



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)

ΨΗΦΙΑΚΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
ΚΑΙ ΝΕΟΦΥΗΣ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ
ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗ



Blockchain & Εφοδιαστική Αλυσίδα Ανάλυση με Μελέτες Περίπτωσης

Καρπετής Δημήτριος

3272020015, icsdm720015@icsd.aegean.gr

Επιβλέπων: Καθηγητής, Χαραλαμπίδης Γιάννης

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2023

Η Διπλωματική Εργασία παρουσιάστηκε ενώπιον
του Διδακτικού Προσωπικού του Πανεπιστημίου Αιγαίου & του Εθνικού
Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Σε Μερική Εκπλήρωση των απαιτήσεων για την απόκτηση του μεταπτυχιακού
διπλώματος ειδίκευσης «Ψηφιακή Καινοτομία και Νεοφυής
Επιχειρηματικότητα»

Η ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΩΝ
ΕΠΙΚΥΡΩΝΕΙ ΤΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ
ΚΑΡΠΕΤΗ ΔΗΜΗΤΡΗ

Χαραλαμπίδης Γιάννης, Επιβλέπων

Καθηγητής

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών
και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Κοντός Γεράσιμος, Μέλος

Αναπληρωτής Καθηγητής

Abu Dhabi University

Αλεξόπουλος Χαράλαμπος, Μέλος

Επίκουρος Καθηγητής

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών
και Επικοινωνιακών Συστημάτων

© 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΚΑΡΠΕΤΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Πρόλογος

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, στην οποία οφείλεται η έως τώρα σταδιοδρομία μου, έχοντάς τους πάντα δίπλα μου και υποστηρίζοντάς με σε κάθε μου επιλογή.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης την κοπέλα μου, τους φίλους μου και τους συνεργάτες μου που βρίσκονται πάντα στο πλευρό μου και με στηρίζουν σε κάθε δυσκολία που αντιμετωπίζω αλλά και που δείχνουν κατανόηση σε περιόδους άγχους και αυξημένου φόρτου εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κύριο Γεράσιμο Κοντό για όλη τη βοήθεια και την καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Γνωμικό

The best way to predict the future is to create it.

Ο καλύτερος τρόπος να προβλέψεις το μέλλον είναι να το δημιουργήσεις.

Peter Drucker, 1909 – 2005

Περίληψη

Με το παγκόσμιο εμπόριο συνεχώς να εξελίσσεται, οι εφοδιαστικές αλυσίδες διαφόρων βιομηχανιών τείνουν να γίνονται ολοένα και πιο πολύπλοκες. Η πολυπλοκότητα αυτή ενέχει κάποιους κινδύνους και προκλήσεις, που οι παραδοσιακές εφοδιαστικές αλυσίδες αργά ή γρήγορα θα πρέπει να αντιμετωπίσουν ή αντιμετωπίζουν ήδη. Μερικές από αυτές τις προκλήσεις είναι η έλλειψη διαφάνειας, η περιορισμένη ιχνηλασιμότητα, η αναποτελεσματική διαχείριση αποθεμάτων, ο αυξημένος κίνδυνος παραποίησης προϊόντων, η έλλειψη υπευθυνότητας και εμπιστοσύνης, οι δυσκίνητες τελωνειακές διαδικασίες και η δυσκολία ασφαλούς ανταλλαγής δεδομένων. Αυτές οι προκλήσεις συχνά οδηγούν σε ασυμμετρία πληροφοριών, καθυστερήσεις, λάθη και υψηλότερα κόστη. Η τεχνολογία του blockchain, βασισμένη στις αρχές της κρυπτογράφησης (cryptography), της αποκέντρωσης (decentralization) και της συναίνεσης (consensus), έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στον κλάδο της εφοδιαστικής αλυσίδας επιλύοντας ή βελτιώνοντας ζητήματα σαν και αυτά. Παρόλα αυτά, προκλήσεις όπως η συνεργασία, η ευρεία υιοθέτηση, η θέσπιση κοινών προτύπων, η αντιμετώπιση ζητημάτων διασφάλισης προστασίας προσωπικών δεδομένων πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά για την επιτυχή εφαρμογή μίας τέτοιας λύσης. Παρά τις προκλήσεις αυτές, το blockchain προσφέρει σημαντικά οφέλη που μπορούν να οδηγήσουν σε βελτιωμένες διαδικασίες, μειωμένο κόστος και ενισχυμένη εμπιστοσύνη στο οικοσύστημα της αλυσίδας εφοδιασμού. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση της τεχνολογίας του blockchain καθώς και ο προσδιορισμός των διαφόρων οφελών και των προβλημάτων που μπορεί να λύσει σε διαδικασίες που αφορούν την εφοδιαστική αλυσίδα ενός οργανισμού ή ολόκληρων βιομηχανιών αλλά και των προκλήσεων που έχει να αντιμετωπίσει. Αυτό θα επιτευχθεί μέσω έρευνας και μελέτης περιπτώσεων (case studies) εταιριών / οργανισμών / βιομηχανιών που χρησιμοποιούν ή εξετάζουν τη χρήση της τεχνολογίας του blockchain στις διαδικασίες που αφορούν τις εφοδιαστικές τους αλυσίδες.

Λέξεις - Κλειδιά: blockchain, web3, δίκτυα ομότιμων κόμβων, τεχνολογία κατακεντημένου καθολικού, εφοδιαστική αλυσίδα, διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας, μελέτη περίπτωσης Walmart – IBM Food Trust, μελέτη περίπτωσης Tony's Chocolonely – BeanTracker, μελέτη περίπτωσης De Beers – Tracr, μελέτη περίπτωσης Maersk – TradeLens, μελέτη περίπτωσης Renault – XCEED, μελέτη περίπτωσης SkyCell, μελέτη περίπτωσης BHP, παραδείγματα πραγματικών εφαρμογών blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα

Abstract

Blockchain & Supply Chain. Cross Case Study Analysis

With global trade constantly evolving, the supply chains of various industries tend to become increasingly complex. This complexity entails some risks and challenges, which traditional supply chains sooner or later will have to face or are already facing. Some of these challenges are lack of transparency, limited traceability, inefficient inventory management, increased risk of product counterfeiting, lack of accountability and trust, cumbersome customs procedures and difficulty in secure data exchange. These challenges often lead to information asymmetry, delays, errors and higher costs. Blockchain technology, based on the principles of cryptography, decentralization and consensus, has the potential to revolutionize the supply chain industry by solving or improving issues like these. However, challenges such as collaboration, widespread adoption, establishing common standards, addressing privacy assurance issues must be carefully considered for the successful implementation of such a solution. Despite these challenges, blockchain offers significant benefits that can lead to improved processes, reduced costs, and enhanced trust in the supply chain ecosystem. The purpose of this thesis is to analyze blockchain technology as well as to identify the various benefits and problems it can solve in processes related to the supply chain of an organization or entire industries but also the challenges it has to face. This will be achieved through research of case studies of companies / organizations / industries that use or are considering the use of blockchain technology in their supply chain processes.

Keywords: blockchain, web3, peer-to-peer networks, distributed ledger technology, supply chain, supply chain management, Walmart – IBM Food Trust case study, Tony's Chocolonely – BeanTracker case study, De Beers – Tracr case study, Maersk – TradeLens case study, Renault – XCEED case study, SkyCell case study, BHP case study, examples of real blockchain applications in the supply chain

Πίνακας Περιεχομένων

1.	Εισαγωγή.....	11
1.1	Το πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας.....	11
1.2	Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας	12
1.3	Αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας.....	12
1.4	Δομή.....	13
2.	Εφοδιαστική αλυσίδα (supply chain)	14
2.1	Ορισμός Εφοδιαστικής αλυσίδας.....	14
2.2	Διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	15
2.3	Ψηφιοποίηση διαδικασιών εφοδιαστικής αλυσίδας	18
3.	Η τεχνολογία του Blockchain.....	20
3.1	Αρχιτεκτονική δικτύου ομότιμων κόμβων.....	20
3.2	Ορισμός Blockchain.....	21
3.3	Web3.....	22
3.4	Τρόπος λειτουργίας Blockchain.....	24
3.5	Τύποι Blockchain.....	30
3.6	Οφέλη Blockchain	33
4.	Μελέτες περίπτωσης.....	35
4.1	Walmart – IBM Food Trust.....	35
4.2	Tony's Chocolonely – BeanTracker.....	39
4.3	De Beers – Tracr.....	42
4.4	Maersk – TradeLens.....	44
4.5	Renault – XCEED.....	48
4.6	SkyCell.....	51
4.7	BHP.....	54
4.8	Περισσότερα έργα και εφαρμογές.....	59
5.	Συμπεράσματα.....	61
6.	Αναφορές.....	69

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Η ροή της εφοδιαστικής αλυσίδας, υιοθετήθηκε από [5]	15
Εικόνα 2: Σύγκριση δικτύου πελάτη-διακομιστή και δικτύου ομότιμων κόμβων, υιοθετήθηκε από [11].....	21
Εικόνα 3: Το Blockchain σαν ένας κατάλογος εγγραφών, υιοθετήθηκε από [16]	22
Εικόνα 4: Η εξέλιξη του Διαδικτύου, υιοθετήθηκε από [19].....	23
Εικόνα 5: Το περιεχόμενο των μπλοκ, υιοθετήθηκε από [16]	24
Εικόνα 6: Τρόπος καταχώρισης μίας συναλλαγής στο blockchain, υιοθετήθηκε από [24]	28
Εικόνα 7: Τα πέντε επίπεδα του blockchain, υιοθετήθηκε από [26]	29
Εικόνα 8: Τύποι blockchain, υιοθετήθηκε από [29].....	32
Εικόνα 9: Walmart, η ανίχνευση προέλευσης των μάνγκο από 7 ημέρες σε 2.2 δευτερόλεπτα, υιοθετήθηκε από [33]	36
Εικόνα 10: Χρονοδιάγραμμα μελέτης περίπτωσης Walmart, υιοθετήθηκε από [33].....	37
Εικόνα 11: Παράδειγμα εντοπισμού προέλευσης προϊόντων χοιρινού κρέατος μέσω της πλατφόρμας IBM Food Trust, υιοθετήθηκε από [47]	39
Εικόνα 12: Tony's Open Chain, υιοθετήθηκε από [51]	40
Εικόνα 13: Tony's BeanTracker, υιοθετήθηκε από [53]	42
Εικόνα 14: Οι τεχνολογίες της πλατφόρμας Tracr, υιοθετήθηκε από [55].....	43
Εικόνα 15: Τα πλεονεκτήματα της πλατφόρμας Tracr, υιοθετήθηκε από [55].....	44
Εικόνα 16: Η αρχιτεκτονική της πλατφόρμας TradeLens, υιοθετήθηκε από [58]	45
Εικόνα 17: Τρόπος λειτουργίας της πλατφόρμας TradeLens, υιοθετήθηκε από [59]	46
Εικόνα 18: Τα κιβώτια υψηλής τεχνολογίας της SkyCell, υιοθετήθηκε από [69]	52
Εικόνα 19: Το blockchain στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας, υιοθετήθηκε από [85], [86].....	65
Εικόνα 20: Περιοχές εφαρμογής της εφοδιαστικής αλυσίδας ανά αριθμό έργων, υιοθετήθηκε από [87].....	66
Εικόνα 21: Ποσοστό έργων ανά τύπο οργανισμού με την πάροδο των χρόνων, υιοθετήθηκε από [87].....	67
Εικόνα 22: Ποσοστό έργων ανά τομέα εφαρμογής και τύπο οργανισμού [87].....	68

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Σύγκριση Permissionless και Permissioned Blockchain.....	30
Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα και σενάρια χρήσης ανά τύπο blockchain	32
Πίνακας 3: Περισσότερα έργα και εφαρμογές blockchain εφαρμοσμένα στην εφοδιαστική αλυσίδα	59

Συντομογραφίες

POC	Proof of Concept
AI	Artificial Intelligence
IoT	Internet of Things
DLT	Distributed Ledger Technology
P2P	Peer-to-peer

1. Εισαγωγή

1.1 Το πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας

Οι εφοδιαστικές αλυσίδες (supply chains) συνδέουν τον κόσμο είτε σε μικρότερες κλίμακες είτε σε μεγαλύτερες εδώ και πολλά χρόνια. Πριν την πρώτη βιομηχανική επανάσταση ήταν συνήθως περιορισμένες σε τοπικό επίπεδο. Έκτοτε, με την πάροδο των χρόνων υπήρξε μία συνεχής βελτίωση των διαδικασιών με σημαντικό παράγοντα να αποτελεί η εισαγωγή των υπολογιστών και άλλων τεχνολογιών στις δεκαετίες του 1960 και του 1970, που επέτρεψαν την πιο αποτελεσματική και βελτιωμένη διαχείριση των αλυσίδων εφοδιασμού. Σήμερα, η σωστή διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει γίνει ουσιαστικό μέρος των επιχειρηματικών λειτουργιών, βοηθώντας τις εταιρείες να διαχειριστούν τον κίνδυνο, να μειώσουν το κόστος και να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα στις αλυσίδες εφοδιασμού τους. [1]

Παρά την συνεχή εξέλιξη, οι διαδικασίες που αποτελούν μία εφοδιαστική αλυσίδα εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν κάποια προβλήματα αλλά και κάποιες προκλήσεις, όπως είναι η κακή ορατότητα και παρακολούθησή τους, οι διαταραχές που μπορεί να προκύψουν λόγω φυσικών καταστροφών, πανδημιών, γεωπολιτικών γεγονότων και άλλων παραγόντων αλλά και η κακή συνεργασία και επικοινωνία των επιμέρους τμημάτων / ατόμων / φορέων / οργανισμών που αποτελούν την εκάστοτε εφοδιαστική αλυσίδα. Άλλη μία σημαντική πρόκληση είναι η ίδια τους η πολυπλοκότητα που πολλές φορές αντιμετωπίζουν οι αλυσίδες εφοδιασμού παγκόσμιας κλίμακας καθώς αποτελούνται από πολλούς προμηθευτές και μεσάζοντες. Επιπλέον, παράγοντες όπως η αύξηση του κόστους των πρώτων υλών αλλά και της ενέργειας και κατ' επέκταση του κόστους μεταφοράς φορτίων απειλούν την διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας της κάθε εταιρίας καθώς δημιουργείται η ανάγκη για αύξηση της αποτελεσματικότητάς με όσο το δυνατόν μικρότερο κόστος. [2]

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και φτάνοντας στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση (Industry 4.0), την οποία διανύει ο πλανήτης κατά την περίοδο συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας, τεχνολογίες όπως το blockchain, το διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things ή IoT), η τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence ή AI) θα έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην εξέλιξη των διαφόρων οργανισμών και των διαδικασιών τους σύμφωνα με έρευνα που διεξήγαγε η Deloitte [3]. Επιπροσθέτως, ο συνδυασμός αυτών των τεχνολογιών όπου είναι εφικτό μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στη βελτίωση των διαδικασιών διαφόρων οργανισμών και ειδικά των διαδικασιών που αφορούν τη διαχείριση της εφοδιαστικής τους αλυσίδας. Για παράδειγμα, η χρήση αισθητήρων IoT μπορεί να συλλέξει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την κατάσταση των προϊόντων, τα οποία μπορούν να καταγραφούν στο blockchain για να δημιουργήσουν ένα αμετάβλητο και αδιάψευστο αρχείο. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση του τεράστιου όγκου δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες και την παροχή πληροφοριών σχετικά με τις

λειτουργίες της αλυσίδας εφοδιασμού, τον εντοπισμό προτύπων και την πρόβλεψη πιθανών ζητημάτων και κινδύνων. Ο συνδυασμός αυτών των τεχνολογιών μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της ορατότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας, στη μείωση των αποβλήτων και της αναποτελεσματικότητας, στη βελτίωση της διαφάνειας και της ιχνηλασιμότητας και στη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τις κανονιστικές απαιτήσεις. Η συνεργιστική επίδραση αυτών των τεχνολογιών μπορεί να οδηγήσει στην καινοτομία, να αυξήσει την αποτελεσματικότητα, να δημιουργήσει νέα επιχειρηματικά μοντέλα που δεν ήταν δυνατά πριν καθώς και να αναπτύξει συστήματα επόμενης γενιάς με πολύ περισσότερες λειτουργίες και δυνατότητες από τα υπάρχοντα.

1.2 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση της τεχνολογίας του blockchain καθώς και ο προσδιορισμός των διαφόρων οφελών που έχει στη διαχείριση των εφοδιαστικών αλυσίδων διαφόρων βιομηχανιών αλλά και των προκλήσεων που έχει να αντιμετωπίσει. Η τεχνολογία του blockchain, βασισμένη στις αρχές της κρυπτογράφησης (cryptography), της αποκέντρωσης (decentralization) και της συναίνεσης (consensus), δημιουργεί ένα εξαιρετικά ασφαλές σύστημα που είναι σχεδόν αδύνατο να παραβιαστεί. Όσον αφορά τις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, συστήματα σαν και αυτά επιλύουν προβλήματα ή βελτιώνουν ζητήματα που αφορούν την διαφάνεια, την ιχνηλασιμότητα, την υπευθυνότητα, την εμπιστοσύνη, την ασφάλεια και την αποδοτικότητα. Όλα αυτά επιτυγχάνονται παρέχοντας έναν πιο αποτελεσματικό τρόπο διεξαγωγής συναλλαγών και αποθήκευσης δεδομένων, προσφέροντας ενισχυμένη ασφάλεια, μεγαλύτερη διαφάνεια, άμεση ιχνηλασιμότητα, αυξημένη αποτελεσματικότητα και ταχύτητα, καθώς και αυτοματοποίηση διαδικασιών μέσω αυτοεκτελούμενων αρχείων κώδικα που ονομάζονται «έξυπνα συμβόλαια» (smart contracts).

Παρά τα ποικίλα οφέλη που προσφέρουν συστήματα βασισμένα στην τεχνολογία του blockchain, υπάρχουν συχνά προκλήσεις οι οποίες θα πρέπει να αντιμετωπιστούν. Τέτοιες προκλήσεις είναι οι υψηλές επενδυτικές απαιτήσεις σε τεχνολογία και υποδομές, η άρνηση των εμπλεκόμενων για συνεργασία και υιοθέτηση, η διασύνδεση με υπάρχοντα συστήματα και το απόρρητο των δεδομένων. Υπάρχουν περιπτώσεις καινοτόμων έργων που είχαν την δυνατότητα να μετασηματίσουν ολόκληρη τη βιομηχανία στην οποία δραστηριοποιόντουσαν, αλλά παρόλα αυτά δεν κατάφεραν να παραμείνουν στην αγορά και ο κυριότερος λόγος ήταν η έλλειψη συνεργασίας και ευρείας υιοθέτησης από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη της βιομηχανίας αυτής.

1.3 Αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα πραγματοποιηθεί ανάλυση της τεχνολογίας του blockchain καθώς επίσης θα παρουσιαστούν τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας αυτής

και τα προβλήματα που μπορεί να λύσει σε διαδικασίες που αφορούν την εφοδιαστική αλυσίδα ενός οργανισμού ή ολόκληρων βιομηχανιών. Αυτό θα επιτευχθεί μέσω έρευνας και μελέτης περιπτώσεων (case studies) εταιριών / οργανισμών / βιομηχανιών που χρησιμοποιούν ή εξετάζουν τη χρήση της τεχνολογίας του blockchain στις διαδικασίες που αφορούν τις εφοδιαστικές τους αλυσίδες. Μετά την λεπτομερή ανάλυση της κάθε μελέτης περίπτωσης ξεχωριστά, θα γίνει σύμπτυξη των οφελών αλλά και των προκλήσεων της τεχνολογίας στις διαδικασίες αυτές, με τελικό στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων.

1.4 Δομή

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Το πρώτο πρόκειται για εισαγωγικό κεφάλαιο το οποίο παρουσιάζει περιληπτικά για το τι επρόκειτο να αναλυθεί στην συνέχεια της εργασίας καθώς και τον σκοπό της ο οποίος είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων για τη χρήση της τεχνολογίας του blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα μέσω ανάλυσης μελετών περίπτωσης. Στη συνέχεια, στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζονται βασικοί ορισμοί και έννοιες της εφοδιαστικής αλυσίδας καθώς επίσης αναλύεται η σημαντικότητα της ψηφιοποίησης των διαδικασιών που αποτελούν μία εφοδιαστική αλυσίδα. Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται αντίστοιχα βασικές έννοιες, ορισμοί και το γενικότερο θεωρητικό υπόβαθρο της τεχνολογίας του blockchain, καθώς επίσης περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας του, οι διάφοροι τύποι blockchain και τα διάφορα οφέλη της τεχνολογίας αυτής. Έπειτα, στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται και αναλύονται διάφορες μελέτες περίπτωσης οργανισμών και επιχειρήσεων διαφόρων κλάδων και βιομηχανιών που χρησιμοποιούν ή εξετάζουν την χρήση της τεχνολογίας του blockchain στις εφοδιαστικές τους αλυσίδες. Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η εξαγωγή και η αναλυτική παρουσίαση των συμπερασμάτων για τη χρήση της τεχνολογίας του blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα, βάσει των μελετών περίπτωσης που προηγήθηκαν στο τέταρτο κεφάλαιο, εφαρμόζοντας τη θεωρία του δευτέρου και του τρίτου κεφαλαίου.

2. Εφοδιαστική αλυσίδα (supply chain)

2.1 Ορισμός Εφοδιαστικής αλυσίδας

Με τον όρο «εφοδιαστική αλυσίδα» (supply chain) περιγράφεται ένα ολόκληρο δίκτυο ατόμων, οργανισμών, πόρων, δραστηριοτήτων και τεχνολογιών που εμπλέκονται στην παραγωγή και διανομή προϊόντων και υπηρεσιών από το σημείο προέλευσης έως το σημείο κατανάλωσής τους. Μία εφοδιαστική αλυσίδα περιλαμβάνει όλα τα στάδια και τις διαδικασίες που εμπλέκονται στην παροχή ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας στον τελικό πελάτη. Περιλαμβάνει δηλαδή την προμήθεια των πρώτων υλών, την κατασκευή ή παραγωγή, την αποθήκευση και τη διανομή και τέλος, την παράδοση στον τελικό πελάτη / καταναλωτή. Τα βασικά στοιχεία μιας αλυσίδας εφοδιασμού είναι:

1. Προμηθευτές (Suppliers): Είναι οι οντότητες ή τα φυσικά πρόσωπα που παρέχουν τις πρώτες ύλες, εξαρτήματα ή υπηρεσίες που απαιτούνται για την παραγωγή ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Οι προμηθευτές αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της εφοδιαστικής αλυσίδας και μπορούν να βρίσκονται σε τοπικό ή παγκόσμιο επίπεδο, ανάλογα με τη φύση της επιχείρησης.
2. Κατασκευαστές ή παραγωγοί (Manufacturers): Είναι υπεύθυνοι για τη μετατροπή των πρώτων υλών ή των εξαρτημάτων σε τελικά προϊόντα μέσω διαφόρων διαδικασιών παραγωγής. Παίζουν καθοριστικό ρόλο στην προσθήκη αξίας στα υλικά και στην εξασφάλιση ποιοτικού ελέγχου.
3. Χονδρέμποροι ή διανομείς (Distributers): Ενεργούν ως μεσάζοντες μεταξύ κατασκευαστών και λιανοπωλητών. Αγοράζουν προϊόντα χύμα από κατασκευαστές και στη συνέχεια τα διανέμουν σε λιανοπωλητές ή άλλες επιχειρήσεις. Μπορούν επίσης να χειριστούν εργασίες που αφορούν τη διαχείριση αποθέματος, τη συσκευασία και τη μεταφορά.
4. Λιανοπωλητές (Retailers): Είναι οι οντότητες που πωλούν τα προϊόντα απευθείας στους καταναλωτές ή στους τελικούς πελάτες. Διαχειρίζονται φυσικά καταστήματα, διαδικτυακές πλατφόρμες ή συνδυασμό και των δύο. Οι έμποροι λιανικής διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στη διασφάλιση ότι τα προϊόντα φτάνουν στους τελικούς πελάτες μέσω των καναλιών διανομής τους.
5. Πελάτες (Customers): Είναι οι τελικοί αποδέκτες των προϊόντων ή των υπηρεσιών εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας. Μπορεί να είναι άτομα ή επιχειρήσεις που καταναλώνουν ή χρησιμοποιούν τα προϊόντα ή τις υπηρεσίες για δικούς τους σκοπούς.

Συνεπώς, μια αλυσίδα εφοδιασμού είναι ένα πολύπλοκο δίκτυο διασυνδεδεμένων οντοτήτων και διαδικασιών που συνεργάζονται για την παροχή προϊόντων και υπηρεσιών στους πελάτες, που εκτείνεται από την αρχική προμήθεια πρώτων υλών έως την κατανάλωση από τον τελικό πελάτη. [4]



Εικόνα 1: Η ροή της εφοδιαστικής αλυσίδας, υιοθετήθηκε από [5]

2.2 Διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας

Προκειμένου να διασφαλιστεί η αποτελεσματική ροή των προϊόντων και των υπηρεσιών, η ακριβής διαχείριση αποθεμάτων, η έγκαιρη παράδοση και η ικανοποίηση των πελατών, απαιτούνται κάποιες διαχειριστικές διαδικασίες. Η αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (supply chain management ή SCM) περιλαμβάνει τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων, τη συνεργασία και τον συντονισμό μεταξύ των διαφορετικών οντοτήτων και διαδικασιών που εμπλέκονται. Στόχος είναι η βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας για την επίτευξη οικονομικής αποδοτικότητας, την ελαχιστοποίηση των διαταραχών, τη βελτίωση της ανταπόκρισης και την κάλυψη των απαιτήσεων των πελατών.

Συνεπώς με τον όρο «διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας» περιγράφεται η κεντρική διαχείριση της ροής αγαθών, προϊόντων και υπηρεσιών και περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες που μετατρέπουν τις πρώτες ύλες σε τελικά προϊόντα. Τα πέντε πιο κρίσιμα στοιχεία της διαχείρισης μίας εφοδιαστικής αλυσίδας είναι τα εξής [6], [7]:

1. Σχεδίαση (Planning): Πρόκειται για το στάδιο ανάπτυξης στρατηγικής. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη διαχείριση όλων των πόρων (πρώτες ύλες, χωρητικότητα, εξοπλισμός, προσωπικό κ.ά.) που απαιτούνται για την κάλυψη της ζήτησης των πελατών για το προϊόν ή την υπηρεσία μιας εταιρείας. Αφού δημιουργηθεί η εφοδιαστική αλυσίδα, είναι χρήσιμο να οριστούν δείκτες μετρήσεων που αφορούν την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα (key performance indicators ή KPIs) της αλυσίδας εφοδιασμού, καθώς επίσης και δείκτες που μετράνε την προσφορά αξίας στους πελάτες και την εκπλήρωση στόχων της εταιρείας. Οι επιχειρήσεις, σε αυτό το στάδιο καλούνται να προβλέψουν ποιες θα είναι οι μελλοντικές τους ανάγκες και να ενεργήσουν ανάλογα. Μεγάλες εταιρίες / οργανισμοί βασίζονται συχνά σε συστήματα ενδοεπιχειρησιακού σχεδιασμού (enterprise resource planning ή ERP) για τη συγκέντρωση πληροφοριών και τη σχεδίαση στρατηγικών.
2. Προμήθεια (Sourcing): Πρόκειται για το στάδιο κατά το οποίο γίνεται η επιλογή προμηθευτών οι οποίοι θα παρέχουν τα αγαθά και τις υπηρεσίες που

απαιτούνται για τη δημιουργία του προϊόντος. Κατά την επιλογή αυτή είναι χρήσιμο να διασφαλίζεται ότι οι πρώτες ύλες ενός προμηθευτή πληρούν τις προδιαγραφές κατασκευής που απαιτούνται για την παραγωγή αγαθών, οι τιμές που καταβάλλονται για τα αγαθά είναι σύμφωνες με τις προσδοκίες της αγοράς, ο προμηθευτής έχει την ευελιξία να παραδίδει υλικά σε έκτακτες ανάγκες λόγω απρόβλεπτων γεγονότων, ο προμηθευτής έχει αποδεδειγμένο ιστορικό παράδοσης αγαθών έγκαιρα και σε καλή ποιότητα. Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ιδιαίτερα κρίσιμη όταν οι κατασκευαστές εργάζονται με ευπαθή προϊόντα. Όταν προμηθεύονται αγαθά, οι επιχειρήσεις θα πρέπει να προσέχουν τον χρόνο παράδοσης και το πόσο καλά μπορεί ένας προμηθευτής να συμμορφωθεί με αυτές τις ανάγκες.

