βάρος καράτια), 14 σημεία αναφοράς μεταδεδομένων και τον μοναδικό κωδικό αναγνώρισης για κάθε πέτρα. Με αυτές τις πληροφορίες, ο Everledger ξέρει ποιος κατέχει ποιο διαμάντι και πού βρίσκεται. Μπορεί ακόμη και να εντοπίσει την κίνηση διαμαντιών σε πλατφόρμες όπως το eBay και το Amazon καθώς αγοράζονται και πωλούνται. Το κίνητρο για την ασφάλιση των ασφαλιστικών εταιρειών είναι η μείωση της απάτης στις απαιτήσεις και η κάλυψη του κόστους που σχετίζεται με την πληρωμή των απαιτήσεων. Η Everledger παρέχει επίσης μια πλατφόρμα έξυπνων συμβολών για τη διευκόλυνση της μεταβίβασης ιδιοκτησίας διαμαντιών, με σκοπό να βοηθήσει τους ασφαλιστές στην ανάκτηση αντικειμένων που έχουν αναφερθεί ως χαμένα ή έχουν κλαπεί. Για να διασφαλιστεί η αυθεντικότητα των δεδομένων και να εξακολουθεί να επιτρέπει smart contracts, η Everledger συνδυάζει ιδιωτικά blockchain με δημόσια blockchain. Επίσης υπάρχουν σχέδια για την υποστήριξη του blockchain Ethereum, μόλις αυτό ξεπεράσει το στάδιο δοκιμής (Everledger, 2016).

## Κεφάλαιο 5. Τελικά Συμπεράσματα

### 5.1. Σύνοψη Εργασίας

Στη παρούσα διπλωματική εργασία, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των εφοδιαστικών αλυσίδων στην παγκόσμια βιομηχανία τη σημερινή εποχή, τα προβλήματα τα οποία αντιμετωπίζουν και τις ανάγκες για υιοθέτηση νέων μεθόδων εφαρμογής. Η εν λόγω εργασία, επικεντρώθηκε στην τεχνολογία blockchain και τις εφαρμογές τις οποίες έχει στις εφοδιαστικές αλυσίδες της παγκόσμιας βιομηχανίας. Αρχικά, έγινε μία παρουσίαση των δομικών στοιχείων που αποτελούν την τεχνολογία blockchain, ανάλυση των βασικών λειτουργιών που την αποτελούν και των πλεονεκτημάτων που αυτή προσφέρει στο σύνολο των επιχειρήσεων. Στη συνέχεια, διερευνήθηκε η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας και παρουσιάστηκαν μελέτες περιπτώσεων σε εταιρείες όπως η Walmart, IBM, Maersk, CargoX, Bext360 και Kounola Innovation. Επίσης, αναλύθηκε το φαινόμενο της παραποίησης προϊόντων κατά μήκος των εφοδιαστικών αλυσίδων των εταιρειών. Αναφέρθηκαν οι κίνδυνοι που συνοδεύουν το φαινόμενο αυτό και παρουσιάστηκε ο τρόπος με τον οποίο η τεχνολογία blockchain μπορεί να καταπολεμήσει την παραχάραξη των προϊόντων. Τέλος, παρουσιάστηκαν εφαρμογές blockchain απέναντι στην παραποίηση προϊόντων όπως αυτές της Provenance, Everledger και Blockverify.

### 5.2. Βασικά Συμπεράσματα

Η τεχνολογία blockchain αποτελεί μία σύγχρονη επαναστατική τεχνολογία η οποία συνεχώς αναπτύσσεται, μπορεί να εφαρμοστεί με διαφορετικούς τρόπους και να προσφέρει αμέτρητα οφέλη σε αυτούς που θα την εμπιστευτούν. Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain παρέχει οφέλη στις παγκόσμιες εφοδιαστικές αλυσίδες όπως ενισχυμένη ασφάλεια λόγω των διαδικασιών συναίνεσης και των αντίγραφων των συναλλαγών που διαμοιράζονται σε όλους τους κόμβους του δικτύου, μειωμένα κόστη λόγω αποφυγής διαμεσολαβητών ή κεντρικών μονάδων αποθήκευσης δεδομένων, βελτιωμένη ιχνηλασιμότητα εξαιτίας της διαφάνειας και της ορατότητας όλων των πληροφοριών, όπως και βελτιωμένη αποθήκευση και ανταλλαγή δεδομένων. Ωστόσο, υπάρχουν και σημαντικές προκλήσεις που αφορούν την τεχνολογία blockchain και θα πρέπει να αντιμετωπισθούν.