3. Κατασκευή ή παραγωγή (Manufacturing ή production): Στο επίκεντρο της εφοδιαστικής αλυσίδας, μία εταιρεία μεταμορφώνει τις πρώτες ύλες χρησιμοποιώντας μηχανήματα, εργατικά χέρια ή άλλες εξωτερικές δυνάμεις για να φτιάξει κάτι νέο. Αυτό το τελικό προϊόν είναι ο απώτερος στόχος της διαδικασίας παραγωγής, αν και δεν είναι το τελικό στάδιο της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η διαδικασία κατασκευής μπορεί περαιτέρω να χωριστεί σε επιμέρους εργασίες όπως συναρμολόγηση, δοκιμή, επιθεώρηση και συσκευασία. Κατά τη διαδικασία παραγωγής, μια επιχείρηση πρέπει να έχει υπόψη της τα απόβλητα ή άλλους ελεγχόμενους παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν αποκλίσεις από τα αρχικά σχέδια. Για παράδειγμα, εάν μια εταιρεία χρησιμοποιεί περισσότερες πρώτες ύλες από τις προγραμματισμένες λόγω έλλειψης εκπαίδευσης των εργαζομένων, η εταιρεία πρέπει να διορθώσει το πρόβλημα ή να επανεξετάσει τα προηγούμενα στάδια της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας.
4. Διανομή (Delivery): Μόλις κατασκευαστούν τα προϊόντα και οριστικοποιηθούν οι πωλήσεις, μια εταιρεία πρέπει να παραδώσει τα προϊόντα στα χέρια των πελατών της. Η διαδικασία διανομής θεωρείται συχνά ως ένας παράγοντας που επηρεάζει την εικόνα της επωνυμίας, καθώς μέχρι αυτό το σημείο, ο πελάτης δεν έχει ακόμη αλληλεπιδράσει με το προϊόν. Σε αυτό το στάδιο θα πρέπει μία εταιρεία να διασφαλίσει πως διαθέτει ισχυρά κανάλια διανομής αλλά και να εξασφαλίσει την έγκαιρη, ασφαλή και φθηνή παράδοση των προϊόντων. Σε αυτό το στάδιο λαμβάνονται υπόψη διαδικασίες που αφορούν τον συντονισμό των παραγγελιών των πελατών, τον προγραμματισμό των παραδόσεων, την αποστολή των φορτίων, την τιμολόγηση των πελατών και τελικά την λήψη των πληρωμών. Επιπλέον, είναι χρήσιμο να λαμβάνεται υπόψη η ύπαρξη εφεδρικών μεθόδων διανομής ή διαφοροποιημένων μεθόδων διανομής σε περίπτωση που μια μέθοδος μεταφοράς δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί προσωρινά (π.χ. λόγω καιρικών συνθηκών).
5. Επιστροφές (Returns): Η διαδικασία διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας ολοκληρώνεται με την υποστήριξη πελατών (customer support) και τις επιστροφές προϊόντων. Είναι αρκετά κακό που ένας πελάτης χρειάζεται να

επιστρέψει ένα προϊόν, και ακόμη χειρότερο αν οφείλεται σε λάθος της εταιρείας. Αυτή η διαδικασία επιστροφής ονομάζεται συχνά αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα (reverse logistics) και η εταιρεία πρέπει να διασφαλίσει ότι έχει τις δυνατότητες να λαμβάνει επιστρεφόμενα προϊόντα και να εκχωρεί σωστά τις επιστροφές χρημάτων για τις επιστροφές που λαμβάνονται. Είτε μια εταιρεία πραγματοποιεί ανάκληση προϊόντος είτε ένας πελάτης απλά δεν είναι ικανοποιημένος με το προϊόν, η συναλλαγή με τον πελάτη πρέπει να διορθωθεί. Πολλοί θεωρούν τις επιστροφές ως αλληλεπίδραση μεταξύ του πελάτη και της εταιρείας. Ωστόσο, ένα πολύ σημαντικό μέρος των επιστροφών πελατών είναι η ενδοεταιρική επικοινωνία για τον εντοπισμό ελαττωματικών προϊόντων, ληγμένων προϊόντων ή μη συμμορφούμενων προϊόντων με τους κανονισμούς. Στην περίπτωση που δεν διευθετηθεί / αντιμετωπιστεί η υποκείμενη αιτία μιας επιστροφής, η διαδικασία διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας θα έχει αποτύχει και κατά πάσα πιθανότητα οι επιστροφές για τον ίδιο λόγο θα συνεχιστούν.

Εν κατακλείδι, με τη σωστή διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, οι εταιρείες μπορούν να μειώσουν τα πάγια έξοδα, να αποφύγουν ελλείψεις πρώτων υλών και να παραδώσουν προϊόντα στον καταναλωτή ταχύτερα και πιο αποτελεσματικά. Επιπλέον, μπορούν να μένουν μακριά από δαπανηρές ανακλήσεις ελαττωματικών προϊόντων, αγωγές λόγω προϊόντων που δεν ακολουθούν τις κανονιστικές απαιτήσεις, κακή φήμη λόγω ελαττωματικών προϊόντων ή καθυστερήσεων στους χρόνους παράδοσης.

Παρόλα αυτά η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας διαφέρει αναλόγως την επιχείρηση. Κάθε επιχείρηση έχει τους δικούς της στόχους, περιορισμούς και πλεονεκτήματα που διαμορφώνουν τις διαδικασίες διαχείρισης της εφοδιαστικής της αλυσίδας. Γενικά, υπάρχουν έξι διαφορετικά κύρια μοντέλα που μπορεί να υιοθετήσει μια επιχείρηση για να καθοδηγήσει τις διαδικασίες της [6]:

1. Μοντέλο Συνεχούς Ροής (Continuous Flow Model): Πρόκειται για μία από τις πιο παραδοσιακές μεθόδους εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτό το μοντέλο είναι συχνά το καλύτερο για ώριμες βιομηχανίες. Το μοντέλο συνεχούς ροής βασίζεται σε έναν κατασκευαστή που παράγει το ίδιο αγαθό ξανά και ξανά και αναμένει ότι η ζήτηση των πελατών θα έχει μικρή διακύμανση.
2. Ευκίνητο Μοντέλο (Agile Model): Αυτό το μοντέλο είναι καλύτερο για εταιρείες με απρόβλεπτη ζήτηση ή προϊόντα προσαρμοσμένα κατά παραγγελία (customized ή custom-made ή made-to-order). Αυτό το μοντέλο δίνει προτεραιότητα στην ευελιξία, καθώς μια εταιρεία μπορεί να έχει μια συγκεκριμένη ανάγκη ανά πάσα στιγμή και πρέπει να είναι προετοιμασμένη να ελίσσεται ανάλογα.
3. Γρήγορο Μοντέλο (Fast Model): Αυτό το μοντέλο δίνει έμφαση στον γρήγορο κύκλο εργασιών ενός προϊόντος με σύντομο κύκλο ζωής. Χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο γρήγορης αλυσίδας, μια εταιρεία προσπαθεί να κεφαλαιοποιήσει μια

- τάση, να παράγει γρήγορα αγαθά και να διασφαλίσει ότι το προϊόν πωλείται πλήρως πριν τελειώσει η τάση.
4. Ευέλικτο Μοντέλο (Flexible Model): Το ευέλικτο μοντέλο λειτουργεί καλύτερα για εταιρείες που επηρεάζονται από την εποχικότητα. Ορισμένες εταιρείες μπορεί να έχουν πολύ υψηλότερες απαιτήσεις ζήτησης κατά τη διάρκεια της περιόδου αιχμής και απαιτήσεις χαμηλού όγκου σε άλλες. Ένα ευέλικτο μοντέλο διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας διασφαλίζει ότι η παραγωγή μπορεί εύκολα να αυξηθεί ή να μειωθεί.
 5. Αποτελεσματικό Μοντέλο (Efficient Model): Για εταιρείες που ανταγωνίζονται σε κλάδους με πολύ στενά περιθώρια κέρδους, μια εταιρεία μπορεί να προσπαθήσει να αποκτήσει πλεονέκτημα κάνοντας τη διαδικασία διαχείρισης της εφοδιαστικής της αλυσίδας ως την πιο αποτελεσματική. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση εξοπλισμού και μηχανημάτων με τους πιο ιδανικούς τρόπους, τη διαχείριση αποθεμάτων και την πιο αποτελεσματική επεξεργασία των παραγγελιών.
 6. Προσαρμοσμένο Μοντέλο (Custom Model): Εάν οποιοδήποτε μοντέλο παραπάνω δεν ταιριάζει στις ανάγκες μιας εταιρείας, μπορεί πάντα να στραφεί προς ένα προσαρμοσμένο μοντέλο. Αυτό συμβαίνει συχνά για βιομηχανίες υψηλής εξειδίκευσης με υψηλές τεχνικές απαιτήσεις, όπως οι κατασκευαστές αυτοκινήτων.

2.3 Ψηφιοποίηση διαδικασιών εφοδιαστικής αλυσίδας

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, οι περισσότερες σύγχρονες εφοδιαστικές αλυσίδες τείνουν να είναι περίπλοκες, αποτελούμενες από μία σειρά βημάτων όπου το καθένα επηρεάζει το επόμενο. Αυτά τα διάφορα στάδια είναι συνήθως διακριτά και απομονωμένα το ένα από το άλλο. Αυτή η έλλειψη διαφάνειας και επικοινωνίας μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας όλης της αλυσίδας, καθώς επίσης σε περίπτωση λαθών μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε αλυσιδωτές επιπτώσεις. Η ψηφιοποίηση καταρρίπτει αυτά τα εμπόδια μεταξύ των συμμετεχόντων δημιουργώντας ένα ενοποιημένο οικοσύστημα που είναι πλήρως διαφανές για όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, από τους προμηθευτές πρώτων υλών έως τους μεταφορείς αυτών των προμηθειών και των τελικών προϊόντων και τέλος στους πελάτες / τελικούς καταναλωτές.

Επιπροσθέτως, διαταραχές στην εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να προκύψουν και από την αύξηση του κόστους των πρώτων υλών και της ενέργειας, αλλά και από φυσικές καταστροφές, πανδημίες και γεωπολιτικά γεγονότα. Σημαντικό παράδειγμα αποτελεί η πανδημία του κορωνοϊού (COVID-19) που ξέσπασε τον Δεκέμβριο του 2019 και από τις αρχές του 2020 δημιούργησε μία κρίση παγκόσμιας κλίμακας. Ένα από τα πιο σοβαρά οικονομικά προβλήματα που προκλήθηκαν από την πανδημία COVID-19 ήταν η ζημιά στην αλυσίδα εφοδιασμού. Οι επιπτώσεις του άγγιξαν σχεδόν κάθε βιομηχανία, αφού

υπήρχαν καθυστερήσεις λόγω των διαρκώς μεταβαλλόμενων περιορισμών στα εθνικά σύνορα και στους λιμένες. Ταυτόχρονα, η ζήτηση για προϊόντα άλλαξε απότομα, και έτσι δημιουργήθηκαν σοβαρές ελλείψεις, ειδικά σε ορισμένες ιατρικές συσκευές όπως αναπνευστήρες. Οι ελλείψεις αναπτύχθηκαν και σε άλλα προϊόντα καθώς οι καταναλωτές συσσώρευαν είδη πρώτης ανάγκης όπως χαρτί υγείας και βρεφική τροφή / φόρμουλα. Μάσκες, γάντια, μαντηλάκια καθαρισμού, αντισηπτικά χεριών και απολυμαντικά ήταν ξαφνικά σε αυξημένη ζήτηση. Οι ελλείψεις σε τσιπ υπολογιστών καθυστέρησαν την παράδοση μιας μεγάλης γκάμας προϊόντων από ηλεκτρονικά είδη μέχρι παιχνίδια και αυτοκίνητα. Ο λόγος που οι εφοδιαστικές αλυσίδες δέχτηκαν τόσο μεγάλο πλήγμα ήταν το γεγονός ότι τις τελευταίες δεκαετίες έχουν επεκταθεί αρκετά προκειμένου να εξασφαλίσουν απόδοση με χαμηλότερο κόστος. Από την άλλη, όλο και περισσότερα βήματα προστέθηκαν στη ροή των διαδικασιών και αυτό σημαίνει πως υπάρχουν όλο και περισσότερα μέρη όπου μπορεί να προκληθεί κάποιο σφάλμα. Συνεπάγεται λοιπόν, πως για την σωστή και αποτελεσματική λειτουργία των διαδικασιών, είναι αναγκαία η διαφάνεια και η σωστή επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων συμμετεχόντων της αλυσίδας εφοδιασμού, με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος λόγω της αύξησης του κόστους των πρώτων υλών και της ενέργειας.

Στην ψηφιοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας, κρίσιμο ρόλο έρχονται να παίξουν οι τεχνολογίες της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης (Industry 4.0), οι οποίες θα μετατρέψουν τις εφοδιαστικές αλυσίδες σε πιο «έξυπνες», αυτόνομες, διασυνδεδεμένες και συνεπώς αποδοτικές. Τεχνολογίες όπως το blockchain, το διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things ή IoT) και η τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence ή AI) θα εξελίξουν τις διαδικασίες των εφοδιαστικών αλυσίδων, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να αντιδρούν γρήγορα σε διαταραχές αλλά ακόμη και να τις προβλέπουν. Επιπλέον, θα μπορούν να διαμορφώνουν πλήρως το δίκτυο των συμμετεχόντων, δημιουργώντας πιθανά σενάρια και προσαρμόζοντας την αλυσίδα εφοδιασμού σε πραγματικό χρόνο καθώς αλλάζουν οι συνθήκες. Οι αλυσίδες εφοδιασμού είναι εξαιρετικά πολύπλοκες και καμία εταιρεία δεν έχει καταφέρει ακόμα να την ψηφιοποιήσει πλήρως. Αυτό πρόκειται να αλλάξει τα επόμενα χρόνια, με διαφορετικές βιομηχανίες να ψηφιοποιούν τις εφοδιαστικές τους αλυσίδες με διαφορετικές ταχύτητες. Οι εταιρείες που θα φτάσουν εκεί πρώτες θα αποκτήσουν ένα πλεονέκτημα και θα μπορούν να θέτουν, ή τουλάχιστον να επηρεάζουν, τεχνικά πρότυπα για τον συγκεκριμένο κλάδο που ανήκουν. Το πλεονέκτημα σε καμία περίπτωση δεν θα περιοριστεί στη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Ο πραγματικός στόχος θα είναι τα πολλά και νέα επιχειρηματικά μοντέλα και οι ροές εσόδων που θα δημιουργήσει η ψηφιακή αλυσίδα εφοδιασμού. [8], [4], [9]

3. Η τεχνολογία του Blockchain

3.1 Αρχιτεκτονική δικτύου ομότιμων κόμβων

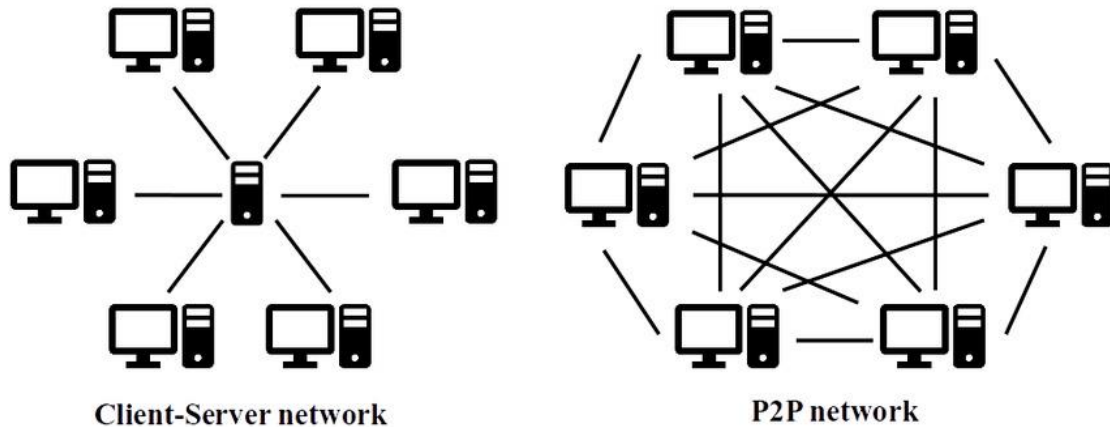
Τα μοντέλα αρχιτεκτονικής δικτύων που κυριαρχούν σήμερα στον κόσμο του διαδικτύου είναι δύο, αυτό του πελάτη – διακομιστή (client – server) και αυτό των ομότιμων κόμβων (peer-to-peer ή P2P). Ένα δίκτυο πελάτη-διακομιστή είναι ένας τύπος αρχιτεκτονικής δικτύου υπολογιστών όπου οι πελάτες (υπολογιστές ή συσκευές) ζητούν υπηρεσίες ή πόρους από έναν κεντρικό διακομιστή, ο οποίος υπολογίζει ή αναζητά πληροφορίες κι έπειτα επιστρέφει την ζητούμενη υπηρεσία ή πόρο. Από την άλλη πλευρά, ένα δίκτυο ομότιμων κόμβων είναι ένας τύπος αρχιτεκτονικής δικτύου υπολογιστών όπου όλοι οι υπολογιστές ή οι συσκευές στο δίκτυο έχουν ίση κατάσταση και μπορούν να λειτουργήσουν τόσο ως πελάτες όσο και ως διακομιστές, μοιράζοντας πόρους και επικοινωνώντας απευθείας μεταξύ τους χωρίς την ανάγκη κεντρικού διακομιστή.

Οι κύριες διαφορές μεταξύ των δικτύων πελάτη – διακομιστή και των δικτύων ομότιμων κόμβων είναι:

1. Αρχιτεκτονική (Architecture): Στα δίκτυα πελάτη – διακομιστή, υπάρχει σαφής διαχωρισμός μεταξύ των πελατών και του διακομιστή. Στα δίκτυα ομότιμων κόμβων, όλες οι συσκευές στο δίκτυο έχουν ίση κατάσταση και μπορούν να λειτουργήσουν και ως πελάτες και ως διακομιστές.
2. Συγκεντροποίηση (Centralization): Τα δίκτυα πελάτη – διακομιστή είναι κεντρικά, που σημαίνει ότι όλα τα αιτήματα και τα δεδομένα ρέουν μέσω ενός κεντρικού διακομιστή. Αντίθετα, τα δίκτυα ομότιμων κόμβων είναι αποκεντρωμένα, που σημαίνει ότι τα δεδομένα μοιράζονται απευθείας μεταξύ των κόμβων χωρίς την ανάγκη κεντρικού διακομιστή.
3. Επεκτασιμότητα (Scalability): Τα δίκτυα πελάτη – διακομιστή είναι εξαιρετικά επεκτάσιμα, καθώς ο διακομιστής μπορεί να χειριστεί πολλά αιτήματα πελατών ταυτόχρονα. Αντίθετα, τα δίκτυα ομότιμων κόμβων μπορεί να είναι λιγότερο επεκτάσιμα καθώς η απόδοση και οι διαθέσιμοι πόροι για κάθε συσκευή εξαρτώνται από τις δυνατότητες των μεμονωμένων συσκευών στο δίκτυο. Για τον λόγο αυτό τα πρώτα τείνουν να είναι και πιο ακριβά για τα υλοποιηθούν.
4. Ασφάλεια (Security): Τα δίκτυα πελάτη – διακομιστή τείνουν να είναι πιο ασφαλή από τα δίκτυα ομότιμων κόμβων, καθώς έχουν κεντρικό έλεγχο της πρόσβασης και μπορούν να εφαρμοστούν μέτρα ασφαλείας σε επίπεδο διακομιστή. Στα δίκτυα ομότιμων κόμβων, πρέπει να εφαρμόζονται μέτρα ασφαλείας σε κάθε μεμονωμένη συσκευή, η διαχείριση των οποίων μπορεί να είναι πιο δύσκολη.

Συμπερασματικά, τα δίκτυα πελάτη – διακομιστή είναι κατάλληλα για καταστάσεις όπου απαιτείται κεντρικός έλεγχος και διαχείριση των πόρων και των πληροφοριών, ενώ τα δίκτυα ομότιμων κόμβων είναι ιδανικά για καταστάσεις όπου όλες οι συσκευές στο

δίκτυο έχουν ίση κατάσταση και μπορούν να μοιράζονται πόρους και πληροφορίες απευθείας. [10]



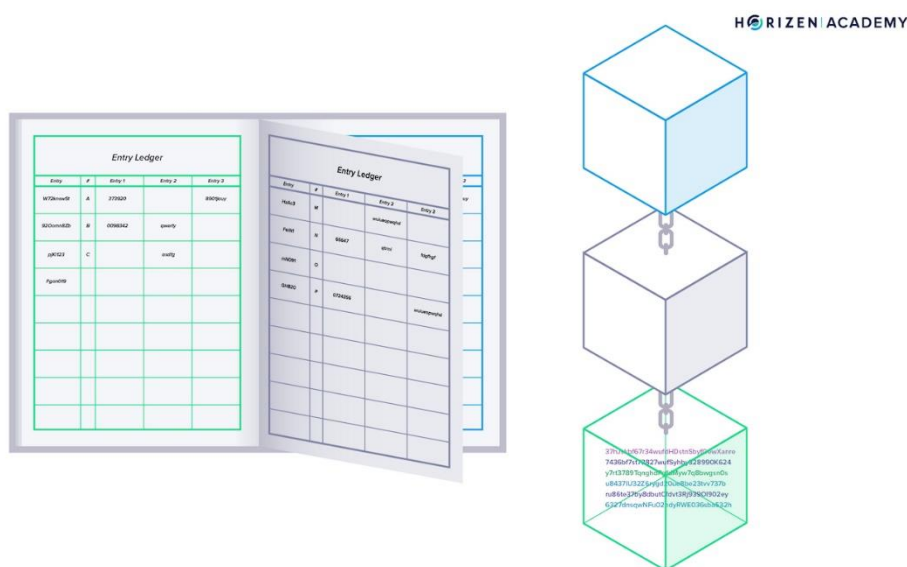
Εικόνα 2: Σύγκριση δικτύου πελάτη-διακομιστή και δικτύου ομότιμων κόμβων, υιοθετήθηκε από [11]

3.2 Ορισμός Blockchain

Σύμφωνα με την IBM η τεχνολογία του blockchain ορίζεται ως εξής: «*To blockchain είναι ένα κοινόχρηστο, αμετάβλητο καθολικό που διευκολύνει τη διαδικασία καταγραφής συναλλαγών και παρακολούθησης περιουσιακών στοιχείων σε ένα επιχειρηματικό δίκτυο. Ένα περιουσιακό στοιχείο μπορεί να είναι υλικό (ένα σπίτι, αυτοκίνητο, μετρητά, γη) ή άυλο (πνευματική ιδιοκτησία, διπλώματα ευρεσιτεχνίας, πνευματικά δικαιώματα, επωνυμία). Ουσιαστικά οτιδήποτε έχει αξία μπορεί να παρακολουθηθεί και να διαπραγματευτεί σε ένα δίκτυο blockchain, μειώνοντας τον κίνδυνο και μειώνοντας το κόστος για όλους τους εμπλεκόμενους*» [12]. Από την πλευρά της Amazon υπάρχει ένας πιο λεπτομερής ορισμός για το blockchain ως προς το τεχνολογικό υπόβαθρο και τον τρόπο λειτουργίας του και ορίζεται ως εξής: «*Η τεχνολογία blockchain είναι ένας προηγμένος μηχανισμός βάσης δεδομένων που επιτρέπει τη διαφανή ανταλλαγή πληροφοριών μέσα σε ένα επιχειρηματικό δίκτυο. Μια βάση δεδομένων blockchain αποθηκεύει δεδομένα σε μπλοκ που συνδέονται μεταξύ τους σε μια αλυσίδα. Τα δεδομένα είναι χρονολογικά συνεπή επειδή δεν μπορεί να διαγραφεί ή να τροποποιηθεί η αλυσίδα χωρίς συναίνεση από το δίκτυο. Ως αποτέλεσμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία blockchain για να δημιουργηθεί ένας αναλλοίωτος ή αμετάβλητος κατάλογος για την παρακολούθηση παραγγελιών, πληρωμών, λογαριασμών και άλλων συναλλαγών. Το σύστημα διαθέτει ενσωματωμένους μηχανισμούς που αποτρέπουν τις μη εξουσιοδοτημένες καταχωρίσεις συναλλαγών και δημιουργούν συνέπεια στην κοινή προβολή αυτών των συναλλαγών*» [13].

Η ιδέα του blockchain δεν είναι τόσο καινούργια. Ο κρυπτογράφος David Chaum πρότεινε για πρώτη φορά ένα πρωτόκολλο που μοιάζει με blockchain το 1982, στη

διατριβή του «Computer Systems Established, Maintained, and Trusted by Mutually Suspicious Groups». Περαιτέρω εργασία σε μια κρυπτογραφικά ασφαλισμένη αλυσίδα μπλοκ περιγράφηκε το 1991 από τους Stuart Haber και W. Scott Stornetta [14]. Παρόλα αυτά το πρώτο πραγματικό λειτουργικό blockchain ήταν το bitcoin, το οποίο εισήχθη το 2008 από τον Satoshi Nakamoto, που εξακολουθεί να είναι άγνωστο εάν πρόκειται για ένα άτομο ή μία ομάδα ατόμων. Η ομάδα ατόμων ή το άτομο με το ψευδώνυμο χαρακτήρισαν το bitcoin ως «ένα Peer-to-Peer ηλεκτρονικό σύστημα μετρητών» [15]. Με τον καιρό αποδείχθηκε η αξία της τεχνολογίας και έπαιξε κρίσιμο ρόλο στα συστήματα κρυπτονομισμάτων για τη διατήρηση ενός ασφαλούς και αποκεντρωμένου αρχείου συναλλαγών. Η χρήση της τεχνολογίας αυτής όμως δεν περιορίζεται μόνο σε τέτοιου είδους συστήματα, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κάνει τα δεδομένα οποιουδήποτε κλάδου αμετάβλητα.



Εικόνα 3: Το Blockchain σαν ένας κατάλογος εγγραφών, υιοθετήθηκε από [16]

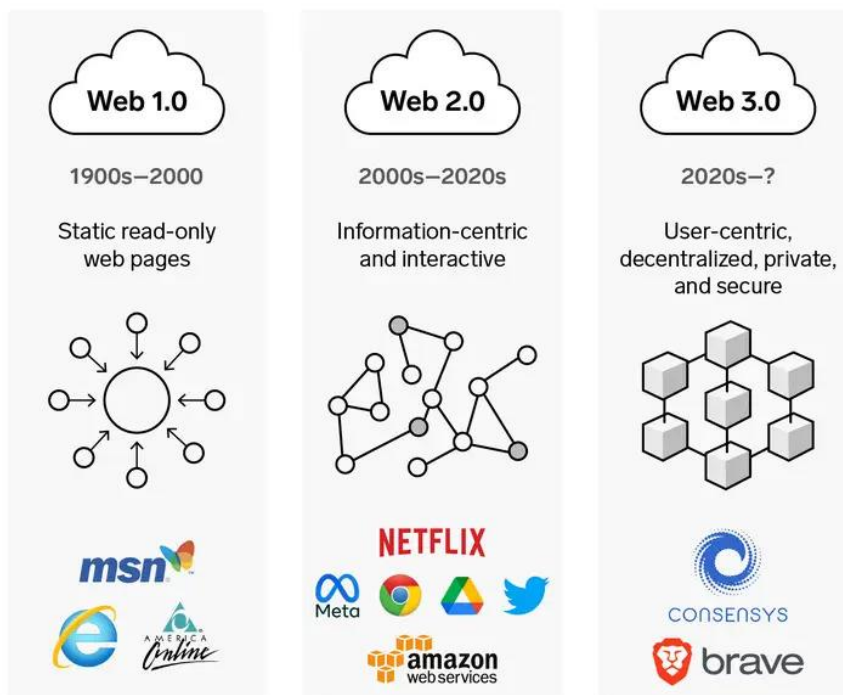
3.3 Web3

Το Web3 (ή Web 3.0), αναφέρεται στην επόμενη γενιά του Διαδικτύου (Internet), όπου η τεχνολογία του blockchain και οι αποκεντρωμένες εφαρμογές (decentralized applications ή dApps) παίζουν σημαντικό ρόλο στον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρά κανείς στο διαδίκτυο. Η πρώτη έκδοση του Διαδικτύου (Web 1.0) ήταν στατική και αποτελούνταν κυρίως από ιστοσελίδες με πληροφορίες. Η δεύτερη έκδοση (Web 2.0) εισήγαγε διαδραστικές εφαρμογές ιστού (web applications), πλατφόρμες μέσω κοινωνικής δικτύωσης (social media platforms) και καταστήματα ηλεκτρονικού εμπορίου (e-commerce).

Το Web3 βασίζεται στην τεχνολογία blockchain, η οποία επιτρέπει ασφαλείς και αποκεντρωμένες συναλλαγές και αλληλεπιδράσεις στο διαδίκτυο. Στοχεύει στη δημιουργία μιας νέας αποκεντρωμένης αρχιτεκτονικής που μπορεί να αντικαταστήσει τον τρέχουσα κεντροποιημένη αρχιτεκτονική, η οποία βασίζεται σε μεγάλους οργανισμούς και εταιρείες που ελέγχουν τα δεδομένα των χρηστών και τις διαδικτυακές δραστηριότητες. Επιπλέον, η τεχνολογία Web3 επιτρέπει τη δημιουργία αποκεντρωμένων εφαρμογών (decentralized applications ή dApps) που τρέχουν σε δίκτυα blockchain. Αυτές οι εφαρμογές μπορούν να παρέχουν ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών, όπως αποκεντρωμένη χρηματοδότηση (Decentralized Finance ή DeFi), παιχνίδια, μέσα κοινωνικής δικτύωσης και πολλά ακόμα. Το Web3 επιτρέπει επίσης τη χρήση κρυπτονομισμάτων και άλλων ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων για πληρωμές και συναλλαγές, χωρίς να χρειάζονται μεσάζοντες, όπως τράπεζες ή οργανισμοί διαχείρισης πληρωμών.

Συνοπτικά, το Web3 είναι η επόμενη μορφή του Διαδικτύου που χρησιμοποιεί τεχνολογία blockchain και αποκεντρωμένες εφαρμογές προκειμένου να δημιουργήσει έναν πιο ανοιχτό, διαφανή και αποκεντρωμένο ιστό. [17], [18]

Evolution of the web from 1.0 to 3.0



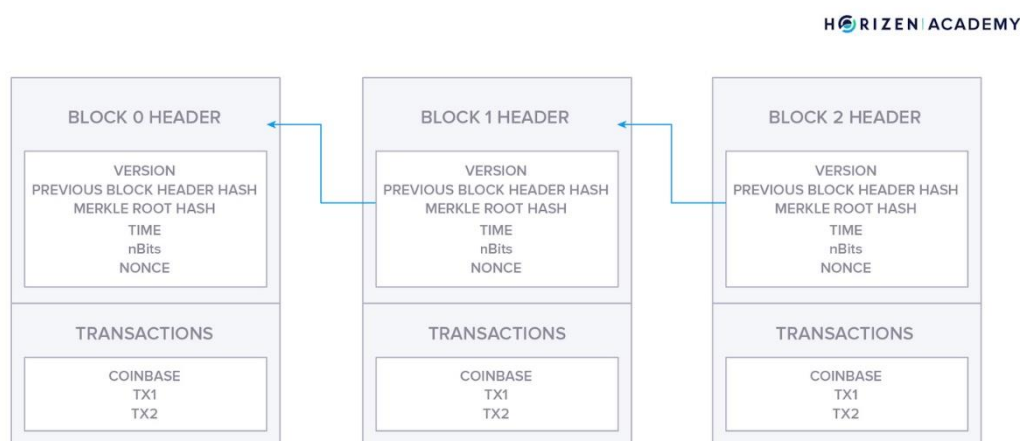
INSIDER

Εικόνα 4: Η εξέλιξη του Διαδικτύου, υιοθετήθηκε από [19]

3.4 Τρόπος λειτουργίας Blockchain

Το blockchain πρόκειται για έναν τύπο τεχνολογίας κατακερματισμένου καθολικού (Distributed Ledger Technology ή DLT) που επιτρέπει την ασφαλή και διαφανή τήρηση αρχείων, δεδομένων και συναλλαγών. Με τον όρο «τεχνολογία κατακερματισμένου καθολικού» εννοείται η τεχνολογική υποδομή και τα πρωτόκολλα που επιτρέπουν την ταυτόχρονη πρόσβαση, επικύρωση και ενημέρωση αρχείων σε μια δικτυωμένη βάση δεδομένων. Η υποδομή αυτή επιτρέπει στους χρήστες να βλέπουν τυχόν αλλαγές και ποιος τις έκανε, μειώνει την ανάγκη ελέγχου δεδομένων, διασφαλίζει ότι τα δεδομένα είναι αξιόπιστα και παρέχει πρόσβαση μόνο σε αυτούς που τα χρειάζονται. [20]

Στον πυρήνα του, το blockchain είναι ένα αποκεντρωμένο και αξιόπιστο σύστημα που λειτουργεί μέσω ενός δικτύου κόμβων ή υπολογιστών. Κάθε κόμβος στο δίκτυο έχει ένα αντίγραφο ολόκληρου του καθολικού blockchain, γεγονός που καθιστά δύσκολο για οποιαδήποτε μεμονωμένη οντότητα να χειραγωγήσει ή να παραποιήσει τα δεδομένα ή τις συναλλαγές. Το δίκτυο διατηρεί ένα κοινό κατάλογο όλων των συναλλαγών που έχουν πραγματοποιηθεί στο δίκτυο. Οι συναλλαγές επικυρώνονται με έναν μηχανισμό συναίνεσης, ο οποίος είναι ένα σύνολο κανόνων που διέπουν τον τρόπο με τον οποίο οι κόμβοι στο δίκτυο συμφωνούν για την εγκυρότητα μιας συναλλαγής. Μόλις επικυρωθούν, οι συναλλαγές ομαδοποιούνται για να σχηματίσουν ένα μπλοκ. Κάθε μπλοκ, πέρα από τα δεδομένα, περιέχει και ένα μοναδικό κρυπτογραφικό κατακερματισμό (hash) που λειτουργεί ως ψηφιακό αναγνωριστικό αποτύπωμα των περιεχομένων του μπλοκ. Το κάθε μπλοκ περιλαμβάνει επίσης τον κατακερματισμό του προηγούμενου μπλοκ στην αλυσίδα, λειτουργώντας σαν δείκτης, κι έτσι δημιουργείται μια αλυσίδα από μπλοκ (chain of blocks ή blockchain).



Εικόνα 5: Το περιεχόμενο των μπλοκ, υιοθετήθηκε από [16]

Τα βασικά χαρακτηριστικά του blockchain τα οποία αποτελούν και τους κεντρικούς πυλώνες του είναι τα εξής:

1. Αποκέντρωση (Decentralization): Το blockchain είναι ένα αποκεντρωμένο σύστημα που λειτουργεί μέσω ενός δικτύου κόμβων ή υπολογιστών. Δεν υπάρχει κεντρική αρχή ή κάποιος ενδιάμεσος που να ελέγχει το δίκτυο. Αντίθετα, κάθε κόμβος στο δίκτυο έχει ένα αντίγραφο ολόκληρου του καθολικού blockchain, καθιστώντας δύσκολο για οποιαδήποτε μεμονωμένη οντότητα να χειραγωγήσει ή να παραποιήσει τα δεδομένα ή τις συναλλαγές. Συνεπώς, η αποθήκευση της πληροφορίας δεν γίνεται από μία οντότητα όπως γίνεται στα κεντροποιημένα (centralized) συστήματα, αλλά όλοι οι συμμετέχοντες κόμβοι στο σύστημα κατέχουν την πληροφορία αυτή.
2. Αμεταβλητότητα (Immutability): Μόλις καταγραφεί μια συναλλαγή στο blockchain, δεν μπορεί να τροποποιηθεί ή να διαγραφεί. Το blockchain είναι στην ουσία ένας αμετάβλητος κατάλογος όλων των συναλλαγών που έχουν πραγματοποιηθεί στο δίκτυο. Αυτό επιτυγχάνεται λόγω της κρυπτογράφησης που υπάρχει καθώς και της αλυσιδωτής σύνδεσης των μπλοκ που αποτελούν την αλυσίδα. Έτσι διευκολύνεται ο εντοπισμός του ιστορικού των συναλλαγών και μειώνεται ο κίνδυνος απάτης ή παραποίησης. Οπότε εάν ένας κακόβουλος χρήστης, για παράδειγμα, επιχειρήσει να αλλοιώσει την πληροφορία σε ένα μπλοκ θα πρέπει να αλλοιώσει αναλόγως και την πληροφορία στο επόμενο μπλοκ και εξαιτίας αυτής της αλλαγής θα πρέπει να το κάνει αυτό και στο μεθεπόμενο μπλοκ κ.ο.κ., πράγμα δηλαδή αδύνατο καθώς πρόκειται για μία ενέργεια που απαιτεί τεράστια υπολογιστική ισχύ.
3. Ασφάλεια (Security): Το blockchain είναι ένα ασφαλές σύστημα που χρησιμοποιεί κρυπτογράφηση για την προστασία των δεδομένων και των συναλλαγών στο δίκτυο. Κάθε μπλοκ στην αλυσίδα μπλοκ έχει ένα μοναδικό κρυπτογραφικό κατακερματισμό που λειτουργεί ως ψηφιακό αναγνωριστικό αποτύπωμα των περιεχομένων του μπλοκ.
4. Διαφάνεια (Transparency): Το blockchain είναι ένα διαφανές σύστημα όπου όλες οι συναλλαγές είναι ορατές σε όλους τους συμμετέχοντες στο δίκτυο. Κάθε συναλλαγή επικυρώνεται με έναν μηχανισμό συναίνεσης και μόλις επικυρωθεί, καταγράφεται σε ένα μπλοκ στην αλυσίδα μπλοκ. Ολόκληρο το blockchain είναι διαθέσιμο σε οποιονδήποτε, καθιστώντας εύκολη την παρακολούθηση του ιστορικού των συναλλαγών.
5. Έξυπνα συμβόλαια (Smart Contracts): Ορισμένα δίκτυα blockchain μπορούν να υποστηρίξουν «έξυπνα συμβόλαια», τα οποία είναι αυτοεκτελούμενα αρχεία κώδικα που λειτουργούν σαν συμβόλαια περιέχοντας τους όρους της συμφωνίας μεταξύ των μερών του δικτύου. Τα «έξυπνα συμβόλαια» μπορούν να αυτοματοποιήσουν πολύπλοκες επιχειρηματικές διαδικασίες και να μειώσουν την ανάγκη για μεσάζοντες, καθώς μπορούν να εκτελεσθούν μόλις το σύστημα φτάσει σε κάποια κατάσταση ή εάν πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις.

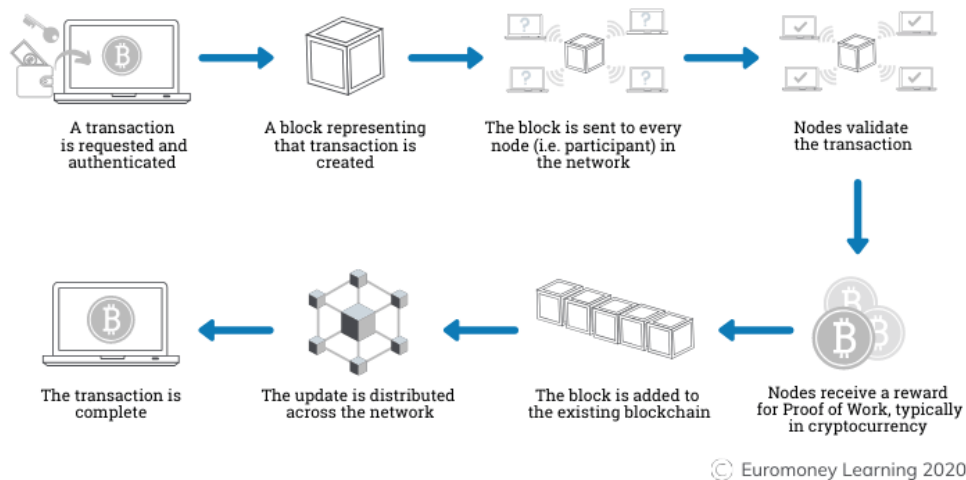
Όσον αφορά τον τρόπο λειτουργίας του blockchain, ως προς την αποθήκευση των δεδομένων, τα κυριότερα μέρη είναι τα εξής:

1. **Κόμβοι (Nodes):** Οι κόμβοι είναι υπολογιστές ή συσκευές που συμμετέχουν στο δίκτυο blockchain. Κάθε κόμβος στο δίκτυο έχει ένα αντίγραφο ολόκληρου του καθολικού (καταλόγου συναλλαγών και δεδομένων).
2. **Συναλλαγές (Transactions):** Οι συναλλαγές δημιουργούνται από χρήστες και μεταδίδονται στο δίκτυο. Αυτές οι συναλλαγές μπορεί να περιλαμβάνουν τη μεταφορά ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων, όπως κρυπτονομίσματα ή άλλους τύπους δεδομένων.
3. **Μπλοκ (Block):** Μόλις επικυρωθεί / επαληθευτεί μια συναλλαγή, ομαδοποιείται μαζί με άλλες επικυρωμένες συναλλαγές για να σχηματιστεί ένα μπλοκ (η θεμελιώδης μονάδα του blockchain). Κάθε μπλοκ έχει ένα μοναδικό κρυπτογραφικό κατακερματισμό (hash) που λειτουργεί ως ψηφιακό αναγνωριστικό αποτύπωμα των περιεχομένων του μπλοκ. Το κάθε μπλοκ περιλαμβάνει επίσης τον κατακερματισμό του προηγούμενου μπλοκ στην αλυσίδα, λειτουργώντας σαν δείκτης, κι έτσι δημιουργείται μια αλυσίδα από μπλοκ (chain of blocks ή blockchain).
4. **Συναίνεση (Consensus):** Η συναίνεση είναι η διαδικασία επίτευξης συμφωνίας σχετικά με την εγκυρότητα μιας συναλλαγής. Σε ένα δίκτυο blockchain, αυτό γίνεται μέσω ενός μηχανισμού συναίνεσης (consensus mechanisms), ο οποίος είναι ένα σύνολο κανόνων που διέπουν τον τρόπο με τον οποίο οι κόμβοι στο δίκτυο συμφωνούν για την εγκυρότητα μιας συναλλαγής. Μόλις επιτευχθεί συναίνεση, η συναλλαγή προστίθεται στο blockchain. Υπάρχουν διάφοροι τύποι μηχανισμών συναίνεσης που χρησιμοποιούνται σε δίκτυα blockchain. Μερικοί από αυτούς είναι οι εξής, με τους τρεις πρώτους να είναι μακράν οι πιο διαδεδομένοι:
 - **Proof of Work (PoW):** Είναι ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος μηχανισμός συναίνεσης στα δίκτυα blockchain. Περιλαμβάνει μια διαδικασία που ονομάζεται εξόρυξη (mining), όπου οι κόμβοι στο δίκτυο ανταγωνίζονται μεταξύ τους για να λύσουν ένα πολύπλοκο μαθηματικό παζλ. Ο πρώτος κόμβος που θα λύσει το παζλ και θα επικυρώσει τη συναλλαγή ανταμείβεται με ένα ποσό κρυπτονομισμάτων. Οι άλλοι κόμβοι στο δίκτυο επαληθεύουν στη συνέχεια τη συναλλαγή και μόλις επιτευχθεί συναίνεση, η συναλλαγή προστίθεται στο blockchain. Ωστόσο, ο μηχανισμός αυτός απαιτεί υψηλή υπολογιστική ισχύ και συνεπώς κατανάλωση ενέργειας αλλά και μεγάλους χρόνους επεξεργασίας. [21]
 - **Proof of Stake (PoS):** Πρόκειται για έναν νεότερο μηχανισμό συναίνεσης που έχει σχεδιαστεί για να είναι πιο χαμηλού κόστους και ενεργειακά αποδοτικός από το Proof of Work. Σε αυτόν τον μηχανισμό, οι κόμβοι επιλέγονται τυχαία για την επικύρωση των συναλλαγών με βάση την ποσότητα των κρυπτονομισμάτων που κατέχουν και όχι την υπολογιστική τους ισχύ. [21]
 - **Delegated Proof of Stake (DPoS):** Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί όπως και ο Proof of Stake με κάποιες μικρές διαφορές. Στον μηχανισμό Proof of Stake οι κόμβοι επιλέγονται τυχαία με βάση την ποσότητα των κρυπτονομισμάτων

που κατέχουν, ενώ στο Delegated Proof of Stake, οι κόμβοι εκλέγονται από την κοινότητα με βάση τη φήμη και τις συνεισφορές τους στο δίκτυο. Μια άλλη διαφορά είναι το επίπεδο αποκέντρωσης. Τα δίκτυα PoS τείνουν να είναι πιο αποκεντρωμένα από τα δίκτυα DPoS, καθώς οποιοσδήποτε με επαρκή κρυπτονομίσματα μπορεί να συμμετάσχει στην επικύρωση μπλοκ, ενώ τα δίκτυα DPoS βασίζονται σε μια μικρότερη ομάδα εκλεγμένων κόμβων για την επικύρωση συναλλαγών και την προσθήκη νέων μπλοκ στο blockchain. [21]

- Proof of Capacity (PoC): Στον μηχανισμό αυτό επιτρέπεται η κοινή χρήση του χώρου μνήμης των συνεισφερόντων κόμβων στο δίκτυο blockchain. Όσο περισσότερη μνήμη ή χώρο στον σκληρό δίσκο έχει ένας κόμβος, τόσο περισσότερα δικαιώματα του παραχωρούνται για τη διατήρηση του δημόσιου καθολικού. [21]
- Proof of Activity (PoA): Χρησιμοποιείται στο blockchain Decred και πρόκειται για έναν υβριδικό μηχανισμό που χρησιμοποιεί πτυχές τόσο του PoW όσο και του PoS. [21]
- Proof of Burn (PoB): Ο μηχανισμός αυτός απαιτεί από τους συναλλασσόμενους να στέλνουν μικρές ποσότητες κρυπτονομισμάτων σε μη προσβάσιμες διευθύνσεις πορτοφολιού, στην πραγματικότητα «καίγοντάς» τα. [21]
- Proof of Elapsed Time (PoET): Είναι ένας μηχανισμός συναίνεσης που αποτρέπει την υψηλή χρήση πόρων και την κατανάλωση ενέργειας, κρατώντας ταυτόχρονα τη διαδικασία πιο αποτελεσματική ακολουθώντας ένα δίκαιο σύστημα κλήρωσης. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί έναν τυχαία παραγόμενο χρόνο που έχει παρέλθει για να αποφασίσει τα δικαιώματα εξόρυξης καθώς και τους κόμβους που επιλέχθηκαν. [22]
- Proof of History (PoH): Είναι ένας μηχανισμός συναίνεσης που βασίζεται σε επαληθεύσιμες συναρτήσεις καθυστέρησης (Verifiable Delay Functions ή VDFs), μέσω των οποίων δημιουργείται μία μοναδική και απρόβλεπτη ακολουθία αριθμών η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μιας χρονικής ακολουθίας γεγονότων που μπορεί να χρησιμεύσει ως επαληθεύσιμη πηγή αλήθειας. Ο μηχανισμός αυτός χρησιμοποιείται στο blockchain Solana και έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει ταχύτερη και πιο αποτελεσματική επικύρωση μπλοκ, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα την ακεραιότητα και την αμεταβλητότητα της αλυσίδας. [23]

How does a transaction get into the blockchain?



Εικόνα 6: Τρόπος καταχώρισης μίας συναλλαγής στο blockchain, υιοθετήθηκε από [24]

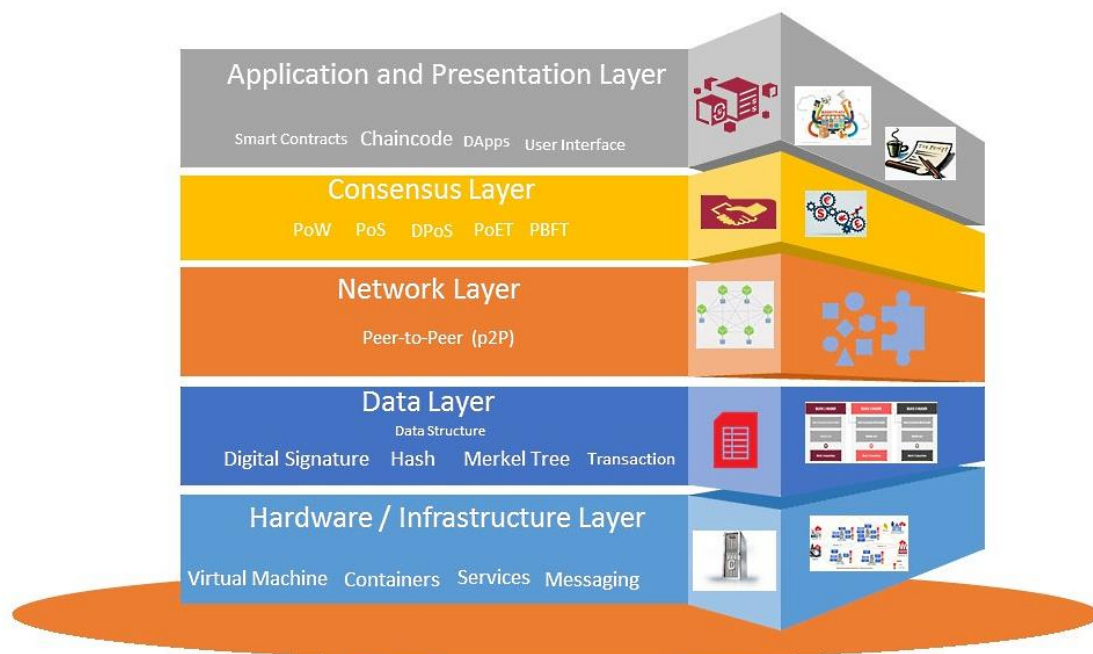
Η τεχνολογία του blockchain πρόκειται για ένα πολυεπίπεδο σύστημα που αποτελείται από πέντε βασικά επίπεδα, με το καθένα να έχει κάποιες μοναδικές λειτουργίες [25], [26]:

1. Επίπεδο Υλικού ή Υποδομής (Hardware or Infrastructure layer): Τα δίκτυα blockchain βασίζονται στην ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ ομότιμων κόμβων. Το δίκτυο των κόμβων που συμβάλλουν στην υπολογιστική ισχύ του blockchain αποτελούν το επίπεδο υλικού ή υποδομής. Ένας κόμβος μπορεί να είναι ένας υπολογιστής ή ένα δίκτυο υπολογιστών.
2. Επίπεδο Δεδομένων (Data layer): Το επίπεδο δεδομένων είναι αυτό όπου αποθηκεύονται οι λεπτομέρειες των συναλλαγών. Η συναλλαγή που είναι αποθηκευμένη σε ένα μπλοκ έχει λεπτομέρειες για την κρυπτογράφηση που αποστέλλεται, το δημόσιο κλειδί του παραλήπτη και το ιδιωτικό κλειδί του αποστολέα. Κάθε μπλοκ που έχει δεδομένα συνδέεται με το προηγούμενο μπλοκ και το επόμενο μπλοκ που δημιουργείται. Μόνο το μπλοκ γένεσης (genesis block), το πρώτο μπλοκ του δικτύου, συνδέεται προς τα εμπρός και όχι προς τα πίσω.
3. Επίπεδο Δικτύου (Network layer): Αυτό το επίπεδο ασχολείται με την επικοινωνία μεταξύ κόμβων σε μια αλυσίδα μπλοκ. Δεδομένου ότι το blockchain είναι ένα ανοιχτό σύστημα, κάθε κόμβος πρέπει να γνωρίζει τις συναλλαγές που επικυρώνουν άλλοι κόμβοι. Το επίπεδο δικτύου διασφαλίζει τη συνδεσιμότητα και την επικοινωνία μεταξύ των κόμβων, κάτι που είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της ακεραιότητας και της ασφάλειας του blockchain.
4. Επίπεδο Συναίνεσης (Consensus layer): Το επίπεδο συναίνεσης είναι υπεύθυνο για τη διασφάλιση συμφωνίας σχετικά με την κατάσταση του blockchain μεταξύ

των συμμετεχόντων κόμβων στο δίκτυο. Αυτό το επίπεδο περιλαμβάνει διάφορους μηχανισμούς συναίνεσης, όπως είναι ο Proof of Work και ο Proof of Stake. Οι αλγόριθμοι συναίνεσης διασφαλίζουν ότι όλοι οι κόμβοι στο δίκτυο συμφωνούν σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση του blockchain, αποτρέπουν τη διπλή δαπάνη (double-spending) ή τις κακόβουλες επιθέσεις.

5. Επίπεδο εφαρμογής (Application layer): Το επίπεδο εφαρμογής είναι όπου οι χρήστες αλληλεπιδρούν με το blockchain και τα δεδομένα του. Αυτό το επίπεδο περιλαμβάνει διάφορες εφαρμογές, όπως πορτοφόλια (wallets π.χ. MetaMask), αποκεντρωμένες εφαρμογές (decentralized applications ή dApps), «έξυπνα συμβόλαια» (smart contracts), εφαρμογές μέσω κοινωνικής δικτύωσης (social media π.χ. Sapien), προγράμματα περιήγησης (browsers π.χ. Brave), πλατφόρμες ή αγορές NFT (τα NFTs ή ολογράφως Non-fungible tokens πρόκειται για συλλεκτικά ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία) (NFT platforms or marketplaces π.χ. OpenSea) και ότι άλλο λογισμικό χρησιμοποιεί τα δεδομένα και τη λειτουργικότητα του blockchain. Το επίπεδο εφαρμογής επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν και να εκτελούν συναλλαγές και να αλληλεπιδρούν με άλλους συμμετέχοντες στο δίκτυο blockchain.