Τέτοιου είδους προκλήσεις είναι η υψηλή κατανάλωση ενέργειας η οποία απαιτείται για την ολοκλήρωση της διαδικασίας του mining, οι ανησυχίες ενσωμάτωσης των εταιρειών στην νέα αυτή τεχνολογία, οι δυσκολίες μαζικής συγκέντρωσης όλων των ενδιαφερόμενων και η ομαλή επικοινωνία μεταξύ τους και τέλος, τα ανθρώπινα λάθη κατά την δημιουργία των block, καθώς η τεχνολογία blockchain χαρακτηρίζεται θεωρείται αμετάβλητη και οι πληροφορίες που καταγράφονται δεν μπορούν να διορθωθούν. Στη συνέχεια, εξετάζοντας τις εταιρείες που εφάρμοσαν στην εφοδιαστική τους αλυσίδα την τεχνολογία blockchain, συμπεραίνουμε ότι διάφοροι τομείς της εφοδιαστικής αλυσίδες μπορούν να επηρεαστούν θετικά από την τεχνολογία, όπως οι ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των κόμβων του δικτύου, οι μεταξύ τους πληρωμές, η γρήγορη δημιουργία συμβολέων, η εξοικονόμηση χρόνου και η ιχνηλασιμότητα των προϊόντων με σκοπό την ενδυνάμωση των δεσμών των συμβαλλόμενων κόμβων, τη δημιουργία σχέσεων αξιοπιστίας και εμπιστοσύνης και την προφύλαξη των δικαιωμάτων τους. Τέλος, εξετάζοντας την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στις εφοδιαστικές αλυσίδες με σκοπό την καταπολέμηση του φαινομένου της παραποίησης προϊόντων, συμπεράναμε ότι παρόλο που οι περισσότερες εφαρμογές στο συγκεκριμένο πεδίο είναι ακόμη πειραματικές, η ιχνηλασιμότητα και η διαφάνεια που παρέχει η τεχνολογία αυτή μπορούν να καταστούν πολέμιοι του φαινομένου και να διαφυλάξουν την ασφάλεια των εταιρειών, τα δικαιώματα των εργαζομένων αλλά και την υγεία των καταναλωτών.



## References

Acharjamayum, I., Patgiri, R. and Devi, D., 2018. Blockchain: A Tale of Peer to Peer Security. *2018 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*,.

Acheson, N., 2020. *Bitcoin 101 - Coindesk*. [online] CoinDesk. Available at: <<https://www.coindesk.com/information/how-bitcoin-mining-works>> [Accessed 25 June 2020].

Ahlman, R. 2016. Finnish City Partners with IBM to Validate Blockchain Application in Logistics.[online] Cointelegraph. Available at: <<https://cointelegraph.com/news/>>[Accessed 02 Apr. 2017].

Antonopoulos, A., 2017. *Mastering Bitcoin*. O'Reilly Media, Incorporated.

Arnade, C., Kuchler, F. and Calvin, L., 2015. The changing role of consumers and suppliers in a food safety event: the 2006 foodborne illness outbreak linked to spinach. *Applied Economics*, 48(25), pp.2354-2366.

Badev, A. and Chen, M., 2014. Bitcoin: Technical Background and Data Analysis. *SSRN Electronic Journal*,.

Barak, B., 2017. The Complexity of Public-Key Cryptography. *Tutorials on the Foundations of Cryptography*, pp.45-77.