Συμπερασματικά, η τεχνολογία του blockchain δεν είναι απλή. Στην πραγματικότητα πρόκειται για ένα σύστημα που αποτελείται από ένα σύνολο μηχανισμών σε διαφορετικά επίπεδα. Κάθε επίπεδο έχει διαφορετικό ρόλο και λειτουργίες,, από την υποδομή και την αρχιτεκτονική του δικτύου μέχρι τον τρόπο αποθήκευσης και διαχείρισης των δεδομένων καθώς και τις εφαρμογές μέσω των οποίων αλληλεπιδρούν οι χρήστες με το σύστημα. Όλα αυτά τα επίπεδα μαζί καθιστούν το blockchain μια ολοκληρωμένη λύση. [27], [28]



Εικόνα 7: Τα πέντε επίπεδα του blockchain, υιοθετήθηκε από [26]

3.5 Τύποι Blockchain

Η φιλοσοφία πάνω στην οποία βασίζεται ο τρόπος λειτουργίας του blockchain είναι συγκεκριμένη. Παρόλα αυτά υπάρχουν διαφορετικοί τύποι blockchain, όπου ο κάθε τύπος εξυπηρετεί διαφορετικά σενάρια χρήσης, έχοντας τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα και τις ιδανικές χρήσεις του. Ο Esrae Hong, επικεφαλής του CBDC Blockchain Research Institute, είπε συγκεκριμένα πως «*Ενώ η τεχνολογία blockchain πίσω από τα έργα είναι η ίδια, οι τελικοί χρήστες-στόχοι των διαφορετικών τύπων blockchain μπορεί να διαφέρουν*». Μία γενικότερη κατηγοριοποίηση των blockchain είναι ο διαχωρισμός σε Blockchain χωρίς άδειες (Permissionless Blockchain) και σε Blockchain με άδειες (Permissioned Blockchain), όπου η κάθε κατηγορία έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα [29]:

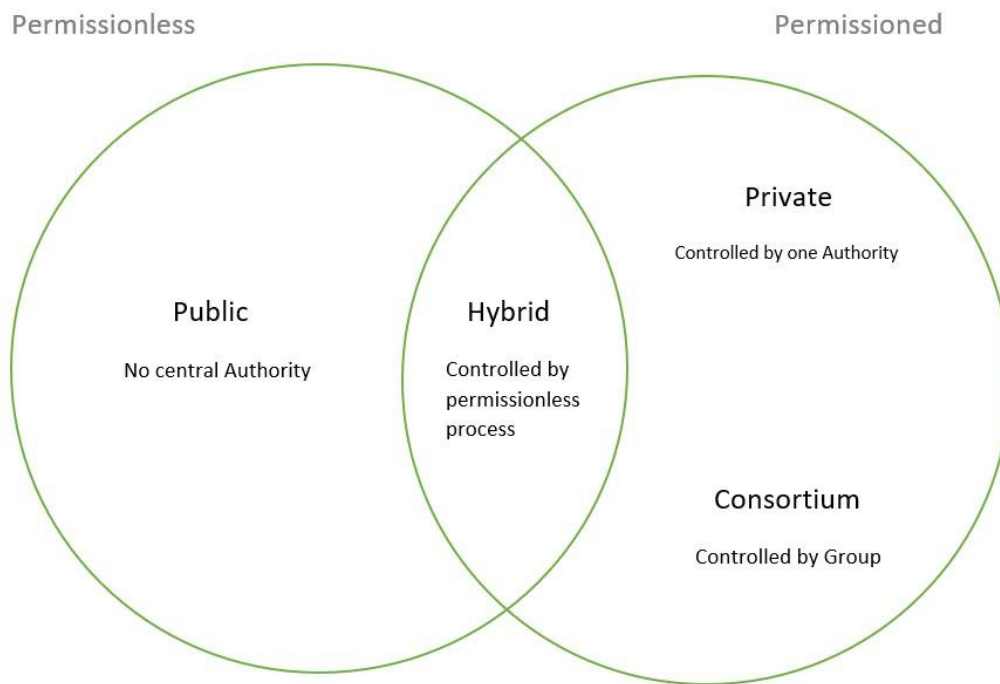
Πίνακας 1: Σύγκριση Permissionless και Permissioned Blockchain

	Permissionless Blockchain	Permissioned Blockchain
Χαρακτηριστικά	<ul style="list-style-type: none"> • Δεν ελέγχεται από κάποιον κεντρικό οργανισμό / αρχή • Η πλατφόρμα είναι ανοιχτού κώδικα (open source) • Πλήρης διαφάνεια της συναλλαγής • Έντονη χρήση tokens 	<ul style="list-style-type: none"> • Η διαφάνεια βασίζεται στον στόχο του οργανισμού • Επιτρέπεται μόνο ένας περιορισμένος αριθμός χρηστών • Δεν ελέγχεται από κάποιον κεντρικό οργανισμό / αρχή • Αναπτύσσεται από ιδιωτικό οργανισμό / αρχή
Πλεονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> • Όλοι μπορούν να συμμετάσχουν με μόνη προϋπόθεση να διαθέτουν καλό hardware και internet • Φέρει περισσότερη εμπιστοσύνη μεταξύ χρηστών ή οντοτήτων • Έχει υψηλό επίπεδο διαφάνειας καθώς είναι ένα μεγαλύτερο δίκτυο • Ευρύτερη αποκέντρωση της πρόσβασης σε περισσότερους συμμετέχοντες 	<ul style="list-style-type: none"> • Τείνει να είναι πιο γρήγορο καθώς έχει ορισμένους κόμβους για επικυρώσεις • Προσφέρει δυνατότητα προσαρμογής • Ισχυρό απόρρητο καθώς απαιτείται άδεια για την πρόσβαση σε πληροφορίες συναλλαγών • Καθώς εμπλέκονται λίγοι κόμβοι, η απόδοση και η επεκτασιμότητα αυξάνονται
Μειονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> • Κακή ενεργειακή απόδοση λόγω μεγάλου δικτύου 	<ul style="list-style-type: none"> • Δεν είναι πραγματικά αποκεντρωμένο καθώς απαιτεί άδεια

	<ul style="list-style-type: none"> • Χαμηλότερη επεκτασιμότητα απόδοσης • Λιγότερο απόρρητο καθώς πολλά πράγματα είναι ορατά σε όλους 	<ul style="list-style-type: none"> • Κίνδυνος διαφθοράς καθώς εμπλέκονται μόνο λίγοι συμμετέχοντες • Ο ιδιοκτήτης και ο χειριστής μπορούν ανά πάσα στιγμή να αλλάξουν τους κανόνες ανάλογα με τις ανάγκες τους
--	---	--

Εκτός από αυτήν την κατηγοριοποίηση όμως τα blockchain χωρίζονται σε τέσσερις τύπους, όπου ο κάθε ένας υιοθετεί χαρακτηριστικά είτε από μία από τις παραπάνω κατηγορίες είτε και από τις δύο. Οι τέσσερις τύποι είναι οι εξής:

1. Δημόσια Blockchain (Public Blockchain): Ένα δημόσιο blockchain είναι ένα αποκεντρωμένο δίκτυο blockchain που είναι ανοιχτό σε οποιονδήποτε να συμμετάσχει και να δει τις συναλλαγές του. Οποιοσδήποτε μπορεί να εγγραφεί στο δίκτυο, να επικυρώσει τις συναλλαγές και να προσθέσει νέα μπλοκ στο blockchain. Το πιο γνωστό παράδειγμα δημόσιου blockchain είναι το Bitcoin, το οποίο επιτρέπει σε οποιονδήποτε να συμμετέχει στο δίκτυο και να κερδίζει Bitcoin μέσω της εξόρυξης (mining).
2. Ιδιωτικά Blockchain (Private Blockchain): Ένα ιδιωτικό blockchain είναι ένα δίκτυο blockchain με άδειες που περιορίζεται σε μια επιλεγμένη ομάδα συμμετεχόντων, οι οποίοι έχουν πρόσβαση συμμετοχής στο δίκτυο. Οι ιδιωτικές αλυσίδες μπλοκ χρησιμοποιούνται συχνά από οργανισμούς και επιχειρήσεις για να διατηρήσουν τον έλεγχο του δικτύου και των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα σε αυτό.
3. Υβριδικά Blockchain (Hybrid Blockchain): Ένα υβριδικό blockchain είναι ένας συνδυασμός τόσο δημόσιων όσο και ιδιωτικών blockchain. Σε ένα υβριδικό blockchain, ορισμένα δεδομένα αποθηκεύονται δημόσια ενώ άλλα δεδομένα αποθηκεύονται ιδιωτικά, ανάλογα με την ευαισθησία των πληροφοριών. Αυτός ο τύπος blockchain επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οργανισμούς που πρέπει να διατηρήσουν τόσο το απόρρητο όσο και τη διαφάνεια.
4. Blockchain Κοινοπραξίας (Consortium Blockchain): Ένα blockchain κοινοπραξίας είναι ένα ιδιωτικό δίκτυο που διοικείται από μια κοινοπραξία ή μια ομάδα οργανισμών που συνεργάζονται για τη διατήρηση του δικτύου. Οι συμμετέχοντες σε ένα blockchain κοινοπραξίας προέρχονται συχνά από παρόμοια βιομηχανία ή έχουν κοινό ενδιαφέρον για τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στο blockchain.



Εικόνα 8: Τύποι blockchain, υιοθετήθηκε από [29]

Πιο αναλυτικά, τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα καθώς και μερικά σενάρια χρήσης του κάθε τύπου blockchain παρουσιάζονται παρακάτω [30]:

Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα και σενάρια χρήσης ανά τύπο blockchain

	Public	Private	Hybrid	Consortium
Πλεονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> • Ανεξαρτησία • Διαφάνεια • Εμπιστοσύνη 	<ul style="list-style-type: none"> • Έλεγχος πρόσβασης • Απόδοση 	<ul style="list-style-type: none"> • Έλεγχος πρόσβασης • Απόδοση • Επεκτασιμότητα 	<ul style="list-style-type: none"> • Έλεγχος πρόσβασης • Επεκτασιμότητα • Ασφάλεια
Μειονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> • Απόδοση • Επεκτασιμότητα • Ασφάλεια 	<ul style="list-style-type: none"> • Εμπιστοσύνη • Δυνατότητα ελέγχου 	<ul style="list-style-type: none"> • Διαφάνεια 	<ul style="list-style-type: none"> • Διαφάνεια
Σενάρια χρήσης	<ul style="list-style-type: none"> • Κρυπτονομίσματα • Επικύρωση εγγράφων 	<ul style="list-style-type: none"> • Εφοδιαστική αλυσίδα • Ιδιοκτησία περιουσιακών στοιχείων 	<ul style="list-style-type: none"> • Ιατρικά αρχεία • Real estate 	<ul style="list-style-type: none"> • Banking • Έρευνα • Εφοδιαστική αλυσίδα

3.6 Οφέλη Blockchain

Το Blockchain είναι μια επαναστατική καινοτόμα τεχνολογία που έχει επηρεάσει πολλούς κλάδους και έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει πολλούς ακόμα. Τα οφέλη της τεχνολογίας αυτής είναι πολλά, με αποτέλεσμα να έχει κερδίσει ευρεία προσοχή και υιοθέτηση σε διάφορους τομείς, από τον χρηματοοικονομικό κλάδο και την υγειονομική περίθαλψη έως τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και τα συστήματα ψηφοφορίας. Σε αυτό το πλαίσιο, είναι σημαντικό να κατανοηθούν σωστά τα πλεονεκτήματα που παρέχει η τεχνολογία του blockchain και πώς μπορούν να αξιοποιηθούν για τη βελτίωση των επιχειρηματικών λειτουργιών και διαδικασιών καθώς και για τη δημιουργία νέων ευκαιριών για ανάπτυξη και καινοτομία. Τα κυριότερα και πιο σημαντικά οφέλη είναι τα εξής [31]:

1. **Ενισχυμένη ασφάλεια:** Τα δεδομένα πολλές φορές είναι ευαίσθητα και ζωτικής σημασίας και το blockchain μπορεί να αλλάξει σημαντικά τον τρόπο προβολής των κρίσιμων πληροφοριών. Δημιουργώντας μια εγγραφή που δεν μπορεί να τροποποιηθεί και είναι κρυπτογραφημένη από άκρο σε άκρο, το blockchain βοηθά στην πρόληψη της απάτης και της μη εξουσιοδοτημένης δραστηριότητας. Τα ζητήματα απορρήτου μπορούν επίσης να αντιμετωπιστούν στο blockchain με την ανωνυμοποίηση προσωπικών δεδομένων και τη χρήση αδειών για την αποτροπή πρόσβασης. Οι πληροφορίες αποθηκεύονται σε ένα δίκτυο υπολογιστών και όχι σε έναν μόνο διακομιστή, γεγονός που καθιστά δύσκολη την προβολή δεδομένων από τους κακόβουλους χρήστες.
2. **Μεγαλύτερη διαφάνεια:** Λόγω του ότι το blockchain χρησιμοποιεί ένα κατακεκομμένο καθολικό, που διαμοιράζεται σε όλους τους συμμετέχοντες κόμβους, οι συναλλαγές και τα δεδομένα καταγράφονται πανομοιότυπα σε πολλές τοποθεσίες. Όλοι οι συμμετέχοντες με άδεια πρόσβασης (σε όσους τύπους blockchain απαιτείται) στο δίκτυο βλέπουν τις ίδιες πληροφορίες ταυτόχρονα, παρέχοντας πλήρη διαφάνεια. Όλες οι συναλλαγές καταγράφονται αμετάβλητα και φέρουν σφραγίδα ώρας και ημερομηνίας. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στα μέλη να δουν ολόκληρο το ιστορικό μιας συναλλαγής. Έτσι ουσιαστικά, εξαλείφεται κάθε ευκαιρία για απάτη και διαφθορά, καθώς καθίσταται πιο δύσκολη η απόκρυψη παράνομων δραστηριοτήτων. Επιπλέον, με αυτόν τον τρόπο χτίζονται καλύτερες σχέσεις εμπιστοσύνης μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών.
3. **Άμεση ιχνηλασιμότητα:** Το blockchain δημιουργεί μια διαδρομή ελέγχου που τεκμηριώνει την προέλευση ενός περιουσιακού στοιχείου σε κάθε βήμα της διαδρομής του. Σε βιομηχανίες όπου οι καταναλωτές ανησυχούν για περιβαλλοντικά θέματα ή ζητήματα ανθρωπίνων δικαιωμάτων το blockchain βοηθά στην ανίχνευση παρατυπιών ή μη συμμόρφωσης με νόμους και απαιτήσεις, σε βιομηχανίες που αντιμετωπίζουν προβλήματα παραποίησης και απάτης βοηθά στην παροχή αμετάβλητων αποδείξεων. Με το blockchain, είναι δυνατή η κοινή χρήση δεδομένων σχετικά με την προέλευση απευθείας με τους

πελάτες. Τα δεδομένα ιχνηλασιμότητας μπορούν επίσης να αποκαλύψουν αδυναμίες σε οποιαδήποτε αλυσίδα εφοδιασμού.

4. **Αυξημένη αποτελεσματικότητα και ταχύτητα:** Η τεχνολογία του blockchain μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα εξαλείφοντας την ανάγκη για μεσάζοντες και μειώνοντας τους χρόνους συναλλαγών. Τα «έξυπνα συμβόλαια», τα οποία είναι αυτοεκτελούμενα προγράμματα που εκτελούνται αυτόματα όταν πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, μπορούν επίσης να βοηθήσουν στην αυτοματοποίηση και τον εξορθολογισμό πολύπλοκων επιχειρηματικών διαδικασιών, οι οποίες είναι επιρρεπείς σε ανθρώπινα λάθη όταν εκτελούνται με παραδοσιακούς τρόπους (χειροκίνητα ή με διαδικασίες που απαιτούν πολλά χαρτιά), μειώνοντας τελικά έτσι την ανθρώπινη παρέμβαση και την εξάρτηση από τρίτους.

4. Μελέτες περίπτωσης

4.1 Walmart – IBM Food Trust

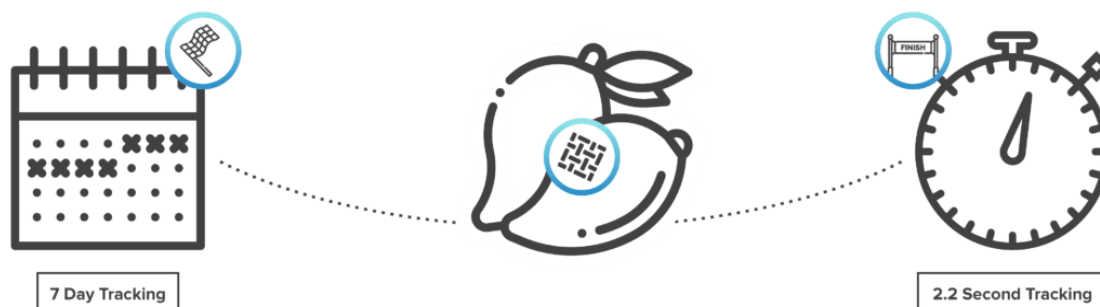
Η Walmart, μία από τις μεγαλύτερες εταιρίες λιανικού εμπορίου στον κόσμο η οποία δραστηριοποιείται σε 20 χώρες με πάνω από 10.500 καταστήματα, με την πρωτοβουλία να χρησιμοποιήσει την τεχνολογία του blockchain για τον εντοπισμό της προέλευσης των προϊόντων της, αποτελεί ένα από τα πιο ηχηρά παραδείγματα εφαρμογής της τεχνολογίας αυτής σε εφοδιαστική αλυσίδα. [32]

Το σύγχρονο σύστημα διατροφής προσφέρει στον κόσμο την δυνατότητα να αγοράζει κανείς φρέσκα προϊόντα καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου ή ακόμη και εξωτικά τρόφιμα από κάθε γωνιά του πλανήτη. Παρά το γεγονός ότι τις περισσότερες φορές τα τρόφιμα αυτά είναι ασφαλή προς κατανάλωση, υπάρχουν μικρές πιθανότητες να είναι επιβλαβή για τον καταναλωτή. Το 2018, αναφέρθηκαν τουλάχιστον 18 κρούσματα τροφιογενών ασθενειών στις ΗΠΑ, από ποικιλία μαρουλιών στην οποία βρέθηκαν κολοβακτήρια *Escherichia coli*. Σύμφωνα με τον Frank Yiannas, πρώην Αντιπροέδρου Ασφαλείας Τροφίμων της Walmart, *«Οι άνθρωποι μιλούν για την αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων, αλλά δεν είναι στην πραγματικότητα μια αλυσίδα, είναι ένα πολύπλοκο δίκτυο»* και στην περίπτωση ενός ξεσπάσματος τροφιογενούς ασθένειας μπορεί να χρειαστούν μέρες, αν όχι εβδομάδες, για να βρεθεί η πηγή της. Στην περίπτωση που οι ερευνητές δεν μπορέσουν να υποδείξουν μια συγκεκριμένη φάρμα ή αγρόκτημα, η κυβέρνηση συνήθως συμβουλεύει τους καταναλωτές να αποφεύγουν τα προϊόντα που καλλιεργούνται σε μια συγκεκριμένη περιοχή (όπως συνέβη με το μαρούλι από τη Γιούμα της Αριζόνα) ή ακόμη και να αποφύγουν εντελώς τον τύπο του προϊόντος. Σύμφωνα με τη Walmart, εκατομμύρια σακούλες ή κεφάλια μαρουλιού έπρεπε να αφαιρεθούν και οι καταναλωτές έχασαν εντελώς την εμπιστοσύνη τους στο μαρούλι. Η καλύτερη ιχνηλασιμότητα θα μπορούσε να βοηθήσει στη διάσωση ζωών, επιτρέποντας στις εταιρείες να ενεργούν πιο γρήγορα και να προστατεύουν τα προς το ζην των αγροτών απορρίπτοντας μόνο τα προϊόντα από τις πληγείσες καλλιέργειες.

Για τον λόγο αυτό, η Walmart ανέκαθεν ενδιαφερόταν για την ενίσχυση της διαφάνειας και της ιχνηλασιμότητας στο σύστημα τροφίμων, έχοντας δοκιμάσει πολλά συστήματα και προσεγγίσεις για την επίλυση αυτού του προβλήματος, δίχως όμως να έχουν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Τη λύση σε αυτό το πρόβλημα ήρθε να δώσει η τεχνολογία του blockchain η οποία αυτή την περίοδο ξεκίνησε να εμφανίζεται σε ολοένα και περισσότερες εφαρμογές πέρα από τα κρυπτονομίσματα που ο κόσμος είχε συνηθίσει μέχρι τότε. Ο Karl Bedwell, Ανώτερος Διευθυντής της Walmart Technology, εξηγεί: *«Η δημιουργία ενός συστήματος (ιχνηλασιμότητας) για ολόκληρο το οικοσύστημα προμήθειας τροφίμων ήταν μια πρόκληση εδώ και χρόνια και κανείς δεν το είχε καταλάβει. Σκεφτήκαμε ότι η τεχνολογία Blockchain μπορεί να είναι κατάλληλη για αυτό το πρόβλημα, λόγω της εστίασής της στην εμπιστοσύνη, την αμεταβλητότητα και τη διαφάνεια»*. Έτσι, ο Bedwell και η ομάδα του μύησαν στον Yiannas τις δυνατότητες της τεχνολογίας του

Blockchain για επιχειρηματικές λύσεις κι έπειτα ο ίδιος ο Γιάννης εξηγεί πως «Πέρασα πραγματικά μια στιγμή “αχα” μόλις κατάλαβα βαθιά την τεχνολογία. Ήμουν διστακτικός σχετικά με τη δημιουργία ενός ακόμη συστήματος ιχνηλασιμότητας – αυτά που είχαμε δοκιμάσει στο παρελθόν δεν κλιμακώθηκαν ποτέ. Τώρα καταλαβαίνω ότι ήταν επειδή ήταν κεντρικές βάσεις δεδομένων. Το blockchain, με το αποκεντρωμένο, κοινόχρηστο καθολικό του ήταν σαν να είναι φτιαγμένο για το σύστημα τροφίμων!».

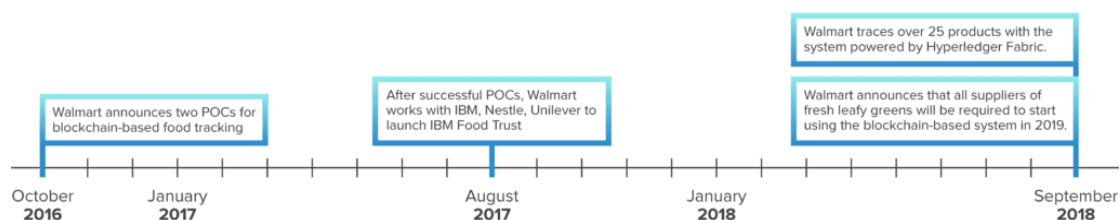
Αφού επιβεβαιώθηκε η χρήση της τεχνολογίας του blockchain, η Walmart σε συνεργασία με τον τεχνολογικό της συνεργάτη IBM, άρχισε να εργάζεται τον Οκτώβριο του 2016 πάνω σε δύο έργα proof of concept (POC). Το ένα αφορούσε την ανίχνευση της προέλευσης των μάνγκο που πωλούνται στα καταστήματα της Walmart στις ΗΠΑ και το άλλο είχε στόχο να εντοπίζει το χοιρινό κρέας που πωλείται στα καταστήματά της στην Κίνα. Για το έργο που σχετιζόταν με τα μάνγκο, ο Γιάννης, προκειμένου να υπάρχει ένα σημείο αναφοράς, διεξήγαγε μία έρευνα στην οποία αγόρασε ένα πακέτο μάνγκο σε φέτες από ένα κοντινό κατάστημα Walmart και ζήτησε από την ομάδα του να προσδιορίσει από ποια φάρμα είχαν προέλθει όσο το δυνατόν πιο γρήγορα. Η ομάδα άρχισε να καλεί και να στέλνει email σε διανομείς και προμηθευτές και τελικά έλαβε μια απάντηση 6 μέρες, 18 ώρες και 26 λεπτά μετά. Το αποτέλεσμα ήταν ικανοποιητικό αλλά όχι το βέλτιστο για την ίδια την εταιρία. Η ομάδα της Walmart Technology εξέτασε τις δικές της διαδικασίες καθώς και αυτές των προμηθευτών της για να σχεδιάσει την εφαρμογή. Επιπλέον, υπήρξε συνεργασία με τον GS1, το διεθνή, μη κερδοσκοπικό οργανισμό που σχεδιάζει, αναπτύσσει και συντηρεί παγκόσμια ανοιχτά πρότυπα όπως barcodes και ετικέτες για την αποτελεσματικότερη επικοινωνία στις εφοδιαστικές αλυσίδες. Το σύστημα ιχνηλασιμότητας τροφίμων το οποίο βασίστηκε στην τεχνολογία του blockchain Hyperledger Fabric που δημιουργήθηκε για τα δύο προϊόντα (μάνγκο και χοιρινό κρέας) λειτούργησε επιτυχώς. Πιο συγκεκριμένα για το χοιρινό κρέας στην Κίνα, επέτρεπε τη μεταφόρτωση πιστοποιητικών αυθεντικότητας στο δίκτυο του blockchain, λύνοντας έτσι το πρόβλημα της εμπιστοσύνης που υπήρχε στο σύστημα διατροφής. Όσον αφορά τα μάνγκο στις ΗΠΑ, ο χρόνος που χρειαζόταν για τον εντοπισμό της προέλευσής τους μειώθηκε από 7 ημέρες περίπου σε 2,2 δευτερόλεπτα!



Εικόνα 9: Walmart, η ανίχνευση προέλευσης των μάνγκο από 7 ημέρες σε 2.2 δευτερόλεπτα, υιοθετήθηκε από [33]

Μετά την επιτυχία των δύο POC έργων, τον Αύγουστο του 2017, η Walmart ανακοίνωσε μια συνεργασία με μεγάλα ονόματα του κλάδου όπως οι Dole, Kroger,

McCormick, Nestlé, Tyson Foods και Unilever για να συνεργαστούν και να βρουν νέες εφαρμογές που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην αύξηση της ιχνηλασιμότητας των τροφίμων πάντα έχοντας στο πλευρό της τον τεχνολογικό της συνεργάτη IBM. Ένα χρόνο αργότερα τον Σεπτέμβριο του 2018 ανακοινώθηκε η κυκλοφορία της πλατφόρμας IBM Food Trust και η ίδια η Walmart ανίχνευε την συγκεκριμένη περίοδο περισσότερα από 25 προϊόντα από 5 διαφορετικούς προμηθευτές όπως για παράδειγμα μάνγκο, φράουλες, φυλλώδη λαχανικά και χόρτα, κρέας και πουλερικά όπως κοτόπουλο και χοιρινό κρέας, γαλακτοκομικά όπως γιαούρτι και γάλα αμυγδάλου αλλά ακόμη και προϊόντα πολλαπλών συστατικών όπως συσκευασμένες σαλάτες και παιδικές τροφές. Η πλατφόρμα κέρδισε πολύ γρήγορα έλξη, με έναν αυξανόμενο αριθμό εταιρειών στη βιομηχανία τροφίμων να την υιοθετούν για να βελτιώσουν τις λειτουργίες της εφοδιαστικής τους αλυσίδας. Μέσα σε αυτές, μεγάλες εταιρίες του κλάδου όπως Carrefour και Golden State Foods. [33], [34], [35], [36], [37]



Εικόνα 10: Χρονοδιάγραμμα μελέτης περίπτωσης Walmart., υιοθετήθηκε από [33]

Τα πλεονεκτήματα χρήσης της πλατφόρμας αυτής είναι ποικίλα. Κύριο πλεονέκτημα είναι η ικανότητά του να παρέχει διαφάνεια και ιχνηλασιμότητα των προϊόντων, δημιουργώντας ένα αμετάβλητο αρχείο καθώς κινούνται στην αλυσίδα εφοδιασμού. Το IBM Food Trust επιτρέπει σε όλους τους συμμετέχοντες (παραγωγούς, προμηθευτές, μεταφορείς, πωλητές, καταναλωτές) να εντοπίσουν την προέλευση και τη διαδρομή ενός συγκεκριμένου προϊόντος / τροφίμου, από το σημείο παραγωγής όπως είναι για παράδειγμα μία φάρμα ή μία καλλιέργεια μέχρι το ράφι του σημείου πώλησης όπως είναι για παράδειγμα τα σουπερμάρκετ, τα μανάβικα ή τα κρεοπωλεία. Αυτός ο τρόπος εντοπισμού των προϊόντων συμβάλλει στην αύξηση της διαφάνειας και στην οικοδόμηση εμπιστοσύνης μεταξύ των συμμετεχόντων, καθώς μειώνει τον κίνδυνο απάτης ή λαθών. Ένα ακόμη μεγάλο όφελος της πλατφόρμας IBM Food Trust είναι η δυνατότητά της να βελτιώσει την ασφάλεια των τροφίμων, επιτρέποντας ταχύτερη και ακριβέστερη αναγνώριση κρουσμάτων τροφιογενών ασθενειών. Έτσι, η IBM Food Trust μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη της εξάπλωσης μόλυνσης και στη μείωση του κινδύνου ασθένειας, ανιχνεύοντας την προέλευση των μολυσμένων προϊόντων, καθίσταται ευκολότερο να εντοπιστεί η πηγή της μόλυνσης και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για την πρόληψη περαιτέρω εξάπλωσης. Με αυτόν τον τρόπο, πέρα από τη μείωση του αριθμού των ατόμων που επηρεάζονται από μία πιθανή μόλυνση, ελαχιστοποιείται και ο κίνδυνος αρνητικής επιρροής στη φήμη της επωνυμίας της εκάστοτε εταιρείας. Τέλος, οι συμμετέχοντες μπορούν να μοιραστούν πληροφορίες σχετικά με την προέλευση, την ποιότητα και την ασφάλεια των προϊόντων σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που συμβάλλει στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και στη μείωση των απορριμμάτων

καθώς η τεχνολογία του blockchain διασφαλίζει ότι όλοι οι συμμετέχοντες έχουν πρόσβαση στα ίδια δεδομένα μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο αποκλίσεων και σφαλμάτων που μπορεί να προκληθούν κατά την μεταξύ τους επικοινωνία. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση ευπαθών προϊόντων, όπως είναι τα φρέσκα προϊόντα τα οποία έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής και τα προϊόντα ψυγείου ή κατάψυξης τα οποία έχουν συγκεκριμένες συνθήκες στις οποίες μπορούν να συντηρηθούν.

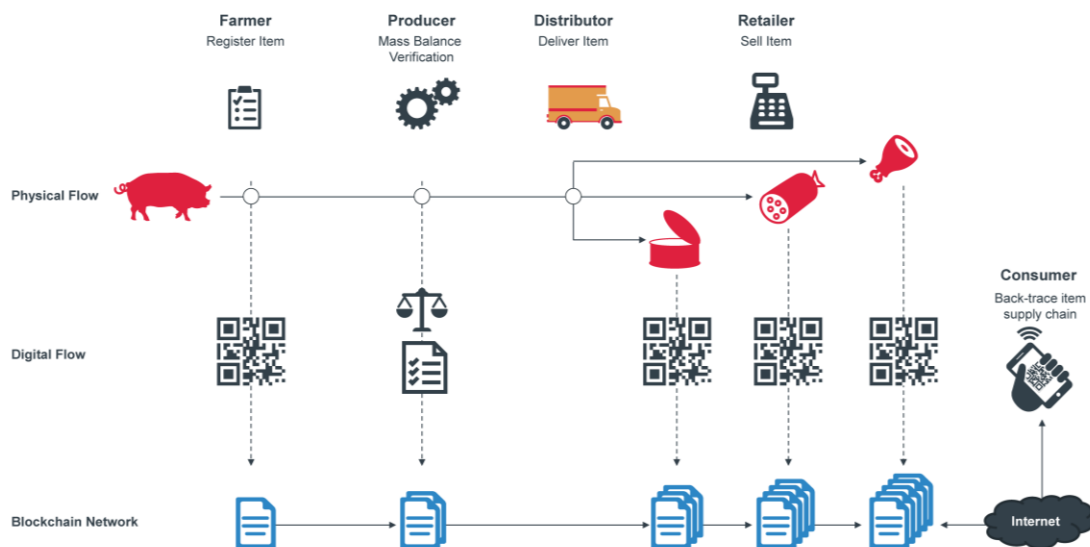
Ωστόσο, παρά τα πλεονεκτήματα της πλατφόρμας, η IBM Food Trust αντιμετωπίζει αρκετές προκλήσεις καθώς προσπαθεί να μεταμορφώσει / εξελίξει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η βιομηχανία τροφίμων. Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις είναι η ανάγκη για ευρεία υιοθέτηση της τεχνολογίας από μεγάλο αριθμό εταιρειών σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων προκειμένου να υπάρχει αποτελεσματικότητα. Αυτό απαιτεί συμμετοχή επί πληρωμή στην πλατφόρμα από προμηθευτές, λιανοπωλητές και άλλους ενδιαφερόμενους, αλλά και συνεχή διασφάλιση ότι τα δεδομένα είναι ακριβή και ενημερωμένα, κάτι που μπορεί να είναι δύσκολο να επιτευχθεί. Μια άλλη πρόκληση είναι το κόστος υλοποίησης. Η Walmart συγκεκριμένα έχει αντιμετωπίσει αυτήν την πρόκληση καθιστώντας ως απαίτηση για τους προμηθευτές της να χρησιμοποιούν την πλατφόρμα, αλλά αυτή δεν ήταν εύκολη διαδικασία και απαιτούσε σημαντικές επενδύσεις στην κατάρτιση και την εκπαίδευση. Ενώ τα οφέλη του IBM Food Trust είναι ξεκάθαρα, το κόστος εφαρμογής της πλατφόρμας μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο για ορισμένες εταιρείες, καθώς η τεχνολογία είναι ακόμα σχετικά νέα και μπορεί να υπάρχει μεγάλη καμπύλη μάθησης για ορισμένους συμμετέχοντες καθώς προσαρμόζονται στην πλατφόρμα. Τέλος, η πλατφόρμα αντιμετωπίζει την πρόκληση της διασφάλισης του απορρήτου και της ασφάλειας των δεδομένων. Οι συμμετέχοντες θέλουν να είναι σίγουροι ότι τα δεδομένα τους προστατεύονται και ότι η πλατφόρμα είναι ασφαλής. Ενώ η τεχνολογία blockchain είναι εγγενώς ασφαλής λόγω της κρυπτογράφησης των εγγραφών, εξακολουθεί να υπάρχει κίνδυνος παραβιάσεων δεδομένων ή άλλων περιστατικών ασφαλείας.

Σύμφωνα με σχετικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν, τα αποτελέσματα έδειξαν πως:

1. Το 52% των καταναλωτών λέει ότι το να γνωρίζουν από πού προέρχονται τα τρόφιμα είναι πολύ έως κάπως σημαντικό. [38], [39]
2. Το 63% των Αμερικανών που συμμετείχαν στην έρευνα δήλωσαν ότι θα πλήρωναν έως και 36% περισσότερα για προϊόντα που παράγονται υπεύθυνα και προέρχονται από διαφάνεια. [38], [40]
3. Το 94% των καταναλωτών που ερωτήθηκαν δήλωσαν ότι θα ήταν πιο πιστοί σε μια επωνυμία που προσφέρει πλήρη διαφάνεια. [38], [41]

Συμπερασματικά, η πρωτοβουλία blockchain της Walmart ήταν επιτυχής στη βελτίωση της ασφάλειας των τροφίμων και της αποτελεσματικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η εταιρεία έχει αποδείξει ότι η τεχνολογία blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μιας πιο διαφανούς και ανιχνεύσιμης αλυσίδας εφοδιασμού, με οφέλη τόσο για την εταιρεία όσο και για τους πελάτες της. Με βάση αυτό

η IBM δημιούργησε την καινοτόμο πλατφόρμα IBM Food Trust που έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει τη βιομηχανία τροφίμων, παρέχοντας διαφάνεια, ιχνηλασιμότητα και κοινή χρήση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η πλατφόρμα μπορεί να βελτιώσει την ασφάλεια, την ποιότητα και την αποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων. Ωστόσο, αντιμετωπίζει επίσης αρκετές προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένης της ανάγκης για ευρεία διάδοση, η οποία απαιτεί συνεργασία και επενδύσεις από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη. Τέλος, σύμφωνα με άρθρα που δημοσιεύτηκαν στο περιοδικό Forbes, η πλατφόρμα έχει καταταχθεί στα 50 καλύτερα και πιο καινοτόμα έργα blockchain επί πέντε συνεχόμενες χρονιές (2019, 2020, 2021, 2022, 2023). [42], [43], [44], [45], [46]



Εικόνα 11: Παράδειγμα εντοπισμού προέλευσης προϊόντων χοιρινού κρέατος μέσω της πλατφόρμας IBM Food Trust, υιοθετήθηκε από [47]

4.2 Tony's Chocolonely – BeanTracker

Η Tony's Chocolonely είναι μια ολλανδική εταιρεία σοκολάτας που υποστηρίζει την προώθηση πρακτικών δίκαιου εμπορίου στη βιομηχανία του κακάο. Η Tony's Chocolonely ιδρύθηκε το 2005 από τον Teun van der Keuken (Tony), έναν Ολλανδό δημοσιογράφο που διερευνά το θέμα της παιδικής εργασίας στη βιομηχανία κακάο. Συγκλονίστηκε όταν διαπίστωσε ότι η παιδική εργασία εξακολουθούσε να είναι ενδημική στη βιομηχανία κακάο. Προκειμένου να μετασχηματίσει αυτή την αγορά, αποφάσισε να ιδρύσει τη δική του εταιρεία σοκολάτας, η οποία κατέληξε σήμερα σε μια μάρκα σοκολάτας που είναι αφιερωμένη στην υλοποίηση μιας βιομηχανίας σοκολάτας 100% χωρίς σκλάβους (slave-free).

Η βιομηχανία κακάο αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένης της παιδικής εργασίας και των πρακτικών καταναγκαστικής εργασίας. Σύμφωνα με έρευνες που διεξήγαγε το Υπουργείο Εργασίας των Ηνωμένων Πολιτειών (U.S. Department of Labor) την περίοδο 2018-2019, η Ακτή Ελεφαντοστού (Côte d'Ivoire ή Ivory Coast) και η Γκάνα (Ghana), μαζί, παράγουν σχεδόν το 60% του παγκόσμιου κακάο κάθε χρόνο, και

οι τελευταίες εκτιμήσεις βρήκαν ότι 1,56 εκατομμύρια παιδιά ασχολούνται με επικίνδυνες εργασίες σε φάρμες κακάο σε αυτές τις δύο χώρες [48], [49]. Επιπλέον, η πλειονότητα των καλλιεργητών κακάο ζει κάτω από το όριο της φτώχειας, καθιστώντας τους ευάλωτους στην εκμετάλλευση. Για να αντιμετωπίσει αυτά τα ζητήματα, η Tony's Chokolonely έχει αναπτύξει και εφαρμόσει μια αποστολή "χωρίς σκλάβους" ("slave-free") και προσπαθεί να προμηθεύεται κακάο μόνο από αγρότες που ακολουθούν δίκαιες πρακτικές εργασίας. [50]



Εικόνα 12: Tony's Open Chain, υιοθετήθηκε από [51]

Για να το καταφέρει αυτό, η εταιρεία, δεν προμηθεύεται μαζικά τους κόκκους κακάο. Αντ' αυτού επιλέγει να συνεργάζεται με αρκετούς ειδικούς αγροτικούς συνεταιρισμούς στην Γκάνα και την Ακτή Ελεφαντοστού. Δουλεύοντας στενά με τους αγρότες και εφαρμόζοντας τις πέντε αρχές προμήθειας του Tony, η Tony's Chokolonely είναι πεπεισμένη ότι αυτό κρατά το κλειδί για τον τερματισμό της παιδικής δουλείας. Οι αγρότες που παραδίδουν κακάο μέσω των συνεταιρισμών στην Tony's Chokolonely βλέπουν τα προς το ζην να βελτιώνονται και εκπαιδεύονται σε καλύτερες γεωργικές πρακτικές. Όσον αφορά τις πέντε αρχές βιώσιμης προμήθειας του Tony αυτές είναι:

1. Χρήση μόνο ανιχνεύσιμων κόκκων κακάο.
2. Πληρωμή μεγαλύτερου αντίτιμου.
3. Επένδυση σε ισχυρούς αγρότες (επαγγελματισμός).
4. Ανάπτυξη μακροχρόνιων σχέσεων.
5. Προσήλωση στην ποιότητα και την παραγωγικότητα.

Και οι πέντε αρχές είναι εξίσου σημαντικές και πρέπει να εφαρμοστούν μαζί προκειμένου να διασφαλιστεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. [52]

Η εφοδιαστική αλυσίδα της Tony's Chokolonely αποτελείται από τέσσερα κύρια βήματα: προμήθεια, επεξεργασία, συσκευασία και διανομή. Η εταιρεία προμηθεύεται το κακάο της από τη Δυτική Αφρική, κυρίως από την Γκάνα και την Ακτή Ελεφαντοστού. Οι κόκκοι κακάο στη συνέχεια μεταφέρονται στην Ευρώπη, όπου μεταποιούνται σε μπάρες σοκολάτας σε εργοστάσιο στο Βέλγιο. Τα τελικά προϊόντα σοκολάτας συσκευάζονται και διανέμονται σε λιανοπωλητές σε όλη την Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες.

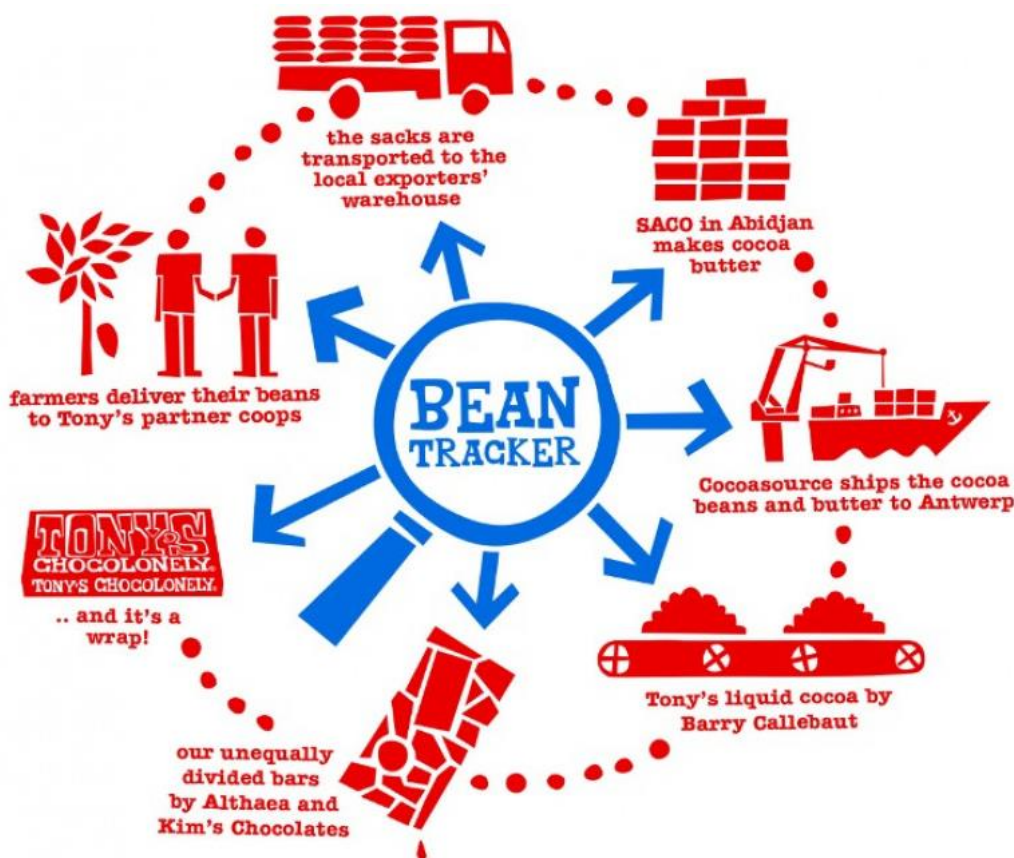
Η τεχνολογία blockchain παρέχει μια αμετάβλητη, διαφανή και ασφαλή πλατφόρμα για την παρακολούθηση προϊόντων σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Η Tony's Chocolonely ανέπτυξε ένα σύστημα λογισμικού, κατασκευασμένο με την υβριδική τεχνολογία blockchain "ChainPoint", το οποίο ονομάζεται BeanTracker για να παρακολουθεί τους κόκκους κακάο από τη φάρμα μέχρι την μεταποίησή τους σε μπάρα σοκολάτας. Το σύστημα ιχνηλασιμότητας επιτρέπει στην εταιρεία να παρακολουθεί την προέλευση των κόκκων κακάο και να διασφαλίζει ότι προέρχονται από φάρμες που ακολουθούν δίκαιες πρακτικές εργασίας, η οποία είναι και μία από τις πέντε αρχές της για βιώσιμη προμήθεια. Το σύστημα ιχνηλασιμότητας λειτουργεί ως εξής: Σε κάθε σακούλα κόκκων κακάο εκχωρείται ένα μοναδικό αναγνωριστικό που καταγράφεται στο blockchain. Το αναγνωριστικό περιλαμβάνει πληροφορίες όπως τη φάρμα προέλευσης, την ημερομηνία συγκομιδής και το αντίτιμο που καταβλήθηκε στον αγρότη. Οι πληροφορίες καταγράφονται στο blockchain με ασφαλή και απαραβίαστο τρόπο, διασφαλίζοντας ότι δεν μπορούν να τροποποιηθούν ή να διαγραφούν. Εκτός από την παρακολούθηση των κόκκων κακάο, η Tony's Chocolonely χρησιμοποιεί επίσης τεχνολογία blockchain για την παρακολούθηση της μεταφοράς και της επεξεργασίας του κακάο. Η εταιρεία συνεργάζεται με εταιρείες μεταφορών (logistics) που χρησιμοποιούν επίσης τεχνολογία blockchain για να παρακολουθούν την κίνηση του κακάο από το αγρόκτημα στο εργοστάσιο. Αυτό επιτρέπει στην Tony's Chocolonely να διασφαλίσει ότι το κακάο μεταφέρεται έγκαιρα και με ασφάλεια και ότι η επεξεργασία του γίνεται σε εγκατάσταση που ακολουθεί δίκαιες πρακτικές εργασίας. [53]

Η χρήση της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα παρέχει τα εξής οφέλη στην Tony's Chocolonely:

1. Διαφάνεια: Το σύστημα ιχνηλασιμότητας παρέχει διαφάνεια για την προέλευση των κόκκων κακάο και τις συνθήκες υπό τις οποίες προέρχονται.
2. Αποδοτικότητα: Το σύστημα επιτρέπει την πιο αποτελεσματική παρακολούθηση των κόκκων κακάο, μειώνοντας τον κίνδυνο απάτης ή κακής διαχείρισης.
3. Υπευθυνότητα: Καταγράφοντας διάφορες πληροφορίες που δεν μπορούν να παραποιηθούν, η Tony's Chocolonely αναγκάζει τους προμηθευτές της να είναι υπεύθυνοι στην τήρηση δίκαιων εργασιακών πρακτικών.
4. Εμπιστοσύνη: Μέσω όλου του συστήματος μπορεί να οικοδομήσει εμπιστοσύνη στους πελάτες της, οι οποίοι ανησυχούν όλο και περισσότερο για τις ηθικές πρακτικές προμήθειας.

Εν κατακλείδι, η Tony's Chocolonely απέδειξε πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία του blockchain για την προώθηση ηθικών και δίκαιων πρακτικών εμπορίου στη βιομηχανία κακάο. Χρησιμοποιώντας ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας που βασίζεται σε blockchain, η εταιρεία μπορεί να διασφαλίσει ότι οι κόκκοι κακάο της προέρχονται από φάρμες που ακολουθούν δίκαιες πρακτικές εργασίας και ότι η μεταφορά και η επεξεργασία του κακάο διεξάγεται επίσης με δίκαιο και ηθικό τρόπο. Η χρήση της

τεχνολογίας blockchain παρέχει διαφάνεια, αποδοτικότητα, υπευθυνότητα και εμπιστοσύνη, καθιστώντας την ιδανική λύση για την παρακολούθηση προϊόντων.



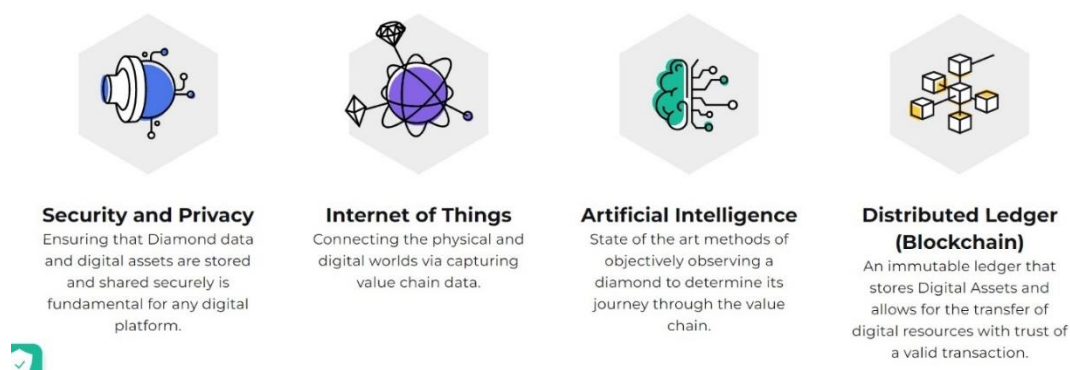
Εικόνα 13: Tony's BeanTracker, υιοθετήθηκε από [53]

4.3 De Beers – Tracr

Η De Beers είναι μια εταιρεία εξόρυξης διαμαντιών που λειτουργεί από το 1888 και δραστηριοποιείται παγκοσμίως, κατέχοντας ένα σημαντικό μέρος αγοράς. Είναι υπεύθυνη για την εξόρυξη, την επεξεργασία και τη διανομή αυτών των πολύτιμων λίθων. Η βιομηχανία των διαμαντιών έχει μια πολύπλοκη εφοδιαστική αλυσίδα που περιλαμβάνει πολλούς ενδιαφερόμενους, συμπεριλαμβανομένων των ανθρακωρύχων, των κοπτικών, των χονδρεμπόρων και των λιανοπωλητών. Αυτή η πολυπλοκότητα έχει καταστήσει δύσκολη τη διασφάλιση της διαφάνειας και της υπευθυνότητας καθ' όλη τη διαδικασία. Επιπλέον, η βιομηχανία διαμαντιών μαστίζεται από ζητήματα όπως τα "ματωμένα διαμάντια" (blood diamonds ή conflict diamonds), τα οποία σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη είναι «διαμάντια που προέρχονται από περιοχές που ελέγχονται από δυνάμεις ή φατρίες που αντιτίθενται σε νόμιμες και διεθνώς αναγνωρισμένες κυβερνήσεις και χρησιμοποιούνται για τη χρηματοδότηση στρατιωτικής δράσης ενάντια σε αυτές τις κυβερνήσεις ή κατά παράβαση των αποφάσεων του Συμβουλίου Ασφαλείας». Αυτό το

ζήτημα οδήγησε στην εφαρμογή του συστήματος πιστοποίησης Kimberley Process Certification Scheme (KPCS), το οποίο απαιτεί από τις χώρες παραγωγής διαμαντιών να διασφαλίσουν ότι τα διαμάντια τους είναι απαλλαγμένα από συγκρούσεις. [54]

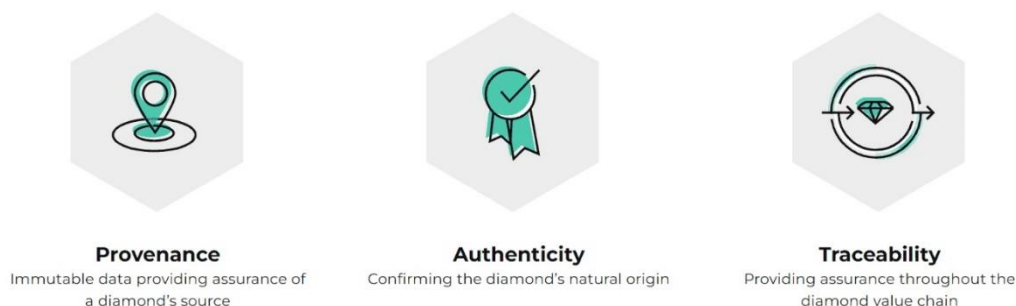
Η De Beers, προκειμένου να διασφαλίσει τη διαφάνεια και την υπευθυνότητα στην αλυσίδα εφοδιασμού της, εφάρμοσε σε αυτήν την τεχνολογία του blockchain. Η έρευνα και η ανάπτυξη της πλατφόρμας διήρκησε 4 χρόνια κατά τα οποία η De Beers συνεργάστηκε με πέντε κορυφαίες εταιρείες κατασκευής διαμαντιών (Diacore, Diarough, KGK Group, Rosy Blue NV και Venus Jewel). Το 2018 κυκλοφόρησε επίσημα η πλατφόρμα με όνομα Tracr και έχει σχεδιαστεί προκειμένου να παρακολουθεί την πορεία των διαμαντιών από το ορυχείο μέχρι τον λιανοπωλητή. Πέρα από την τεχνολογία του blockchain, η πλατφόρμα συνδυάζει κορυφαίες και καινοτόμες τεχνολογίες όπως αυτή της τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence ή AI), του διαδικτύου των πραγμάτων (Internet of Things ή IoT) και της προηγμένης ασφάλειας και του απορρήτου. Η πλατφόρμα Tracr χρησιμοποιεί ένα ψηφιακό κατάλογο εγγραφών στον οποίο καταγράφεται το ταξίδι κάθε διαμαντιού στην εφοδιαστική αλυσίδα. Σε κάθε διαμάντι εκχωρείται ένα μοναδικό αναγνωριστικό, το οποίο μαζί με τα βασικά χαρακτηριστικά του όπως η προέλευση, το βάρος, η κοπή, τα καράτια, το χρώμα και η διαύγειά του καταγράφονται στο blockchain και κοινοποιούνται σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη της αλυσίδας εφοδιασμού. Η κοινοποίηση της εκάστοτε πληροφορίας γίνεται με την παραχώρηση συγκεκριμένων αδειών πρόσβασης προκειμένου να υπάρχει προηγμένη ασφάλεια και απόρρητο.



Εικόνα 14: Οι τεχνολογίες της πλατφόρμας Tracr, υιοθετήθηκε από [55]

Μέσω της πλατφόρμας επιτρέπεται η παρακολούθηση της διαδρομής κάθε διαμαντιού από το ορυχείο μέχρι τον λιανοπωλητή, διασφαλίζοντας έτσι ότι τα διαμάντια δεν προέρχονται από ζώνες συγκρούσεων, αποτρέποντας έτσι την πώληση “ματωμένων διαμαντιών”. Επιπλέον, η χρήση της τεχνολογίας αυτής αυξάνει τη διαφάνεια και την υπευθυνότητα παρέχοντας στους ενδιαφερόμενους φορείς πρόσβαση σε πληροφορίες που προηγουμένως δεν ήταν διαθέσιμες. Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα της πλατφόρμας είναι ότι παρέχει στην De Beers έναν τρόπο να πιστοποιεί την ταυτότητα των διαμαντιών της, διασφαλίζοντας ότι κάθε διαμάντι είναι γνήσιο και ότι δεν έχει παραβιαστεί ή αλλοιωθεί στην αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτός ο έλεγχος

ταυτότητας παρέχει στους τελικούς πελάτες / καταναλωτές τη σιγουριά ότι αγοράζουν ένα γνήσιο διαμάντι και κατ' επέκταση αυξάνει την εμπιστοσύνη τους στην εταιρεία.



Εικόνα 15: Τα πλεονεκτήματα της πλατφόρμας Tracr, υιοθετήθηκε από [55]

Ενώ η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στη βιομηχανία διαμαντιών έχει πολλά οφέλη, υπάρχουν επίσης ορισμένες προκλήσεις. Μια πρόκληση είναι ότι η τεχνολογία είναι ακόμα σχετικά νέα και δεν έχει ακόμη υιοθετηθεί ευρέως. Αυτό σημαίνει ότι ορισμένοι ενδιαφερόμενοι στη βιομηχανία διαμαντιών μπορεί να διστάζουν να την υιοθετήσουν και μπορεί να χρειαστεί να πειστούν περισσότερο για τα οφέλη της. Μια άλλη πρόκληση είναι ότι απαιτεί τη συνεργασία όλων των ενδιαφερομένων στην αλυσίδα εφοδιασμού. Εάν ένας ενδιαφερόμενος δεν θέλει να συμμετάσχει στην πλατφόρμα, μπορεί να διαταράξει ολόκληρο το σύστημα. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι όλοι οι ενδιαφερόμενοι είναι πρόθυμοι να συμμετάσχουν και να συνεργαστούν. Τέλος, η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στη βιομηχανία διαμαντιών απαιτεί σημαντικές επενδύσεις σε υποδομές και τεχνολογία. Αυτή η επένδυση μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εμπόδιο στην είσοδο για ορισμένους μικρότερους ενδιαφερόμενους στον κλάδο.

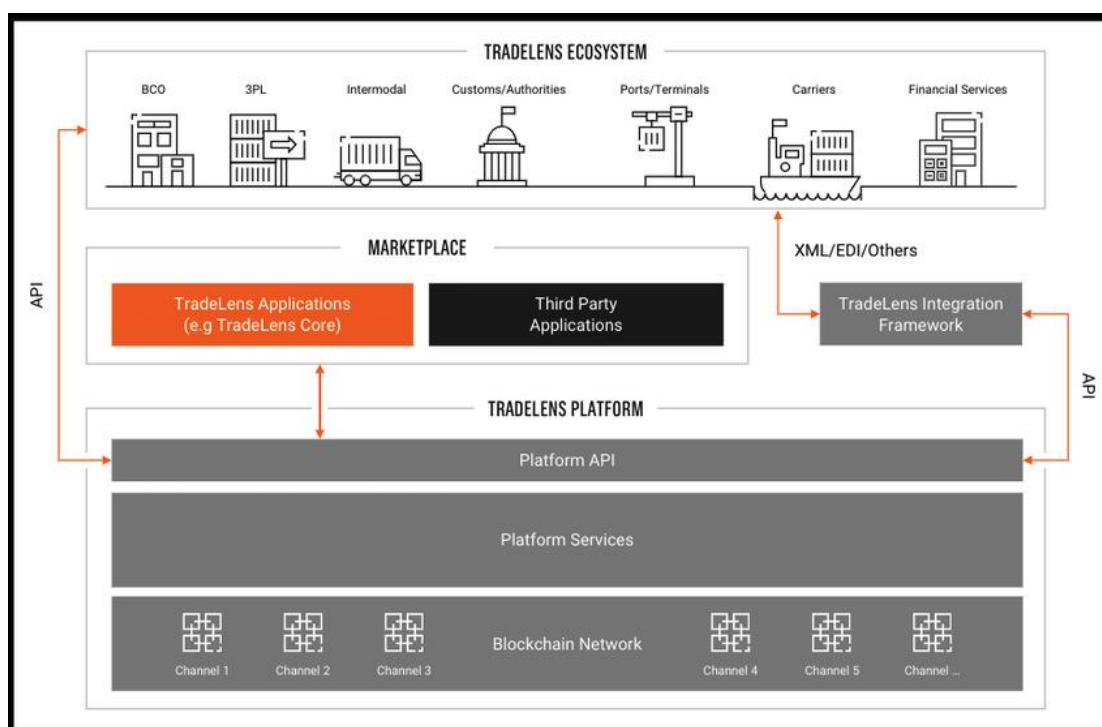
Συμπερασματικά, η De Beers απέδειξε πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία του blockchain σε μία τόσο πολύπλοκη εφοδιαστική αλυσίδα, αναπτύσσοντας την πρώτη πλατφόρμα blockchain στην συγκεκριμένη βιομηχανία. Μέσω της πλατφόρμας αυξήθηκε η διαφάνεια και η υπευθυνότητα παρέχοντας τη δυνατότητα παρακολούθησης της πορείας των διαμαντιών καθώς επίσης απετράπη η πώληση “ματωμένων διαμαντιών”, αποτελώντας έτσι ένα ουσιαστικό βήμα για τη συγκεκριμένη βιομηχανία. Τέλος, σύμφωνα με άρθρα που δημοσιεύτηκαν στο περιοδικό Forbes, η πλατφόρμα έχει καταταχθεί στα 50 καλύτερα και πιο καινοτόμα έργα blockchain για τα έτη 2020, 2022 και 2023. [43], [45], [46], [55], [56], [57]

4.4 Maersk – TradeLens

Η Mærsk A/S, γνωστή και απλά ως Maersk, είναι μια δανική εταιρεία που ιδρύθηκε το 1904 και αποτελεί την μεγαλύτερη εταιρεία ναυτιλίας και μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Η Maersk, πρωτοστάτησε εφαρμόζοντας την τεχνολογία του

blockchain στη διαχείριση της εφοδιαστικής της αλυσίδας, προκειμένου να βελτιώσει τη διαφάνεια, την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια σε αυτή.