Bauerle, N., 2020. *Blockchain 101 - Coindesk*. [online] CoinDesk. Available at: <<https://www.coindesk.com/information/what-is-a-distributed-ledger>> [Accessed 26 June 2020].

Biazetti, A., 2019. *Setting Trade Free With Permissions*. [online] Tradelens.com. Available at: <<https://www.tradelens.com/post/setting-trade-free-with-permissions>> [Accessed 26 June 2020].

*Bitcoin Magazine*, 2017. Innovation Percolates When Coffee Meets the Blockchain. [online] Available at: <<https://www.nasdaq.com/articles/innovation-percolates-when-coffee-meets-the-blockchain-2017-04-17>> [Accessed 3 July 2020].

Bloomberg.com. 2017. *Bloomberg - Are You A Robot?*. [online] Available at: <<https://www.bloomberg.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=531637748>> [Accessed 3 July 2020].

Bottemiller, H., 2020. *IBM And China Team Up To Build Pork Traceability System | Food Safety News*. [online] Food Safety News. Available at: <<https://www.foodsafetynews.com/2011/12/ibm-and-china-team-up-to-build-pork-traceability-system/>> [Accessed 26 June 2020].

Bunge, J., 2020. *How To Satisfy The World'S Surging Appetite For Meat*. [online] WSJ. Available at: <<https://www.wsj.com/articles/how-to-satisfy-the-worlds-surging-appetite-for-meat-1449238059>> [Accessed 26 June 2020].



- Buntinx, J., 2020. *Block Verify Turns Bitcoin Into A Life-Saving Technology - Bitcoinist.Com*. [online] Bitcoinist.com. Available at: <<https://bitcoinist.com/block-verify-turns-bitcoin-life-saving-technology/>> [Accessed 26 June 2020].
- Buterin, V., 2020. [online] Blockchainlab.com. Available at: <[https://blockchainlab.com/pdf/Ethereum\\_white\\_paper-a\\_next\\_generation\\_smart\\_contract\\_and\\_decentralized\\_application\\_platform-vitalik-buterin.pdf](https://blockchainlab.com/pdf/Ethereum_white_paper-a_next_generation_smart_contract_and_decentralized_application_platform-vitalik-buterin.pdf)> [Accessed 26 June 2020].
- Corrales, M., Fenwick, M. and Haapio, H., n.d. *Legal Tech, Smart Contracts And Blockchain*.
- Daisyme, P. and Daisyme, P., 2020. *Issues With Blockchain Security - Due*. [online] Due. Available at: <<https://due.com/blog/issues-blockchain-security/>> [Accessed 26 June 2020].
- Davis, D. and Lafferty, T., 2002. Digital rights management: implications for libraries. *The Bottom Line*, 15(1), pp.18-23.
- Fisher, W., 2020. *The Importance Of Food Traceability*. [online] Food Safety Magazine. Available at: <<https://www.foodsafetymagazine.com/enewsletter/the-importance-of-food-traceability/>> [Accessed 26 June 2020].
- Gale, F., 2017. *China'S Pork Imports Rise Along With Production Costs*. [ebook] Available at: <[https://www.researchgate.net/publication/312587107\\_China%27s\\_Pork\\_Imports\\_Rise\\_Along\\_with\\_Production\\_Costs](https://www.researchgate.net/publication/312587107_China%27s_Pork_Imports_Rise_Along_with_Production_Costs)> [Accessed 26 June 2020].
- Haley, U., 2003. Assessing and controlling business risks in China. *Journal of International Management*, 9(3), pp.237-252.
- Halim, R., Kirstein, L., Merk, O. and Martinez, L., 2018. Decarbonization Pathways for International Maritime Transport: A Model-Based Policy Impact Assessment. *Sustainability*, 10(7), p.2243.
- Hannam, K., 2020. *This Emerging Tech Company Has Put Asia's Tuna On The Blockchain*. [online] Forbes. Available at: <<https://www.forbes.com/sites/keshiahannam/2016/09/30/this-emerging-tech-company-has-put-asias-tuna-on-the-blockchain/#dd6ecab2649a>> [Accessed 26 June 2020].
- Ibm.com. 2020. *Hyperledger - Open Source Blockchain For Business - IBM Blockchain*. [online] Available at: <<https://www.ibm.com/blockchain/hyperledger>> [Accessed 26 June 2020].
- Jarvis, L., 2005. *Pharma Evaluates Supply Chain Integrity*. [ebook] Available at: <[https://www.researchgate.net/publication/291155883\\_Pharma\\_evaluates\\_supply\\_chain\\_integrity](https://www.researchgate.net/publication/291155883_Pharma_evaluates_supply_chain_integrity)> [Accessed 26 June 2020].
- Jessi, B., Jutta, S. and Wood, G., 2020. *Provenance White Paper*. [ebook] Available at: <<https://www.provenance.io/documents/provenance-whitepaper-052519.pdf>> [Accessed 26 June 2020].
- Johnson, D., Menezes, A. and Vanstone, S., 2001. The Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA). *International Journal of Information Security*, 1(1), pp.36-63.





Kamilaris, A., Fonts, A. and Prenafeta-Boldú, F., 2019. The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. *Trends in Food Science & Technology*, 91, pp.640-652.

Kolodny, L., 2017. Bext360 is using robots and the blockchain to pay coffee farmers fairly. [Blog] Available at: <<https://techcrunch.com/2017/04/11/bext360-is-using-robots-and-the-blockchain-to-pay-coffee-farmers-fairly/>> [Accessed 3 July 2020].

Larson, P. and Rogers, D., 1998. Supply Chain Management: Definition, Growth and Approaches. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 6(4), pp.1-5.

Lindman, J., Tuunainen, V. and Rossi, M., 2017. Opportunities and Risks of Blockchain Technologies: A Research Agenda. *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences (2017)*,.

Lomas, N., 2020. *Techcrunch Is Now A Part Of Verizon Media*. [online] Techcrunch.com. Available at: <<https://techcrunch.com/2015/06/29/everledger/>> [Accessed 26 June 2020].

Manaadiar, H., 2018. *A Review Of Cargox's Blockchain Based Smart Bill Of Lading And How It Works...* [online] Shipping and Freight Resource. Available at: <<https://www.shippingandfreightresource.com/cargox-blockchain-based-smart-bill-of-lading/>> [Accessed 26 June 2020].

Mittwoch, 2017. Propentus provides trust in SmartLog –the project for IoT blockchain solution in logistics industry.[online]. Propentus. Available at: <<https://www.propentus.com/de/propentus/>>[Accessed 02 Apr. 2017].

Morana, J., 2016. Supply chain and traceability. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 17(1), pp.1-2.

Nakamoto, N., 2017. Centralised Bitcoin: A Secure and High Performance Electronic Cash System. *SSRN Electronic Journal*,.

Novotny, P., Zhang, Q., Hull, R., Baset, S., Laredo, J., Vaculin, R., Ford, D. and Dillenberger, D., 2018. Permissioned blockchain technologies for academic publishing. *Information Services & Use*, 38(3), pp.159-171.

Oecd.org. 2020. *Trade In Fake Goods Is Now 3.3% Of World Trade And Rising - OECD*. [online] Available at: <<https://www.oecd.org/newsroom/trade-in-fake-goods-is-now-33-of-world-trade-and-rising.htm>> [Accessed 26 June 2020].

Patrick, K., 2020. *Buzzword Of The Year: Blockchain*. [online] Supply Chain Dive. Available at: <<https://www.supplychaindive.com/news/buzzword-of-the-year-blockchain/511022/>> [Accessed 26 June 2020].

Peng, S., 2020. [online] Cis.upenn.edu. Available at: <<https://www.cis.upenn.edu/wp-content/uploads/2019/08/EAS499BitcoinThesis-StarryPeng.pdf>> [Accessed 26 June 2020].

Pilkington, M., 2020. *Blockchain Technology: Principles And Applications*. [online] Poseidon01.ssrn.com. Available at: <<https://poseidon01.ssrn.com/delivery.php?ID=5100700861110860821211270140890211170520350530800910160220651160090950651060990310930430530240380050010550880>>



19069083001001083041021059082052101116124127002027011028048047004068122029083120027076082030119120005020095000069101029026023031109026094024&EXT=pdf > [Accessed 26 June 2020].

Sangani, K., 2010. Buyer beware [consumer counterfeits]. *Engineering & Technology*, 5(7), pp.28-31.

Schollmeier, R., n.d. A definition of peer-to-peer networking for the classification of peer-to-peer architectures and applications. *Proceedings First International Conference on Peer-to-Peer Computing*,.

Shields, L., Norton, T. and Beier, J., 2014. *A GUIDE TO TRACEABILITY*. [ebook] USA. Available at: <[https://www.bsr.org/reports/BSR\\_UNGC\\_Guide\\_to\\_Traceability.pdf](https://www.bsr.org/reports/BSR_UNGC_Guide_to_Traceability.pdf)> [Accessed 26 June 2020].

Singh, A. and Kulkarni, V., 2019. Bitcoin—Upsides, Downsides and Bone of Contention—A Deep Dive. *Theoretical Economics Letters*, 09(05), pp.1383-1392.

Smith, D., 2006. Design and management concepts for high care food processing. *British Food Journal*, 108(1), pp.54-60.

Terzi, S. and Stamelos, I., 2020. [online] Spiceconference.com. Available at: <[http://www.spiceconference.com/Presentations\\_2018/Permissioned%20Blockchains%20and%20Smart%20Contracts%20into%20Agile%20Software%20Processes%20-%20Spice%20Conference%202018.pdf](http://www.spiceconference.com/Presentations_2018/Permissioned%20Blockchains%20and%20Smart%20Contracts%20into%20Agile%20Software%20Processes%20-%20Spice%20Conference%202018.pdf)> [Accessed 26 June 2020].

Tijan, E., Aksentijević, S., Ivanić, K. and Jardas, M., 2019. Blockchain Technology Implementation in Logistics. *Sustainability*, 11(4), p.1185.

Tiwari, T., 2020. *PROFIT ALERT: Walmart Is Adopting The Blockchain Right Now... - Palm Beach Research Group*. [online] Palm Beach Research Group. Available at: <<https://www.palmbeachgroup.com/palm-beach-daily/profit-alert-walmart-is-adopting-the-blockchain-right-now/>> [Accessed 26 June 2020].

Tripoli, M. and Schmidhuber, J., 2018. *Emerging Opportunities For The Application Of Blockchain In The Agri-Food Industry*. [ebook] Available at: <<http://www.fao.org/3/CA1335EN/ca1335en.pdf>> [Accessed 26 June 2020].

Trüeb, H., n.d. *Smart Contracts*.

UK Government Chief Scientific Adviser 2016. *Distributed Ledger Technology*. London: Government Office for Science.

Verhoeven, P., Sinn, F. and Herden, T., 2018. Examples from Blockchain Implementations in Logistics and Supply Chain Management: Exploring the Mindful Use of a New Technology. *Logistics*, 2(3), p.20.

Wald, J. and Holleran, J., 2007. Counterfeit Products and Faulty Supply Chain. *Risk Management*, [online] Available at: <<https://www.questia.com/magazine/1P3-1255455851/counterfeit-products-and-faulty-supply-chain>> [Accessed 26 June 2020].



Wright, A. and De Filippi, P., 2015. Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia. *SSRN Electronic Journal*,.

Xu, X., Pautasso, C., Zhu, L., Gramoli, V., Ponomarev, A., Tran, A. and Chen, S., 2016. The Blockchain as a Software Connector. *2016 13th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture (WICSA)*,.

Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S. and Smolander, K., 2016. Where Is Current Research on Blockchain Technology?—A Systematic Review. *PLOS ONE*, 11(10), p.e0163477.