Η πλατφόρμα που δημιουργήθηκε ονομάστηκε TradeLens, αναπτύχθηκε από την IBM και από ένα τμήμα της Maersk, την GTD Solutions και ανακοινώθηκε η επίσημη κυκλοφορία της το 2018. Η TradeLens είναι μια πλατφόρμα βασισμένη στην τεχνολογία του blockchain Hyperledger Fabric που επιτρέπει σε διαφορετικά μέρη στην αλυσίδα εφοδιασμού να μοιράζονται δεδομένα με ασφαλή και διαφανή τρόπο. Επιπλέον, η πλατφόρμα χρησιμοποιεί «έξυπνα συμβόλαια» (smart contracts) για την αυτοματοποίηση των ροών εργασίας και τον εξορθολογισμό των διαδικασιών. Η πλατφόρμα αποτελείται από δύο βασικά μέρη: το ιδιωτικό δίκτυο blockchain το οποίο διαθέτει επίπεδα ελέγχου μόνο για χρήστες με τα κατάλληλα δικαιώματα και το οικοσύστημα TradeLens. Το δίκτυο blockchain χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και την κοινή χρήση δεδομένων μεταξύ των διαφορετικών μερών στην αλυσίδα εφοδιασμού. Το οικοσύστημα TradeLens είναι ένα σύνολο εφαρμογών και υπηρεσιών που είναι χτισμένα πάνω στο δίκτυο blockchain και αποσκοπούν στην ορατότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας, τη διαχείριση εγγράφων και την παρακολούθηση φορτίου.



Εικόνα 16: Η αρχιτεκτονική της πλατφόρμας TradeLens, υιοθετήθηκε από [58]

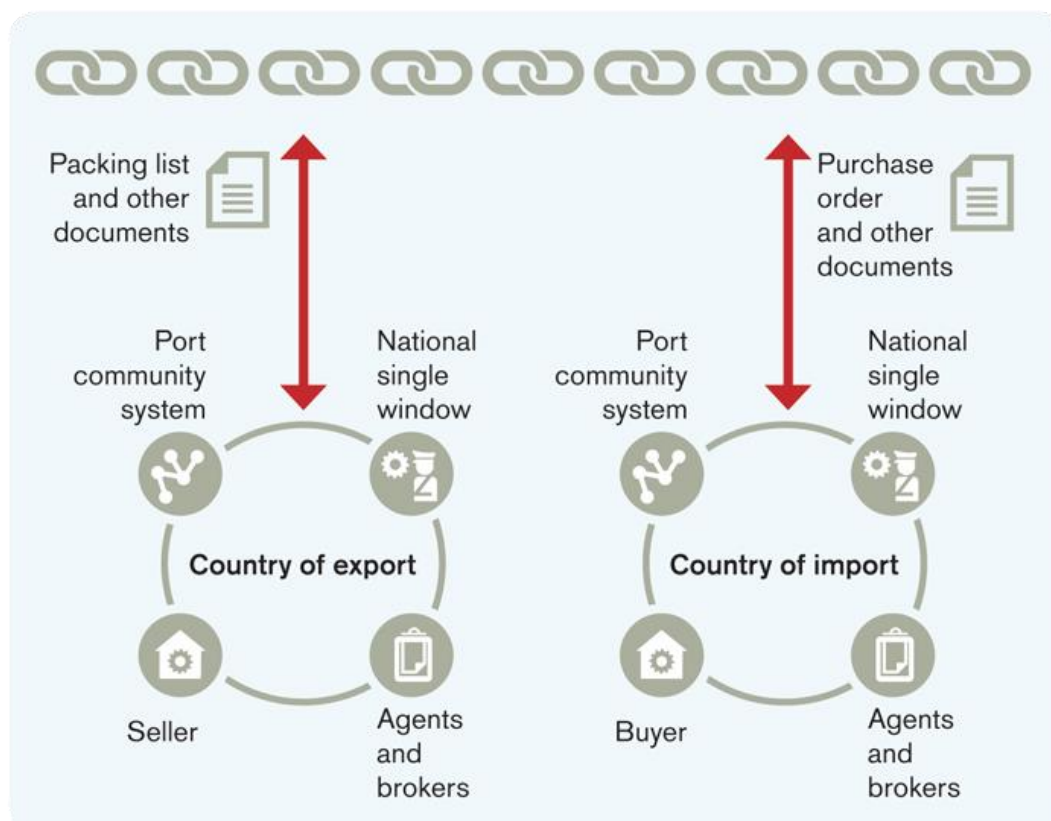
Με αυτή τη δυναμική και τις λειτουργίες, η πλατφόρμα, είχε τη δυνατότητα να αποτελέσει κύριο παράγοντα στον ψηφιακό μετασχηματισμό των αλυσίδων εφοδιασμού και να οδηγήσει τη βιομηχανία προς το εμπόριο απαλλαγμένο τελείως από το χαρτί. Όπως ανέφερε και ο Lars Kastrop, επικεφαλής πωλήσεων για την TradeLens στη Maersk, «Έχουμε μια χρυσή ευκαιρία να ψηφιοποιήσουμε και να τυποποιήσουμε τις διαδικασίες σε ολόκληρο τον κλάδο. Η τεχνολογία blockchain είναι εκεί και αν τα καταφέρουμε, θα οδηγήσει σε τεράστια εξοικονόμηση κόστους που θα ωφελήσει όχι μόνο

τους παράγοντες της εφοδιαστικής αλυσίδας όπως η *Maersk*, αλλά και πελάτες και καταναλωτές σε όλο τον κόσμο».

Οι λειτουργίες της πλατφόρμας έχουν διάφορα οφέλη. Ένα από τα κύρια οφέλη της λύσης αυτής είναι η βελτιωμένη διαφάνεια. Η πλατφόρμα επιτρέπει σε διαφορετικά μέρη της αλυσίδας εφοδιασμού να μοιράζονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που βελτιώνει την ορατότητα και μειώνει τον κίνδυνο απάτης. Για παράδειγμα, η πλατφόρμα επιτρέπει στους τελωνειακούς υπαλλήλους να παρακολουθούν την κίνηση των εμπορευμάτων σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που μειώνει τον κίνδυνο λαθρεμπορίου και παραποίησης. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι η βελτίωση της αποτελεσματικότητας με τον εξορθολογισμό των διαδικασιών και την αυτοματοποίηση των ροών εργασίας, χρησιμοποιώντας την εκτέλεση έξυπνων συμβολαίων για την αυτοματοποίηση εργασιών όπως η επεξεργασία εγγράφων και η παρακολούθηση φορτίου. Αυτό μειώνει την ανάγκη για χειροκίνητη παρέμβαση, η οποία εξοικονομεί χρόνο και μειώνει τον κίνδυνο σφαλμάτων. Επίσης, η βελτίωση της ασφάλειας αποτελεί ένα ακόμη όφελος της πλατφόρμας χρησιμοποιώντας κρυπτογράφηση των δεδομένων και των συναλλαγών. Επιπλέον, η πλατφόρμα χρησιμοποιεί έναν μηχανισμό συναίνεσης (consensus) για να διασφαλίσει ότι όλα τα μέρη στο δίκτυο συμφωνούν σχετικά με την κατάσταση του καθολικού κι έτσι μειώνεται ο κίνδυνος απάτης και βελτιώνεται η ακεραιότητα των δεδομένων.

Tradelens Blockchain Business Network

A secure source of truth



Εικόνα 17: Τρόπος λειτουργίας της πλατφόρμας TradeLens, υιοθετήθηκε από [59]

Η χρήση του blockchain από τη Maersk στη ναυτιλιακή βιομηχανία έχει επαινεθεί ευρέως για την ικανότητά της να βελτιώνει τη διαφάνεια, την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια. Η εταιρεία χρησιμοποιεί την πλατφόρμα TradeLens για να εξορθολογίσει τις λειτουργίες της αλυσίδας εφοδιασμού και να μειώσει τον κίνδυνο απάτης. Σε ένα παράδειγμα, η Maersk χρησιμοποίησε την πλατφόρμα TradeLens για να παρακολουθήσει μια αποστολή αβοκάντο από την Κένυα στην Ολλανδία. Μέσω μελέτης διαπιστώθηκε πως σε μια τέτοια αποστολή αβοκάντο εμπλέκονταν 30 διαφορετικοί οργανισμοί, πάνω από 100 άτομα και 200 μεμονωμένες ανταλλαγές πληροφοριών. Η πλατφόρμα επέτρεψε στη Maersk να παρακολουθεί την αποστολή σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που βελτίωσε την ορατότητα και μείωσε τον κίνδυνο απάτης. Η πλατφόρμα επέτρεψε επίσης στους τελωνειακούς υπαλλήλους να επαληθεύσουν τη γνησιότητα του φορτίου, γεγονός που μείωσε τον κίνδυνο λαθρεμπορίας. Σε ένα άλλο παράδειγμα, η εταιρεία χρησιμοποίησε την πλατφόρμα για να βελτιστοποιήσει τις διαδικασίες τεκμηρίωσής της. Η πλατφόρμα επέτρεψε στη Maersk να αυτοματοποιήσει την επεξεργασία των εγγράφων αποστολής, γεγονός που μείωσε την ανάγκη για χειροκίνητη παρέμβαση και εξοικονόμησε χρόνο. Η πλατφόρμα βελτίωσε επίσης την ακρίβεια των εγγράφων, γεγονός που μείωσε τον κίνδυνο σφαλμάτων.

Παρά την αποδεδειγμένη όμως αξία και τα οφέλη που προσφέρει η πλατφόρμα, η Maersk και η IBM οδηγήθηκαν τον Νοέμβριο του 2022 στην ανακοίνωση πως θα διακόψουν την πλατφόρμα στις αρχές του πρώτου τετραμήνου του 2023. Σύμφωνα με δήλωση του Rotem Hershko, Επικεφαλή Επιχειρηματικών Πλατφορμών της Maersk, «*Η TradeLens ιδρύθηκε με το τολμηρό όραμα να κάνει ένα άλμα στην παγκόσμια ψηφιοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας ως μια ανοιχτή και ουδέτερη βιομηχανική πλατφόρμα. Δυστυχώς, ενώ αναπτύξαμε με επιτυχία μια βιώσιμη πλατφόρμα, η ανάγκη για πλήρη παγκόσμια συνεργασία του κλάδου δεν έχει επιτευχθεί. Ως αποτέλεσμα, η TradeLens δεν έχει φτάσει στο επίπεδο εμπορικής βιωσιμότητας που είναι απαραίτητο για να συνεχίσει να εργάζεται και να ανταποκριθεί στις οικονομικές προσδοκίες ως ανεξάρτητη επιχείρηση*». Κατά τη διάρκεια των πέντε ετών ύπαρξής της, η πλατφόρμα είχε καταφέρει να προσελκύσει ένα δίκτυο με περισσότερα από 300 μέλη θαλάσσιων μεταφορέων, τερματικών σταθμών λιμένων, αποθηκών, τελωνειακών αρχών και παρόχων διατροφικών μεταφορών. Το 2020, αναφέρθηκε ότι η πλατφόρμα TradeLens είχε εξαπλωθεί σε περισσότερα από 600 λιμάνια και τερματικά, περιλαμβάνοντας 10 μεταφορείς και συνολικά 175 οργανισμούς. «*Σε έναν κλάδο όπου εξακολουθούμε να χρησιμοποιούμε δοξασμένα υπολογιστικά φύλλα και να μοιραζόμαστε δεδομένα χρησιμοποιώντας αρχεία XML μέσω email, η τεχνολογία blockchain έχει πραγματικά τη θέση της; Μπορεί. Αλλά η εφαρμογή του blockchain στην παγκόσμια αλυσίδα εφοδιασμού πρέπει να γίνει φυσικά. Μην κατασκευάζετε ένα προϊόν και περιμένετε να έρθουν πελάτες. Δημιουργήστε ένα προϊόν που γνωρίζετε ότι έχει πελάτες έτοιμους να ξεκινήσουν*», σχολίασε ο Antony Miller, ειδικός τεχνολογιών Logistics και Εφοδιαστικών Αλυσίδων. Παρόλα αυτά η Maersk δήλωσε πως παρά την αποτυχία της πλατφόρμας, σκοπεύουν να συνεχίσουν τις προσπάθειες για την ψηφιοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας και την

αύξηση της καινοτομίας του κλάδου μέσω άλλων λύσεων για τη μείωση των εμπορικών τριβών και την προώθηση περισσότερου παγκόσμιου εμπορίου.

Εν κατακλείδι, όσες καινοτομίες και πλεονεκτήματα και αν φέρνει ένα προϊόν / υπηρεσία, όπως στην συγκεκριμένη περίπτωση η πλατφόρμα TradeLens, δεν είναι αρκετό. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα είχε τη δυνατότητα να ψηφιοποιήσει τις εφοδιαστικές αλυσίδες της ναυτιλιακής βιομηχανίας και του εμπορίου απαλλάσσοντάς τες τελείως από το χαρτί και αυτοματοποιώντας επαναλαμβανόμενες διαδικασίες. Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο σημαντικότερος παράγοντας για να καταφέρει μία τέτοια πλατφόρμα να παραμείνει σε μία τόσο μεγάλη και πολύπλοκη εφοδιαστική αλυσίδα είναι η συνεργασία και η ευρεία υιοθέτηση από όλα τα μέρη που την αποτελούν. Τέλος, παρά την ανακοίνωση πως η πλατφόρμα δεν θα συνεχίσει να κυκλοφορεί, σύμφωνα με άρθρα που δημοσιεύτηκαν στο περιοδικό Forbes, η πλατφόρμα έχει καταταχθεί στα 50 καλύτερα και πιο καινοτόμα έργα blockchain για τα έτη 2019, 2021 και 2022. [42], [44], [45], [34], [60], [61], [59], [62], [63], [64]

4.5 Renault – XCEED

Η αυτοκινητοβιομηχανία είναι μια από τις πιο περίπλοκες και άκρως ελεγχόμενες βιομηχανίες στον κόσμο. Με τόσα πολλά διαφορετικά εξαρτήματα που απαιτούνται για την συναρμολόγηση και κατασκευή ενός οχήματος, μπορεί να είναι δύσκολη η διαχείριση της κανονιστικής συμμόρφωσης κάθε εξαρτήματος σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού. Ο Όμιλος Renault εργάζεται στην τεχνολογία blockchain από το 2015. Μετά από μια επιτυχημένη δοκιμή το 2019 στο εργοστάσιο του ομίλου στο Douai, μια νέα λύση blockchain για την πιστοποίηση της συμμόρφωσης των οχημάτων σε ευρωπαϊκό επίπεδο δημιουργήθηκε και ανακοινώθηκε πως θα εφαρμοστεί σε πολλά εργοστάσια της Renault σε όλη την Ευρώπη. Η πλατφόρμα αυτή αποτελεί το πρώτο έργο blockchain βιομηχανικής κλίμακας στην αυτοκινητοβιομηχανία και ονομάζεται XCEED (eXtended Compliance End-to-End Distributed). Η πλατφόρμα XCEED αναπτύχθηκε και κυκλοφόρησε επίσημα τον Απρίλιο του 2021 από σημαντικές εταιρείες του κλάδου όπως είναι η Renault Group, η Faurecia (ειδικός σε εσωτερικούς χώρους αυτοκινήτων), η Knauf Industries (προμηθευτής δομικών ανταλλακτικών Tier 1 και Tier 2), η Simoldes (ειδικός εξοπλισμού εσωτερικής επένδυσης και κατασκευαστική εργαλείων) και η Coskunöz (κατασκευαστική μεταλλικών εξαρτημάτων με στάμπα), σε συνεργασία με την IBM. Η πλατφόρμα βασίζεται στην καινοτόμα τεχνολογία του blockchain καθώς επίσης συνδυάζει τα Μεγάλα Δεδομένα (Big Data) και την Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence ή AI), έχοντας ως κύριο σκοπό την παρακολούθηση και τη διαχείριση της συμμόρφωσης των εξαρτημάτων του αυτοκινήτου σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού.

Η πλατφόρμα XCEED αναπτύχθηκε για την αντιμετώπιση ορισμένων από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η αυτοκινητοβιομηχανία. Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις είναι η διαχείριση της κανονιστικής συμμόρφωσης των ανταλλακτικών και

των εξαρτημάτων των αυτοκινήτων σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού. Καθώς τα οχήματα γίνονται ολοένα και πιο περίπλοκα, με πιο προηγμένη τεχνολογία, περισσότερες λειτουργίες και δυνατότητες αυξάνονται και τα εξαρτήματα που τα αποτελούν. Με αυτόν τον τρόπο το ρυθμιστικό περιβάλλον γίνεται επίσης πιο περίπλοκο, καθώς υπάρχουν πολλά διαφορετικά ρυθμιστικά πρότυπα που πρέπει να πληρούν τα εξαρτήματα των αυτοκινήτων και έτσι η διασφάλιση της συμμόρφωσης μπορεί να είναι μια πολύπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία.

Για να αντιμετωπίσει αυτές τις προκλήσεις, η πλατφόρμα XCEED δημιουργήθηκε βασισμένη σε τεχνολογίες νέφους (cloud) παρέχοντας μια σουίτα εργαλείων και λειτουργιών για τη διαχείριση της συμμόρφωσης των εξαρτημάτων των αυτοκινήτων σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού. Η κύρια λειτουργία του συστήματος βασίζεται στην τεχνολογία του blockchain Hyperledger Fabric και χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός αμετάβλητου αρχείου που διατηρεί το ιστορικό κάθε εξαρτήματος αλλά και τη συμμόρφωσή του με τα ρυθμιστικά πρότυπα. Έτσι η πλατφόρμα παρέχει έναν ασφαλή και διαφανή τρόπο παρακολούθησης και επαλήθευσης της γνησιότητας των εξαρτημάτων, καθώς και της συμμόρφωσής τους με τα ρυθμιστικά πρότυπα. Επιπλέον, επιτρέπεται η ιχνηλασιμότητα κάθε εξαρτήματος από άκρο σε άκρο (end-to-end), δηλαδή από το αρχικό σημείο παραγωγής του μέχρι και την τελική του τοποθέτηση στο αυτοκίνητο (ακόμη και ως μέρος ενός άλλου εξαρτήματος). Η παρακολούθηση και η ιχνηλασιμότητα αυτή μπορεί να συμβάλει στη μείωση του κινδύνου μη συμμόρφωσης, στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της αλυσίδας εφοδιασμού και στη βελτίωση της συνολικής ποιότητας και ασφάλειας των οχημάτων. Επιπλέον, υπάρχουν λειτουργίες όπως αυτοματοποιημένοι έλεγχοι συμμόρφωσης, παρακολούθηση της κατάστασης συμμόρφωσης σε πραγματικό χρόνο και ειδοποιήσεις για μη συμμόρφωση. Τέλος, η πλατφόρμα XCEED παρέχει ένα περιβάλλον συνεργασίας για όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη που εμπλέκονται στην αλυσίδα εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένων των προμηθευτών, των κατασκευαστών, των διανομέων και των ρυθμιστικών αρχών, επιτρέποντάς τους να έχουν πρόσβαση σε μία κοινή βάση πληροφοριών. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της επικοινωνίας και της συνεργασίας, στη μείωση του κινδύνου σφαλμάτων και καθυστερήσεων και στη βελτίωση της συνολικής αποτελεσματικότητας και παραγωγικότητας.

Συμπερασματικά, τα οφέλη που προσφέρει η πλατφόρμα αυτή στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι τα εξής:

1. Αυξημένη διαφάνεια: Παρέχεται αυξημένη διαφάνεια σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού, επιτρέποντας σε όλους τους ενδιαφερόμενους να έχουν πρόσβαση σε ακριβείς και ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με το ιστορικό κάθε εξαρτήματος.
2. Βελτιωμένη συμμόρφωση: Η πλατφόρμα συμβάλλει στη διασφάλιση ότι όλα τα ανταλλακτικά και τα εξαρτήματα πληρούν τις κανονιστικές απαιτήσεις, μειώνοντας τον κίνδυνο μη συμμόρφωσης.

3. Μειωμένος κίνδυνος: Μειώνεται ο κίνδυνος απάτης, κλοπής και άλλων κακόβουλων δραστηριοτήτων χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνικές κρυπτογράφησης και ελέγχου ταυτότητας.
4. Βελτιωμένη απόδοση: Η πλατφόρμα εξορθολογίζει τις διαδικασίες και μειώνει τον χρόνο και την προσπάθεια που απαιτείται για τη διαχείριση της συμμόρφωσης και άλλων κανονιστικών απαιτήσεων, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού.
5. Πιθανή εξοικονόμηση κόστους: Μειώνοντας τον κίνδυνο μη συμμόρφωσης μειώνεται κατ' επέκταση και ο κίνδυνος των σχετικών κυρώσεων, κι έτσι η πλατφόρμα XCEED έχει τη δυνατότητα να εξοικονομήσει σημαντικά χρηματικά ποσά στις εταιρείες.

Παρά τα πολλά πλεονεκτήματά της, η πλατφόρμα XCEED έχει επίσης ορισμένους περιορισμούς και προκλήσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Αυτοί είναι οι εξής:

1. Προκλήσεις υλοποίησης: Η εφαρμογή της πλατφόρμας μπορεί να αντιμετωπίσει προκλήσεις καθώς απαιτούνται σημαντικές επενδύσεις σε τεχνολογία και υποδομές.
2. Αντίσταση στην αλλαγή: Ορισμένοι ενδιαφερόμενοι μπορεί να είναι αρνητικοί ή δύσπιστοι στις αλλαγές που απαιτούνται για την υλοποίηση της πλατφόρμας, όπως αλλαγές σε υπάρχουσες διαδικασίες και συστήματα.
3. Διασύνδεση με υπάρχοντα συστήματα: Η πλατφόρμα μπορεί να χρειαστεί να ενσωματωθεί με υπάρχοντα συστήματα και διαδικασίες, κάτι που μπορεί να είναι πολύπλοκο και χρονοβόρο.
4. Απόρρητο δεδομένων: Η χρήση της τεχνολογίας blockchain εγείρει ανησυχίες σχετικά με το απόρρητο των δεδομένων, καθώς απαιτεί τη δημιουργία ενός αμετάβλητου αρχείου όλων των συναλλαγών και δραστηριοτήτων.

Ανταποκρινόμενη στις συνεχώς αυξανόμενες τεχνικές απαιτήσεις των ευρωπαϊκών ρυθμιστικών αρχών, η γαλλική αυτοκινητοβιομηχανία λάνσαρε την πλατφόρμα blockchain XCEED τον Απρίλιο του 2021 για να παρακολουθεί χιλιάδες ανταλλακτικά αυτοκινήτων σε κάθε όχημα που κατασκευάζεται σε 16 εργοστάσια σε όλη την Ευρώπη. Εάν κάποια χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα το μέγεθος μιας βίδας ή η θέση του προσκέφαλου δεν είναι σύμφωνα με τα πρότυπα των ρυθμιστικών αρχών, ο κατασκευαστής ειδοποιείται αυτόματα και μπορεί στη συνέχεια να ειδοποιήσει τους προμηθευτές με το πάτημα ενός κουμπιού, εξοικονομώντας εβδομάδες χρόνου στους ελέγχους. Μέχρι το 2024, η Renault ελπίζει να συγκεντρώσει 3.500 προμηθευτές σε μια προσπάθεια να παρακολουθεί κάθε ένα από τα 6.000 και πλέον ρυθμιζόμενα ανταλλακτικά και χαρακτηριστικά των αυτοκινήτων της. Το παραπάνω αποτελεί απόσπασμα του άρθρου που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό Forbes, σύμφωνα με το οποίο η πλατφόρμα XCEED κατατάχθηκε στα 50 καλύτερα και πιο καινοτόμα έργα blockchain για το 2022. [45]

Ανακεφαλαιώνοντας, η πλατφόρμα XCEED έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στην αυτοκινητοβιομηχανία και σε άλλες βιομηχανίες που επιδιώκουν να

βελτιώσουν τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και τη συμμόρφωση με τους εκάστοτε κανονισμούς. Παρέχοντας αυξημένη διαφάνεια, βελτιωμένη συμμόρφωση, μειωμένο κίνδυνο, βελτιωμένη αποτελεσματικότητα και πιθανή εξοικονόμηση κόστους, η πλατφόρμα μπορεί να βοηθήσει τις εταιρείες να παραμείνουν ανταγωνιστικές και να ανταποκριθούν στις κανονιστικές απαιτήσεις. [65], [66], [67], [68]

4.6 SkyCell

Ορισμένα προϊόντα απαιτούν ιδιαίτερη φροντίδα, όπου ακόμη και οι παραμικρές αλλαγές θερμοκρασίας μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα. Αυτά τα είδη περιλαμβάνουν ορισμένα ιατρικά προϊόντα, χημικά αντιδραστήρια και τρόφιμα. Συνήθως αποστέλλονται σε μονωμένη συσκευασία υψηλής απόδοσης για την ελαχιστοποίηση πιθανών ζημιών από την έκθεση στη ζέστη ή το κρύο. Όμως, σε πολλές περιπτώσεις, αυτό δεν είναι αρκετό. Η ζημιά που προκύπτει μπορεί να είναι ακόμα σημαντική. Για παράδειγμα, ένα στα πέντε φαρμακευτικά προϊόντα καταστρέφεται κατά τη μεταφορά λόγω διακοπής της ψυκτικής αλυσίδας. Αυτό είναι πιθανό για διάφορους λόγους. Τα ψυγεία μπορεί να χαλάσουν ή να διαταραχθούν από διακοπές ρεύματος. Ή, οι οδηγοί μπορεί να αφήσουν τα ψυγεία χωρίς επιτήρηση ή να αφήσουν τις πόρτες τους ανοιχτές, εμποδίζοντας τη συσκευή να διατηρεί τη σωστή θερμοκρασία. Το blockchain σε συνδυασμό με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things ή IoT) μπορεί να είναι χρήσιμο σε όλες αυτές τις περιπτώσεις. Οι αισθητήρες IoT παρακολουθούν την τοποθεσία, τη θερμοκρασία και άλλες παραμέτρους κατά τη διάρκεια της αποστολής. Το blockchain καταγράφει τα δεδομένα των αισθητήρων καθώς το προϊόν μετακινείται μέσω του δικτύου logistics. Ως αποτέλεσμα, οι εταιρείες αποκτούν τον πλήρη έλεγχο των συνθηκών θερμοκρασίας κατά τη μεταφορά. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν γρήγορα να βρουν αδύναμα σημεία στην εφοδιαστική αλυσίδα (cold chain όπως ονομάζονται αυτού του είδους οι αλυσίδες) και να τα διορθώσουν.

Η SkyCell είναι μια ελβετική εταιρεία που παρέχει κιβώτια υψηλής τεχνολογίας ελεγχόμενης θερμοκρασίας για τη μεταφορά φαρμακευτικών προϊόντων, προϊόντων βιοτεχνολογίας και άλλων υψηλής αξίας και ευαίσθητων προϊόντων. Έχει μεγάλη εστίαση στη βιωσιμότητα, την ποιότητα και την ασφάλεια, με στόχο τη μείωση των αποβλήτων, του κόστους και των κινδύνων στην αλυσίδα εφοδιασμού. Ένας από τους βασικούς τρόπους με τους οποίους η SkyCell επιτυγχάνει αυτούς τους στόχους είναι η χρήση των τεχνολογιών του blockchain και του Διαδικτύου του Πραγμάτων στις διαδικασίες της εφοδιαστικής της αλυσίδας.



Εικόνα 18: Τα κιβώτια υψηλής τεχνολογίας της SkyCell, υιοθετήθηκε από [69]

Η αλυσίδα εφοδιασμού της SkyCell είναι περίπλοκη και περιλαμβάνει πολλούς ενδιαφερόμενους, συμπεριλαμβανομένων κατασκευαστών, αποστολέων, μεταφορέων, τελωνειακών υπηρεσιών και παρόχων υγειονομικής περίθαλψης. Η εφοδιαστική αλυσίδα ξεκινά με την παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων, εμβολίων, βιολογικών και άλλων προϊόντων που απαιτούν μεταφορά ελεγχόμενης θερμοκρασίας. Στη συνέχεια, αυτά τα προϊόντα αποστέλλονται σε κέντρα διανομής, όπου αποθηκεύονται μέχρι να είναι έτοιμα να μεταφερθούν σε παρόχους υγειονομικής περίθαλψης όπως νοσοκομεία, κλινικές και φαρμακεία. Τα κιβώτια της SkyCell χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά αυτών των προϊόντων, διασφαλίζοντας ότι παραμένουν εντός του απαιτούμενου εύρους θερμοκρασίας και προστατεύονται από ζημιές κατά τη μεταφορά. Μετά την παράδοση, τα κιβώτια επιστρέφονται στις εγκαταστάσεις της SkyCell για καθαρισμό, συντήρηση και επαναχρησιμοποίηση.

Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στη μεταφορά φαρμακευτικών προϊόντων είναι η διατήρηση του ελέγχου θερμοκρασίας και υγρασίας για τη διασφάλιση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας των προϊόντων. Τα κιβώτια της SkyCell, τα οποία προσφέρουν θερμομόνωση, αποτελούν μια αξιόπιστη και οικονομικά αποδοτική λύση σε αυτό το πρόβλημα. Ωστόσο, η διασφάλιση της ακεραιότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι εξίσου σημαντική και εδώ είναι που η τεχνολογία blockchain παίρνει ενεργό ρόλο.

Για να αντιμετωπίσει αυτές τις προκλήσεις, η SkyCell έχει αναπτύξει μια πλατφόρμα που βασίζεται σε blockchain η οποία παρέχει από άκρο σε άκρο (end-to-end) ορατότητα, ιχνηλασιμότητα και συμμόρφωση στην αλυσίδα εφοδιασμού της. Η πλατφόρμα χρησιμοποιεί το Ethereum, το οποίο είναι μια δημοφιλής πλατφόρμα blockchain

ανοιχτού κώδικα που επιτρέπει τη δημιουργία «έξυπνων συμβολαίων». Τα «έξυπνα συμβόλαια» χρησιμοποιούνται για να αυτοματοποιηθούν οι διαδικασίες επαλήθευσης και έγκρισης μίας αποστολής εμπορευματοκιβωτίων ελεγχόμενης θερμοκρασίας. Όταν ένας πελάτης κάνει μια παραγγελία για ένα κιβώτιο, δημιουργείται ένα «έξυπνο συμβόλαιο» που καθορίζει τους όρους της συμφωνίας, όπως την τοποθεσία παράδοσης, τις απαιτήσεις θερμοκρασίας και τους όρους πληρωμής. Στη συνέχεια, το «έξυπνο συμβόλαιο» εκτελείται αυτόματα όταν το κιβώτιο φορτωθεί σε κάποιο φορτηγό ή αεροπλάνο και τα δεδομένα τοποθεσίας, θερμοκρασίας και υγρασίας καταγράφονται σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας αισθητήρες IoT. Τα δεδομένα αυτά μεταδίδονται στο blockchain, όπου αποθηκεύονται με ασφάλεια σε ένα αμετάβλητο και κρυπτογραφημένο αρχείο. Στη συνέχεια, τα δεδομένα επαληθεύονται από το «έξυπνο συμβόλαιο», το οποίο εγκρίνει ή απορρίπτει αυτόματα την αποστολή με βάση τους συμφωνημένους όρους. Εάν η θερμοκρασία πέσει εκτός του συμφωνηθέντος εύρους, το «έξυπνο συμβόλαιο» θα ενεργοποιήσει μια ειδοποίηση και η αποστολή θα σταματήσει μέχρι να επιλυθεί το πρόβλημα.

Τα πλεονεκτήματα χρήσης της πλατφόρμας αυτής είναι τα εξής:

1. Διαφάνεια: Όλα τα μέρη της αλυσίδας εφοδιασμού μπορούν να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την τοποθεσία, τη θερμοκρασία και άλλες παραμέτρους των προϊόντων που μεταφέρονται. Αυτό τους δίνει τη δυνατότητα να εντοπίζουν και να αντιμετωπίζουν τυχόν προβλήματα γρήγορα και αποτελεσματικά.
2. Ασφάλεια: Η τεχνολογία blockchain παρέχει ένα αμετάβλητο αρχείο συναλλαγών, καθιστώντας ουσιαστικά αδύνατη την αλλαγή ή τη διαγραφή δεδομένων.
3. Αποτελεσματικότητα: Η χρήση «έξυπνων συμβολαίων» αυτοματοποιεί τη διαδικασία επαλήθευσης και έγκρισης αποστολών, μειώνοντας την ανάγκη για χειροκίνητη παρέμβαση και κατ' επέκταση του κόστους της εφοδιαστικής αλυσίδας.
4. Συμμόρφωση: Η χρήση της τεχνολογίας blockchain διασφαλίζει ότι τα ελεγχόμενα κιβώτια συμμορφώνονται με τις κανονιστικές απαιτήσεις, όπως ορίζουν οι οδηγίες καλών πρακτικών διανομής (Good Distribution Practices ή GDP).

Ένας από τους πελάτες της SkyCell χρησιμοποίησε τη λύση αυτή για τη μεταφορά φαρμάκων από τις Βρυξέλλες στη Βομβάη κατά τη διάρκεια της πανδημίας. Εκείνη την εποχή, οι πτήσεις ακυρώνονταν συχνά στο σημείο μεταφοράς, επομένως τα φάρμακα έπρεπε να αποθηκευτούν στο αεροδρόμιο μέχρι να βρεθεί μια εναλλακτική διαδρομή. Αυτό πήρε μέρες σε ορισμένες περιπτώσεις. Με τις εξωτερικές θερμοκρασίες να κυμαίνονται από +41°F (5°C) έως +111°F (43,89°C), αυτό ήταν ένα μεγάλο πρόβλημα. Χρησιμοποιώντας τη λύση της SkyCell, ήταν δυνατό να διατηρηθεί η θερμοκρασία μέσα στα δοχεία μεταξύ +37°F (2,78°C) και +55°F (12,78°C). Ως αποτέλεσμα, τα φάρμακα παραδόθηκαν στην Ινδία σε κατάσταση ασφαλή για χρήση, κάτι που επιβεβαιώθηκε με

το blockchain. Η χρήση αυτής της τεχνολογίας όχι μόνο απέτρεψε οικονομικές απώλειες για την εταιρεία αλλά εξασφάλισε και την ασφάλεια του φαρμάκου που παρέδιδε.

Συμπερασματικά, η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain από την SkyCell στην αλυσίδα εφοδιασμού της απέδειξε τη δυνατότητα αυτής της τεχνολογίας να αντιμετωπίσει πολύπλοκες προκλήσεις στη μεταφορά ευαίσθητων προϊόντων. Παρέχοντας από άκρο σε άκρο ορατότητα, ιχνηλασιμότητα, συμμόρφωση και βιωσιμότητα, η πλατφόρμα επέτρεψε στη SkyCell να βελτιώσει την αποτελεσματικότητά της, να μειώσει τη σπατάλη και τους κινδύνους, να ενισχύσει την ασφάλεια και να διασφαλίσει τη συμμόρφωση με τις κανονιστικές απαιτήσεις. Η επιτυχία της εφαρμογής της SkyCell αποτελεί ένα σημαντικό παράδειγμα το οποίο τονίζει τις δυνατότητες της τεχνολογίας blockchain να μεταμορφώσει τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας σε πολλούς κλάδους, ιδιαίτερα σε αυτούς που περιλαμβάνουν προϊόντα υψηλής αξίας καθώς και ευαίσθητα προϊόντα. Ένας ακόμη λόγος που αποτελεί σημαντικό παράδειγμα είναι γιατί η λύση που ακολούθησε βασίστηκε και σε άλλη μία καινοτόμα τεχνολογία πέρα από το blockchain, αυτή του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), αποδεικνύοντας έτσι πως ο συνδυασμός τέτοιου υψηλού επιπέδου τεχνολογιών μπορεί να οδηγήσει σε πιο ολοκληρωμένες λύσεις. [70], [69], [71], [72]

4.7 BHP

Η BHP, μια από τις μεγαλύτερες εταιρείες εξόρυξης στον κόσμο, διερευνά τα τελευταία χρόνια την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στις λειτουργίες της εφοδιαστικής της αλυσίδας.

Ένας σημαντικός τομέας όπου η BHP ενδιαφέρεται να αξιοποιήσει την τεχνολογία blockchain είναι η ιχνηλασιμότητα και η προέλευση των πρώτων υλών της. Ως εταιρεία εξόρυξης, η BHP εξάγει και επεξεργάζεται διάφορους φυσικούς πόρους, όπως σιδηρομετάλλευμα, χαλκό, άνθρακα και πετρέλαιο. Με το blockchain, η εταιρεία μπορεί να δημιουργήσει ένα αμετάβλητο αρχείο κάθε συναλλαγής και κίνησης αυτών των πόρων από το σημείο εξόρυξης έως τον τελικό καταναλωτή. Καταγράφοντας δεδομένα όπως η προέλευση, η ποιότητα και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υλικών, η BHP διασφαλίζει τη διαφάνεια και την υπευθυνότητα σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Με την εφαρμογή της ιχνηλασιμότητας που βασίζεται σε blockchain, η BHP αντιμετωπίζει ανησυχίες που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα και την υπεύθυνη προμήθεια. Η εταιρεία μπορεί να παρακολουθεί και να επαληθεύει τη συμμόρφωση των προμηθευτών της με τα περιβαλλοντικά και ηθικά πρότυπα. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στην BHP να επιδειξει τη δέσμευσή της για βιώσιμες πρακτικές και υπεύθυνη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, κάτι που είναι όλο και πιο σημαντικό για τους καταναλωτές, τους επενδυτές και τους ρυθμιστικούς φορείς. Επιπλέον, η τεχνολογία blockchain επιτρέπει στην BHP να εκσυγχρονίσει και να βελτιστοποιήσει τις διαδικασίες της εφοδιαστικής της αλυσίδας. Παραδοσιακά, οι αλυσίδες εφοδιασμού περιλαμβάνουν πολυάριθμους μεσάζοντες και μη αυτόματα τεκμηρίωση, οδηγώντας σε αναποτελεσματικότητα, καθυστερήσεις και

αυξημένο κόστος. Χρησιμοποιώντας το blockchain, η BHP μπορεί να αυτοματοποιήσει και να ψηφιοποιήσει διάφορες δραστηριότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως η διαχείριση αποθεμάτων, οι προμήθειες και οι διαδικασίες logistics. Τα έξυπνα συμβόλαια, οι αυτοεκτελούμενες συμφωνίες που καταγράφονται στο blockchain, διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στις προσπάθειες βελτιστοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας της BHP. Αυτά τα συμβόλαια ενεργοποιούν αυτόματα ενέργειες ή πληρωμές όταν πληρούνται προκαθορισμένες προϋποθέσεις. Για παράδειγμα, η BHP μπορεί να χρησιμοποιήσει έξυπνα συμβόλαια για να αυτοματοποιήσει τη διαδικασία πληρωμής για τους προμηθευτές μόλις επιτευχθούν ορισμένα ορόσημα (milestones) παράδοσης ή πληρούνται τα πρότυπα ποιότητας. Αυτό μειώνει τα διοικητικά έξοδα, εξαλείφει τις διαφορές και επιταχύνει τον συνολικό κύκλο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η τεχνολογία blockchain ενισχύει επίσης την ασφάλεια και την ακεραιότητα των δεδομένων εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας της BHP. Η αποκεντρωμένη φύση του blockchain διασφαλίζει ότι τα δεδομένα διανέμονται σε πολλούς κόμβους, καθιστώντας το εξαιρετικά ανθεκτικό σε παραβιάσεις ή μη εξουσιοδοτημένες τροποποιήσεις. Η BHP μπορεί να αποθηκεύσει με ασφάλεια ευαίσθητες πληροφορίες, όπως πιστοποιήσεις, εκθέσεις επιθεώρησης και έγγραφα συμμόρφωσης, στο blockchain, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα και την προσβασιμότητά του σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Επιπροσθέτως, το blockchain επιτρέπει στην BHP να συνεργάζεται πιο αποτελεσματικά με τους εταίρους της στην εφοδιαστική αλυσίδα. Χρησιμοποιώντας ένα κοινό δίκτυο blockchain, η εταιρεία και οι προμηθευτές της μπορούν να έχουν ορατότητα σε πραγματικό χρόνο για την κίνηση των αγαθών, τα επίπεδα αποθέματος και τα δεδομένα παραγωγής. Αυτή η ενισχυμένη διαφάνεια ενισχύει την εμπιστοσύνη και επιτρέπει καλύτερο συντονισμό, οδηγώντας σε βελτιωμένο σχεδιασμό, μειωμένες αποθήκες και αυξημένη ανταπόκριση στις απαιτήσεις της αγοράς.

Παρά τα πολυάριθμα πλεονεκτήματα που προσφέρει η τεχνολογία blockchain, υπάρχουν προκλήσεις που αντιμετωπίζουν η BHP και άλλοι οργανισμοί στην εφαρμογή και την κλιμάκωση λύσεων blockchain. Μια τέτοια πρόκληση είναι η διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών πλατφορμών blockchain και υφιστάμενων παλαιών συστημάτων. Η BHP πρέπει να διασφαλίσει τη συμβατότητα και την απρόσκοπτη ροή δεδομένων στο οικοσύστημα της εφοδιαστικής αλυσίδας, κάτι που μπορεί να περιλαμβάνει την ενσωμάτωση του blockchain με άλλες τεχνολογίες, όπως συσκευές διαδικτύου των πραγμάτων (Internet of Things ή IoT) και συστήματα ενδοεπιχειρησιακού σχεδιασμού (Enterprise Resource Planning ή ERP). Επίσης, η εφαρμογή blockchain απαιτεί συνεργασία και συμμετοχή από όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη της αλυσίδας εφοδιασμού. Η BHP πρέπει να δεσμεύσει τους προμηθευτές, τους υπόλοιπους εταίρους της εφοδιαστικής αλυσίδας και τις ρυθμιστικές αρχές για να υιοθετήσουν και να εφαρμόσουν την τεχνολογία blockchain. Αυτή μπορεί να είναι μια πολύπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία, καθώς περιλαμβάνει ευθυγράμμιση συμφερόντων, αντιμετώπιση ανησυχιών και υπερνίκηση της αντίστασης στην αλλαγή. Η BHP πρέπει να επενδύσει σε πρωτοβουλίες εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης για να βοηθήσει τους ενδιαφερόμενους να κατανοήσουν τα οφέλη και τις δυνατότητες του blockchain στην

εφοδιαστική αλυσίδα. Μια άλλη πρόκληση είναι η επεκτασιμότητα των δικτύων blockchain. Καθώς η αλυσίδα εφοδιασμού της BHP περιλαμβάνει έναν τεράστιο αριθμό συναλλαγών και σημείων ανταλλαγής δεδομένων, η υποδομή blockchain πρέπει να είναι ικανή να χειρίζεται μεγάλους όγκους πληροφοριών και να διασφαλίζει γρήγορη επεξεργασία των συναλλαγών. Η BHP πρέπει να αξιολογήσει διαφορετικές πλατφόρμες και λύσεις blockchain για να καθορίσει την πιο κατάλληλη και επεκτάσιμη επιλογή για τις απαιτήσεις της στην αλυσίδα εφοδιασμού. Επιπλέον, η τεχνολογία blockchain είναι ακόμα σχετικά εκκολαπτόμενη και το ρυθμιστικό πλαίσιο που την περιβάλλει εξελίσσεται. Η BHP πρέπει να διερευνήσει νομικά ζητήματα και ζητήματα συμμόρφωσης που σχετίζονται με τη χρήση του blockchain στις λειτουργίες της αλυσίδας εφοδιασμού. Αυτό περιλαμβάνει τη διασφάλιση του απορρήτου των δεδομένων, τη συμμόρφωση με τους ειδικούς κανονισμούς του κλάδου και τη συμμόρφωση με τους διεθνείς εμπορικούς νόμους.

Παρά τις προκλήσεις αυτές, τα πιθανά οφέλη της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα της BHP είναι σημαντικά. Αξιοποιώντας το blockchain για ιχνηλασιμότητα, η BHP μπορεί να ενισχύσει τη διαφάνεια, να επιδείξει υπεύθυνες πρακτικές προμήθειας και να ανταποκριθεί στις αυξανόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών και των ρυθμιστικών αρχών για βιώσιμες και ηθικές αλυσίδες εφοδιασμού. Οι δυνατότητες αυτοματοποίησης και βελτιστοποίησης του blockchain επιτρέπουν στην BHP να εξορθολογίσει τις δραστηριότητές της, να μειώσει το κόστος και να βελτιώσει τη συνολική απόδοση. Η βελτιωμένη ασφάλεια και ακεραιότητα δεδομένων που παρέχονται από την τεχνολογία blockchain ενισχύουν την εμπιστοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού και μετριάζουν τους κινδύνους απάτης και παραποίησης.

Σύμφωνα με τα λεγόμενα της Vandita Pant, η οποία έχει τη θέση γενικού εμπορικού διευθυντή (Chief Commercial Officer) της BHP, το blockchain απαντά για την εταιρεία τρία βασικά ερωτήματα:

1. *«Ποιο είναι το αποτύπωμα άνθρακα;»*: Όσον αφορά αυτή την ερώτηση έγιναν δύο πιλοτικά έργα για την ανίχνευση εκπομπών από το νικέλιο που χρησιμοποιείται στα ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία και από το χαλκό που χρησιμοποιείται σε ηλεκτρικά καλώδια.
 - i. Σχετικά με την ανίχνευση των εκπομπών από το νικέλιο που χρησιμοποιείται στα ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία δήλωσε: *«Σε ένα πρόσφατο πιλοτικό, εντοπίσαμε αποστολές νικελίου από τις επιχειρήσεις Nickel West της BHP στη Δυτική Αυστραλία μέχρι το Gigafactory της Tesla στη Σαγκάη. Το πρόγραμμα υποστήριξε τη δέουσα επιμέλεια της αλυσίδας εφοδιασμού του τελικού πελάτη ως προς την προέλευση του προϊόντος και επιβεβαίωσε εάν υπήρχε κάποια «αραίωση» πρώτης ύλης στην αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτό, και άλλες παρόμοιες πρωτοβουλίες, θα συμβάλουν σε μεγαλύτερη διαφάνεια και θα βοηθήσουν στην ευθυγράμμιση με τους*

- κανονισμούς και στην υποστήριξη της ιχνηλασιμότητας και της βιωσιμότητας σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού μπαταριών.»
- ii. Σχετικά με την ανίχνευση των εκπομπών από χαλκό που χρησιμοποιείται σε ηλεκτρικά καλώδια δήλωσε: «Συνεργαστήκαμε με τον κορυφαίο αμερικανικό κατασκευαστή καλωδίων και καλωδίων χαλκού, Southwire, σε πιλοτικό έλεγχο για τον εντοπισμό καθόδων χαλκού BHP και σχετικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τα ορυχεία μας στη Χιλή έως τις επιχειρήσεις επεξεργασίας της Southwire στις Ηνωμένες Πολιτείες. Μέσω αυτής της συνεργασίας και χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες αντιστάθμισης άνθρακα της BHP, ολοκληρώσαμε την πρώτη μας συναλλαγή εμπορευμάτων «ουδέτερου άνθρακα» τον Οκτώβριο του 2021.»
2. «Παράχθηκε ηθικά;»: Όσον αφορά αυτή την ερώτηση, έγινε ανίχνευση του καουτσούκ που χρησιμοποιείται στα ελαστικά φορτηγών. Η Pant δήλωσε συγκεκριμένα «Στην BHP, όχι μόνο προμηθεύουμε πόρους σε πελάτες, αλλά προμηθεύουμε και αγαθά από άλλους. Αυτό περιλαμβάνει περισσότερα από 6.000 γιγάντια ελαστικά ετησίως, τα οποία ζυγίζουν περίπου 4,5 τόνους το καθένα, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για να κρατούν τα φορτηγά και τον βαρύ εξοπλισμό μας σε κίνηση. Ωστόσο, τα ελαστικά κατασκευάζονται από φυσικό καουτσούκ, το οποίο είναι γνωστό ότι έχει μια αλυσίδα εφοδιασμού υψηλού κινδύνου για τη σύγχρονη δουλειά και την παράνομη αποψίλωση των δασών. Είναι σημαντικό για τη βιωσιμότητα και την ακεραιότητα της επιχείρησής μας να λειτουργούμε με τρόπο που σέβεται τα ανθρώπινα δικαιώματα και με δέσμευση για ισχυρή διακυβέρνηση και καταπολέμηση της διαφθοράς. Το blockchain έχει τη δυνατότητα να μετριάσει αυτούς τους κινδύνους ανιχνεύοντας το καουτσούκ από την πηγή του μέσω της αλυσίδας εφοδιασμού, επαληθεύοντας τις συναλλαγές μεταξύ αγοραστών και πωλητών στην πορεία για να διασφαλίσει ότι το καουτσούκ είναι απαλλαγμένο από την αποψίλωση των δασών και τη σύγχρονη δουλειά. Για να ελέγξουμε τις υποθέσεις μας, ξεκινήσαμε εσωτερικές δοκιμές για την παρακολούθηση ελαστικών με χρήση blockchain πριν από μερικά χρόνια και τώρα συζητάμε για τη διεξαγωγή δοκιμών με προμηθευτές, εστιάζοντας αρχικά στην παρακολούθηση προϊόντων από την κατασκευή έως την τοποθέτηση πριν επεκταθούμε περαιτέρω στην αλυσίδα εφοδιασμού. Εκτός από μια πιο ηθική αλυσίδα εφοδιασμού, το blockchain θα μπορούσε να βελτιώσει τη διαφάνεια της αλυσίδας εφοδιασμού ελαστικών για να μετριάσει τα προβλήματα εφοδιασμού και να υποστηρίξει πρωτοβουλίες απαλλαγής από τις εκπομπές άνθρακα παρακολουθώντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.»
3. «Παίρνω αυτό που αξίζει;»: Όσον αφορά αυτή την ερώτηση έγιναν δύο πιλοτικά έργα με το πρώτο να εστιάζει στην ανίχνευση αποστολών σιδηρομεταλλεύματος και το δεύτερο στην ανίχνευση αποστολών συμπυκνώματος χαλκού.
- i. Σχετικά με την ανίχνευση αποστολών σιδηρομεταλλεύματος δήλωσε: «Μόνο το 2020, η BHP ανέθεσε περισσότερα από 1.500 θαλάσσια ταξίδια για την αποστολή προϊόντων και προμηθειών σε όλο τον κόσμο. Ωστόσο, ο

παραδοσιακός τρόπος που πραγματοποιούμε συναλλαγές με τους πελάτες μας και τις τράπεζές τους για κάθε αποστολή εμπορευμάτων παραμένει βαρύς και χειροκίνητος. Σε δύο ξεχωριστές δοκιμές, χρησιμοποιήσαμε το blockchain για την ψηφιακή ανταλλαγή δεδομένων και εγγράφων, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα και τη διαφάνεια και μειώνοντας τη γραφειοκρατία και τους κινδύνους. Οι δοκιμές αφορούσαν αποστολές σιδηρομεταλλεύματος από την περιοχή Pilbara της Δυτικής Αυστραλίας στον πελάτη μας, China Baowu. Το blockchain βοήθησε να ενεργοποιηθεί μια ανταλλαγή χωρίς χαρτί, η οποία έγινε απίστευτα χρήσιμη κατά τη διάρκεια της πανδημίας, όταν ίσχυε η κοινωνική αποστασιοποίηση και οι τράπεζες έκλεισαν. Το blockchain ήταν πιο αποτελεσματικό και έδωσε στα ενδιαφερόμενα μέρη ορατότητα σε πραγματικό χρόνο της αποστολής και ιχνηλασιμότητα της προμήθειας. Η δεύτερη δοκιμή με την China Baowu, επέτρεψε στα ιδρύματα να αναφέρουν εκπομπές άνθρακα μέσω της αλυσίδας αξίας σιδηρομεταλλεύματος, την οποία ανυπομονούμε να εξερευνήσουμε περισσότερο.».

- ii. Σχετικά με την ανίχνευση αποστολών συμπυκνώματος χαλκού δήλωσε: «Σε ένα πιλοτικό πρόγραμμα με την China Minmetals Nonferrous Metals Co. Ltd το δεύτερο εξάμηνο του 2021, χρησιμοποιήσαμε την τεχνολογία blockchain της Minehub για να εννορηστρώσουμε ψηφιακά μια ποικιλία διαδικασιών μετά το εμπόριο από μια αποστολή συμπυκνωμάτων χαλκού. Αυτές οι διαδικασίες περιελάμβαναν τον έλεγχο εκπλήρωσης των όρων συμβάσεων, τις ειδοποιήσεις πληρωμής, την ανταλλαγή ψηφιακών εγγράφων, την κοινή χρήση δεδομένων χημικών αναλύσεων και εκπομπών άνθρακα. Το πιλοτικό ψηφιοποίησε τη διαδικασία ανταλλαγής αναλύσεων (χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ποιότητας του συμπυκνώματος) για να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα και τη διαφάνεια σε μια από τις πιο περίπλοκες και ευαίσθητες διαδικασίες στις διεθνείς συναλλαγές χύμα εμπορευμάτων.».

Ανακεφαλαιώνοντας, η BHP αναγνωρίζει τις δυνατότητες της τεχνολογίας blockchain που μπορεί να φέρει επανάσταση στις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας. Χρησιμοποιώντας το blockchain για ιχνηλασιμότητα, βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας και ασφάλεια δεδομένων, η BHP μπορεί να αντιμετωπίσει βασικές προκλήσεις στην αλυσίδα εφοδιασμού της και να αποκτήσει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Ενώ υπάρχουν προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν κατά την εφαρμογή και την κλιμάκωση λύσεων blockchain, τα οφέλη της ενισχυμένης διαφάνειας, αποτελεσματικότητας και εμπιστοσύνης την καθιστούν μια αξιόλογη επένδυση για την BHP. Καθώς η τεχνολογία blockchain συνεχίζει να εξελίσσεται και να ωριμάζει, η συνεχής εξερεύνηση και υιοθέτηση του blockchain από την BHP στην εφοδιαστική της αλυσίδα τοποθετεί την εταιρεία στην πρώτη γραμμή της καινοτομίας στη βιομηχανία εξόρυξης. Τέλος, σύμφωνα με άρθρα που δημοσιεύτηκαν στο περιοδικό Forbes, το συγκεκριμένο έργο έχει καταταχθεί στα 50 καλύτερα και πιο καινοτόμα έργα blockchain για τα έτη 2021 και 2022. [44], [45], [73], [74], [75]

4.8 Περισσότερα έργα και εφαρμογές

Οι παραπάνω μελέτες περίπτωσης αποτελούν μερικά σημαντικά παραδείγματα έργων blockchain σε εφοδιαστικές αλυσίδες. Μερικά ακόμη παραδείγματα έργων και εφαρμογών blockchain ανά τομέα / βιομηχανία που σχετίζονται με την εφοδιαστική αλυσίδα και βρίσκονται σε ισχύ ή βρίσκονται σε πιλοτική φάση ή έχουν ανακοινωθεί και βρίσκονται στο στάδιο έρευνας και ανάπτυξης είναι τα εξής [76], [77], [78], [79], [80], [81], [82], [83]:

Πίνακας 3: Περισσότερα έργα και εφαρμογές blockchain εφαρμοσμένα στην εφοδιαστική αλυσίδα

Τομέας	Εταιρεία / Οργανισμός	Έργο blockchain
Ενέργεια	LO3 Energy	Έξυπνα δίκτυα και τοπική εμπορία ηλιακής ενέργειας
	Korea Electric Power Corporation	Πλατφόρμες ενεργειακών συναλλαγών P2P (peer-to-peer)
	Wien Energie	Εμπορία ηλιακής ενέργειας
Χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες	Corda	Χρηματοοικονομικές συναλλαγές και ασφάλειες
	ProCredEx (Professional Credentials Exchange)	Ανταλλαγή και ασφάλεια ψηφιακών διαπιστευτηρίων (βασισμένο στο πρωτόκολλο της Corda)
	Onyx by J.P.Morgan	Η πρώτη παγκόσμια τράπεζα που προσφέρει μια πλατφόρμα βασισμένη σε blockchain για συναλλαγές πληρωμών χονδρικής
Υγειονομική περίθαλψη	MediLedger	Οικοσύστημα εφαρμογών εφοδιαστικής αλυσίδας για φαρμακευτικά προϊόντα
	Philippine FDA (Food and Drug Administration) Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων των Φιλιππίνων	Σύστημα επιτήρησης φαρμάκων
	Πανεπιστήμιο Napier του Εδιμβούργου, Εθνική Υπηρεσία Υγείας	Παρακολούθηση ιατρικών συσκευών και παρακολούθηση της διαδρομής περίθαλψης ασθενών

Τεχνολογία	IBM, R3, Deloitte, Accenture	Διαχείριση επιχειρηματικών διαδικασιών
Αυτοκινητοβιομηχανία	Ford	Διασφάλιση ηθικής εξόρυξης και προμήθειας κοβαλτίου
	Volkswagen	1. Αποφυγή απάτης χιλιομετρητή 2. Ανίχνευση πηγής ενέργειας ηλεκτρικών οχημάτων
	Hyundai, KIA	1. Επαλήθευση αυθεντικών ανταλλακτικών 2. Παρακολούθηση εκπομπών άνθρακα (καταγραφή σε blockchain και πρόβλεψη μελλοντικών εκπομπών με χρήση τεχνητής νοημοσύνης)
Γεωργία και τρόφιμα	AgriChain	Ιχνηλασιμότητα εφοδιαστικής αλυσίδας
	AgriDigital	Παρακολούθηση και διαχείριση αποθηκευμένου αποθέματος σιτηρών καθώς και άμεση συναλλαγή μεταξύ ενδιαφερόμενων
	AirDAO (Ambrosus)	Λύσεις blockchain που λειτουργούν με την τεχνολογία IoT
Αεροπορία	Air New Zealand	Κράτηση εισιτηρίων και παρακολούθηση αποσκευών
	Η υποδομή του Ιταλικού αεροδρομίου	Συνεργατική λήψη αποφάσεων σε επίπεδο αερολιμένα (Airport Collaborative Decision Making ή A-CDM)
Ηλεκτρονικό εμπόριο (E-commerce)	Amazon	Ιχνηλασιμότητα εφοδιαστικής αλυσίδας
	Alibaba	Διαχείριση διαδικασιών logistics
Ψυχαγωγία	BitSong, PeerTracks	Διασφάλιση ψηφιακών δικαιωμάτων και δίκαιων πληρωμών μουσικών καλλιτεχνών
Μόδα και αξεσουάρ	Everledger (Diamond), TrustChain	Ανίχνευση προέλευσης διαμαντιών
	Levi's	Διασφάλιση ηθικής προμήθειας

5. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τις παραπάνω μελέτες περίπτωσης οι οποίες αποτελούν μερικά σημαντικά παραδείγματα για την εξαγωγή συμπερασμάτων χρήσης της τεχνολογίας του blockchain σε εφοδιαστικές αλυσίδες προκύπτει το συμπέρασμα πως η τεχνολογία του blockchain έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στη βιομηχανία της εφοδιαστικής αλυσίδας βελτιώνοντας τη διαφάνεια, την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια.

Ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι η ενισχυμένη διαφάνεια. Οι παραδοσιακές αλυσίδες εφοδιασμού συχνά υποφέρουν από έλλειψη ορατότητας και εμπιστοσύνης μεταξύ των συμμετεχόντων. Το blockchain αντιμετωπίζει αυτά τα ζητήματα παρέχοντας ένα καταναμημένο και αμετάβλητο καθολικό όπου όλες οι συναλλαγές και τα δεδομένα καταγράφονται σε πραγματικό χρόνο. Με το blockchain, κάθε συμμετέχων στην εφοδιαστική αλυσίδα έχει πρόσβαση στις ίδιες πληροφορίες, εξαλείφοντας την ασυμμετρία πληροφοριών και ενισχύοντας τη διαφάνεια. Κάθε συναλλαγή, όπως η κίνηση αγαθών, οι αλλαγές στην ιδιοκτησία και οι ποιοτικοί έλεγχοι, μπορούν να καταγραφούν στο blockchain, δημιουργώντας ένα ελεγχόμενο και αδιάψευστο ιστορικό της αλυσίδας εφοδιασμού. Αυτή η διαφάνεια δίνει τη δυνατότητα στους ενδιαφερόμενους να παρακολουθούν την κυκλοφορία των αγαθών σε κάθε στάδιο, διασφαλίζοντας τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς, επαληθεύοντας τη γνησιότητα των προϊόντων και εντοπίζοντας πιθανά σημεία συμφόρησης ή καθυστερήσεις. Επιτρέπει επίσης στους καταναλωτές να έχουν πρόσβαση σε λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τα προϊόντα που αγοράζουν, συμπεριλαμβανομένης της προέλευσης, των διαδικασιών παραγωγής και των πιστοποιήσεων.

Η τεχνολογία blockchain επιτρέπει την ιχνηλασιμότητα από άκρο σε άκρο στην αλυσίδα εφοδιασμού. Καταγράφοντας κάθε συναλλαγή στο blockchain, καθίσταται δυνατός ο εντοπισμός της διαδρομής ενός προϊόντος από την προέλευσή του έως τον τελικό καταναλωτή. Αυτή η ικανότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική σε βιομηχανίες όπου η ιχνηλασιμότητα είναι απαραίτητη, όπως τα τρόφιμα και τα φαρμακευτικά προϊόντα. Για παράδειγμα, στη βιομηχανία τροφίμων, το blockchain μπορεί να παρακολουθεί την προέλευση των συστατικών, να καταγράφει τις λεπτομέρειες επεξεργασίας και μεταφοράς τους, ακόμη και να παρακολουθεί τις συνθήκες αποθήκευσης, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία. Σε περίπτωση οποιουδήποτε ζητήματος ασφάλειας ή ποιότητας, το blockchain παρέχει ένα ολοκληρωμένο αρχείο που μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό της πηγής του προβλήματος, στην έναρξη στοχευμένων ανακλήσεων και στην πρόληψη περαιτέρω διανομής δυνητικά επιβλαβών προϊόντων. Ομοίως, στη φαρμακευτική βιομηχανία, το blockchain μπορεί να παρακολουθεί τη μετακίνηση των φαρμάκων από τον κατασκευαστή στο φαρμακείο, διασφαλίζοντας την αυθεντικότητα των φαρμάκων και αποτρέποντας την είσοδο πλαστών ή ληγμένων φαρμάκων στην αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτό το επίπεδο ιχνηλασιμότητας συμβάλλει στην προστασία της υγείας και της ασφάλειας των καταναλωτών. Το πλεονέκτημα αυτό αποτελεί το

κυριότερο και πιο ενδιαφέρον σύμφωνα με τον αριθμό των έργων που έχουν αυτόν τον σκοπό από τις παραπάνω μελέτες περίπτωσης και τα παραδείγματα περισσότερων έργων.

Επίσης, το blockchain μπορεί να βελτιώσει τη διαχείριση αποθεμάτων παρέχοντας προβολή σε πραγματικό χρόνο στα επίπεδα αποθεμάτων, τη ζήτηση και την προσφορά. Εφαρμόζοντας «έξυπνα συμβόλαια» (αυτοεκτελούμενος κώδικας που ενεργοποιεί αυτόματα ενέργειες βάσει προκαθορισμένων συνθηκών) στο blockchain, οι κατασκευαστές, οι προμηθευτές και οι έμποροι λιανικής μπορούν να αυτοματοποιήσουν τις διαδικασίες που σχετίζονται με το απόθεμα, όπως τοποθετήσεις παραγγελιών, επιβεβαιώσεις παραγγελιών και αναπλήρωση αποθεμάτων. Στο πλαίσιο της αλυσίδας εφοδιασμού, τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτοματοποίηση της αναπλήρωσης του αποθέματος όταν τα επίπεδα των αποθεμάτων φθάσουν ένα συγκεκριμένο όριο ή για τον εξορθολογισμό της διαδικασίας πληρωμής και διακανονισμού μεταξύ των μερών. Η αυτοματοποίηση αυτών των διαδικασιών μειώνει την ανάγκη για χειροκίνητη παρέμβαση, ελαχιστοποιεί τα σφάλματα και επιταχύνει τις συναλλαγές. Επιτρέπει επίσης στους ενδιαφερόμενους να λαμβάνουν αποφάσεις βάσει δεδομένων, έχοντας πρόσβαση σε ακριβείς και ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με τα επίπεδα αποθεμάτων και τα πρότυπα ζήτησης.

Η τεχνολογία blockchain μπορεί ακόμη να διευκολύνει τις χρηματοπιστωτικές διαδικασίες αλλά και τη χρηματοδότηση της εφοδιαστικής αλυσίδας βελτιώνοντας την εμπιστοσύνη και μειώνοντας τον κίνδυνο για τους δανειστές και τους χρηματοδότες. Στην παραδοσιακή εφοδιαστική αλυσίδα, οι τράπεζες και τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα αντιμετωπίζουν συχνά προκλήσεις όσον αφορά την επαλήθευση της γνησιότητας των εμπορικών εγγράφων και τη διασφάλιση της αξιοπιστίας των δεδομένων συναλλαγών. Με το blockchain, τα εμπορικά έγγραφα, όπως οι εντολές αγοράς, τα τιμολόγια και οι φορτωτικές (έγγραφο που εκδίδεται από ένα μεταφορέα και πιστοποιεί ότι συγκεκριμένα εμπορεύματα φορτώθηκαν για αποστολή σε ορισμένο τόπο και θα παραδοθούν σε συγκεκριμένο παραλήπτη [84]), μπορούν να ψηφιοποιηθούν και να αποθηκευτούν στο blockchain. Αυτά τα ψηφιακά έγγραφα είναι αδιάψευστα, έχουν χρονοσήμανση και είναι προσβάσιμα σε όλους τους εξουσιοδοτημένους συμμετέχοντες, διασφαλίζοντας την ακεραιότητά τους και μειώνοντας τον κίνδυνο απάτης. Αξιοποιώντας αυτή τη διαφάνεια και την εμπιστοσύνη, οι δανειστές μπορούν να έχουν μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στην παροχή χρηματοδότησης σε προμηθευτές και κατασκευαστές με βάση τα επαληθεύσιμα αρχεία που είναι αποθηκευμένα στο blockchain. Αυτό, με τη σειρά του, δίνει τη δυνατότητα στις εταιρείες να έχουν ταχύτερη πρόσβαση σε κεφάλαια, βελτιώνει τις ταμειακές ροές και ενισχύει τη συνολική οικονομική υγεία της αλυσίδας εφοδιασμού.

Τα πλαστά προϊόντα αποτελούν σημαντικό πρόβλημα σε πολλούς κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των ειδών πολυτελείας, των πολύτιμων λίθων, των ηλεκτρονικών ειδών και των φαρμακευτικών προϊόντων. Εξίσου σημαντικό πρόβλημα αποτελούν οι πρώτες ύλες και τα αγαθά που δεν πληρούν ορισμένες κανονιστικές

προϋποθέσεις όπως συμβαίνει συχνά με διάφορα εξαρτήματα (π.χ. στην αυτοκινητοβιομηχανία) ή που έχουν παραχθεί με αντιδεοντολογικό και παράνομο τρόπο όπως συμβαίνει με τους πολύτιμους λίθους, τα ορυκτά καύσιμα, καθώς και με διάφορα τρόφιμα όπως η σοκολάτα και οι κόκκοι καφέ. Η τεχνολογία blockchain μπορεί να διαδραματίσει ζωτικό ρόλο στην πρόληψη των προϊόντων αυτών στην αλυσίδα εφοδιασμού. Τα πλαστά προϊόντα και τα προϊόντα που έχουν παραχθεί με ανήθικες μεθόδους όχι μόνο βλάπτουν τη φήμη της επωνυμίας και την εμπιστοσύνη των καταναλωτών, αλλά θέτουν επίσης κινδύνους για την ασφάλεια των καταναλωτών. Το blockchain παρέχει μια ισχυρή λύση για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος διασφαλίζοντας την αυθεντικότητα και την προέλευση των προϊόντων. Χρησιμοποιώντας το blockchain, σε κάθε προϊόν μπορεί να εκχωρηθεί ένα μοναδικό αναγνωριστικό ή ψηφιακό πιστοποιητικό, όπως ένα κρυπτογραφικό κατακερματισμό (hash) ή μια ψηφιακή υπογραφή. Αυτό το αναγνωριστικό καταγράφεται στο blockchain μαζί με σχετικές πληροφορίες για το προϊόν, συμπεριλαμβανομένων των στοιχείων κατασκευής / προέλευσης, της τοποθεσίας και των μεταβιβάσεων ιδιοκτησίας. Αυτά τα αρχεία είναι αμετάβλητα, καθιστώντας σχεδόν αδύνατη την τροποποίηση ή την παραβίαση των πληροφοριών. Οι καταναλωτές, οι έμποροι λιανικής και άλλοι ενδιαφερόμενοι μπορούν να επαληθεύσουν την αυθεντικότητα ενός προϊόντος σαρώνοντας το μοναδικό αναγνωριστικό του και αποκτώντας πρόσβαση στις αντίστοιχες πληροφορίες, αρχεία και πιστοποιητικά. Αυτή η διαδικασία επαλήθευσης βοηθά στον εντοπισμό πλαστών και παράνομα παραχθέντων προϊόντων και διασφαλίζει ότι οι καταναλωτές αγοράζουν γνήσια προϊόντα που έχουν παραχθεί με ηθικό τρόπο. Επιπλέον, η τεχνολογία blockchain μπορεί να συνδυαστεί με άλλες τεχνολογίες όπως συσκευές διαδικτύου των πραγμάτων (Internet of Things ή IoT) ή ετικέτες RFID για να επιτρέψει την παρακολούθηση των προϊόντων σε πραγματικό χρόνο σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα. Αυτές οι συσκευές μπορούν να καταγράφουν και να μεταδίδουν δεδομένα, όπως θερμοκρασία, υγρασία και τοποθεσία, απευθείας στο blockchain. Παρακολουθώντας αυτές τις παραμέτρους, τα ενδιαφερόμενα μέρη μπορούν να εντοπίσουν τυχόν αποκλίσεις από τις απαιτούμενες συνθήκες, αποτρέποντας την είσοδο πλαστών, παραβιασμένων ή παράνομων προϊόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού.

Το διεθνές εμπόριο περιλαμβάνει πολύπλοκες τελωνειακές διαδικασίες, απαιτήσεις συμμόρφωσης και αρκετά έγγραφα. Η τεχνολογία blockchain μπορεί να εξορθολογίσει αυτές τις διαδικασίες παρέχοντας μια ασφαλή και διαφανή πλατφόρμα για την ανταλλαγή και την επαλήθευση πληροφοριών που σχετίζονται με το εμπόριο. Οι τελωνειακές αρχές, οι εισαγωγείς, οι εξαγωγείς και οι πάροχοι logistics μπορούν να χρησιμοποιούν το δίκτυο blockchain για να καταγράφουν και να μοιράζονται τα απαραίτητα έγγραφα, όπως τελωνειακές διασαφήσεις, πιστοποιητικά προέλευσης και αποδεικτικά αποστολής. Αυτά τα έγγραφα μπορούν να επαληθευτούν και να επικυρωθούν στο blockchain, εξαλείφοντας την ανάγκη για χρονοβόρους χειροκίνητους ελέγχους και μειώνοντας τον κίνδυνο σφαλμάτων ή απάτης. Με την ψηφιοποίηση και την αυτοματοποίηση των τελωνειακών διαδικασιών στο blockchain, το εμπόριο μπορεί να επιταχυνθεί, μειώνοντας τους χρόνους εκτελωνισμού και ελαχιστοποιώντας τις

καθυστερήσεις στις συνοριακές διελεύσεις. Αυτή η προσέγγιση βελτιώνει την αποτελεσματικότητα, μειώνει το κόστος και ενισχύει τη συνολική διευκόλυνση του εμπορίου.

Σε μια παραδοσιακή αλυσίδα εφοδιασμού, η κοινή χρήση δεδομένων μεταξύ πολλών μερών μπορεί να είναι δύσκολη λόγω ανησυχιών σχετικά με την ασφάλεια των δεδομένων, το απόρρητο και την εμπιστοσύνη. Η τεχνολογία blockchain αντιμετωπίζει αυτές τις ανησυχίες παρέχοντας μία αποκεντρωμένη και ασφαλή πλατφόρμα για κοινή χρήση δεδομένων. Το blockchain επιτρέπει στους συμμετέχοντες να μοιράζονται επιλεγμένες πληροφορίες με εξουσιοδοτημένο τρόπο. Με τη χρήση τεχνικών κρυπτογράφησης, τα δεδομένα μπορούν να κρυπτογραφηθούν και να μοιραστούν με ασφάλεια στο blockchain, διασφαλίζοντας ότι μόνο εξουσιοδοτημένοι ενδιαφερόμενοι μπορούν να έχουν πρόσβαση και να χειρίζονται τις πληροφορίες. Αυτή η ασφαλής ανταλλαγή δεδομένων προωθεί τη συνεργασία μεταξύ των συμμετεχόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού, επιτρέποντάς τους να συνεργάζονται πιο γρήγορα και αποτελεσματικά. Για παράδειγμα, οι κατασκευαστές μπορούν να μοιράζονται με ασφάλεια τις προβλέψεις παραγωγής με τους προμηθευτές, επιτρέποντάς τους να σχεδιάζουν ανάλογα το απόθεμα και τα χρονοδιαγράμματα παραγωγής τους. Οι πάροχοι logistics μπορούν να έχουν πρόσβαση στις λεπτομέρειες της αποστολής για να βελτιστοποιήσουν τις διαδρομές μεταφοράς και τα χρονοδιαγράμματα παράδοσης. Αυτή η συλλογική προσέγγιση βελτιώνει τον συντονισμό, μειώνει την αναποτελεσματικότητα και ενισχύει τη συνολική απόδοση της αλυσίδας εφοδιασμού.

Οι διαφωνίες είναι συχνές στις λειτουργίες της αλυσίδας εφοδιασμού, ειδικά όσον αφορά τις υποχρεώσεις που ορίζονται στα διάφορα συμβόλαια, τις καθυστερήσεις παράδοσης ή τα ζητήματα ποιότητας. Η τεχνολογία blockchain μπορεί να διευκολύνει την επίλυση διαφορών παρέχοντας ένα αμετάβλητο και διαφανές αρχείο όλων των συναλλαγών και των αλληλεπιδράσεων στην αλυσίδα εφοδιασμού. Σε περίπτωση διαφωνίας, τα αρχεία blockchain μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αποδεικτικά στοιχεία για την επαλήθευση των συμβατικών όρων, την παρακολούθηση των χρονοδιαγραμμάτων παράδοσης ή την αξιολόγηση της ποιότητας των προϊόντων. Αυτά τα αρχεία παρέχουν μια αντικειμενική και αδιάψευστη πηγή πληροφοριών, βοηθώντας στην πιο αποτελεσματική και δίκαιη επίλυση των διαφορών. Επιπλέον, η τεχνολογία blockchain απλοποιεί τους ελέγχους της εφοδιαστικής αλυσίδας παρέχοντας μια ολοκληρωμένη και ελεγχόμενη διαδρομή όλων των συναλλαγών και δραστηριοτήτων. Οι ελεγκτές μπορούν να επαληθεύσουν την ακρίβεια και την ακεραιότητα των δεδομένων στο blockchain, διασφαλίζοντας τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς, τα πρότυπα και τις συμβατικές υποχρεώσεις.

Συνεπώς, η τεχνολογία του blockchain έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει σημαντικά την εκάστοτε βιομηχανία μέσω της εφοδιαστικής αλυσίδας ενισχύοντας τη διαφάνεια, την ιχνηλασιμότητα, την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια. Από τη βελτίωση της διαχείρισης των αποθεμάτων και την πρόληψη των παραποιημένων προϊόντων μέχρι τον εξορθολογισμό των τελωνειακών διαδικασιών και τη διευκόλυνση της ασφαλούς

κοινής χρήσης δεδομένων, η τεχνολογία blockchain προσφέρει πολλά οφέλη στη βιομηχανία της αλυσίδας εφοδιασμού. Δίνει τη δυνατότητα στους ενδιαφερόμενους να παρακολουθούν και να ανιχνεύουν προϊόντα, διασφαλίζοντας την αυθεντικότητα και την ποιότητά τους. Ενισχύει τη διαφάνεια παρέχοντας ένα κοινό καθολικό, προσβάσιμο σε όλους τους συμμετέχοντες, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη και μειώνοντας την ασυμμετρία πληροφοριών. Με την αυτοματοποίηση των διαδικασιών μέσω έξυπνων συμβάσεων, το blockchain βελτιώνει την αποτελεσματικότητα, μειώνει το κόστος και ελαχιστοποιεί τα σφάλματα. Επιπλέον, το blockchain μπορεί να διευκολύνει τη χρηματοδότηση της εφοδιαστικής αλυσίδας, διευκολύνοντας τις εταιρείες να έχουν πρόσβαση σε κεφάλαια και να ενισχύσουν την οικονομική τους υγεία.

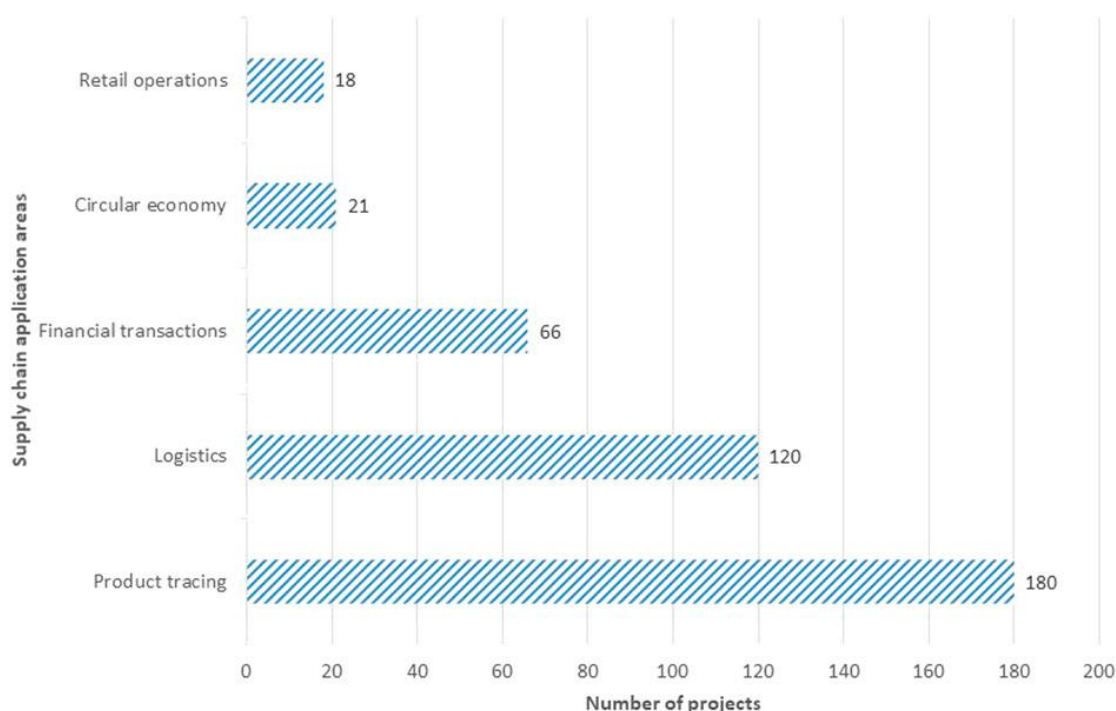


Εικόνα 19: Το blockchain στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας, υιοθετήθηκε από [85], [86]

Ενώ τα πιθανά οφέλη του blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι σημαντικά, υπάρχουν επίσης προκλήσεις και ζητήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Η εφαρμογή του blockchain απαιτεί συνεργασία μεταξύ των συμμετεχόντων της εφοδιαστικής αλυσίδας αλλά και ευρεία υιοθέτηση, καθώς περιλαμβάνει τη θέσπιση κοινών προτύπων, διαλειτουργικότητας και πλαισίων διακυβέρνησης. Συνεπώς, θα πρέπει να αντιμετωπιστούν προκλήσεις όπως η έλλειψη συνειδητοποίησης και κατανόησης των οφελών του blockchain από άτομα υπεύθυνα για τη λήψη σχετικών αποφάσεων καθώς και η αντίσταση στην αλλαγή από φορείς που είναι συνηθισμένοι στις παραδοσιακές μεθόδους. Τα ζητήματα επεκτασιμότητας και απόδοσης πρέπει να αντιμετωπιστούν για τη διαχείριση του μεγάλου όγκου συναλλαγών σε πολύπλοκα δίκτυα εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι ανησυχίες σχετικά με το απόρρητο και την προστασία των δεδομένων πρέπει επίσης να αντιμετωπιστούν προσεκτικά για να διασφαλιστεί η συμμόρφωση με τους κανονισμούς προστασίας ευαίσθητων πληροφοριών (π.χ. GDPR). Επιπλέον, ζητήματα που αφορούν την ασφάλεια του δικτύου θα πρέπει να αναλυθούν προσεκτικά καθώς παρά το γεγονός ότι το blockchain είναι γενικά ασφαλές, δεν είναι εντελώς απρόσβλητο σε κυβερνοαπειλές όπως μια επίθεση 51%, όπου μια μεμονωμένη οντότητα

αποκτά τον έλεγχο της πλειονότητας της ισχύος εξόρυξης του δικτύου. Τέτοια τρωτά σημεία θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο τα δεδομένα της εφοδιαστικής αλυσίδας.

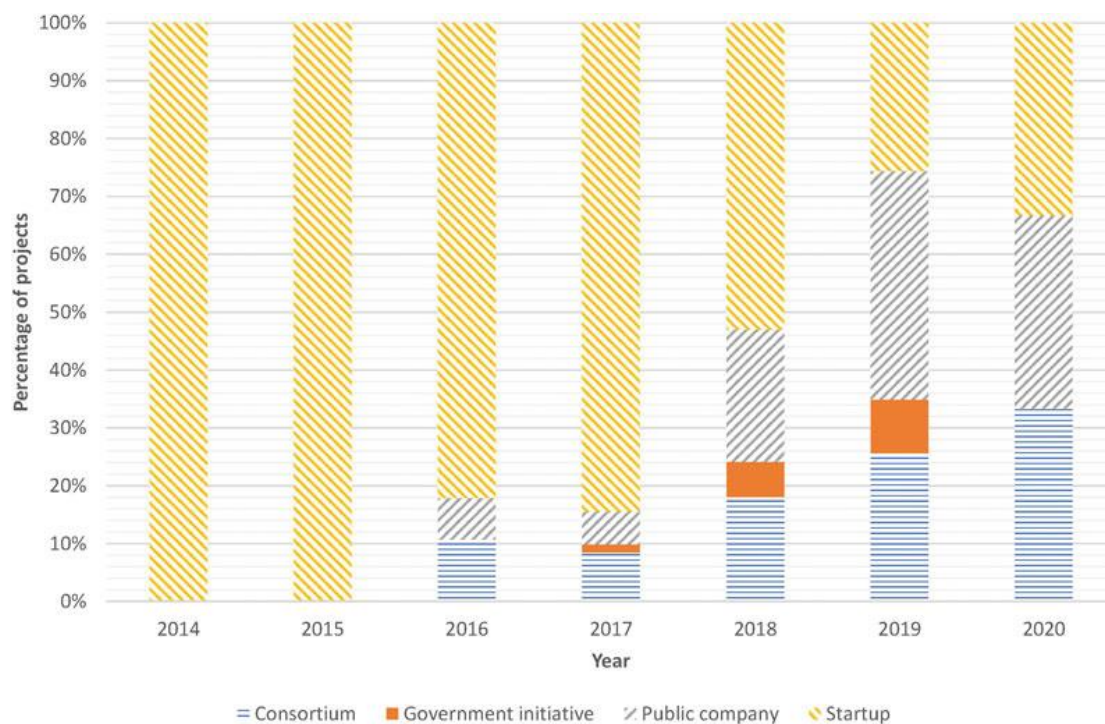
Τα παραπάνω συμπεράσματα επιβεβαιώνονται έπειτα από έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το Πανεπιστημιακό Κολλέγιο του Λονδίνου (Centre for Blockchain Technologies, University College London – UCL) και δημοσιεύθηκε τον Μάρτιο του 2021. Η έρευνα αυτή χαρτογραφεί την εξέλιξη της τεχνολογίας του blockchain που εφαρμόζεται στις εφοδιαστικές αλυσίδες από την αρχή περίπου της τεχνολογίας (2010) μέχρι τον Ιούνιο του 2020, χρησιμοποιώντας κυρίως δημόσιες πηγές δεδομένων. Στην έρευνα αυτή αναλύονται 271 έργα blockchain σε παραμέτρους όπως οι ημερομηνίες έναρξής τους, οι τύποι blockchain που χρησιμοποιούνται, η κατάσταση τους, οι τομείς που εφαρμόζονται και ο τύπος του οργανισμού που ίδρυσε το έργο [87]. Αρχικά η έρευνα αυτή επιβεβαιώνει το συμπέρασμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, πως το κυριότερο πλεονέκτημα του blockchain και περιοχή ενδιαφέροντος στην εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί η ιχνηλασιμότητα των προϊόντων. Αυτό παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα, στο οποίο εμφανίζεται πως από τα 271 έργα τα 180 έχουν ως έναν από τους στόχους τους την ιχνηλασιμότητα προϊόντων, τα 120 την περιοχή των logistics, τα 66 τις οικονομικές συναλλαγές, τα 21 την κυκλική οικονομία και τα 18 τις διαδικασίες λιανικής.



Εικόνα 20: Περιοχές εφαρμογής της εφοδιαστικής αλυσίδας ανά αριθμό έργων, υιοθετήθηκε από [87]

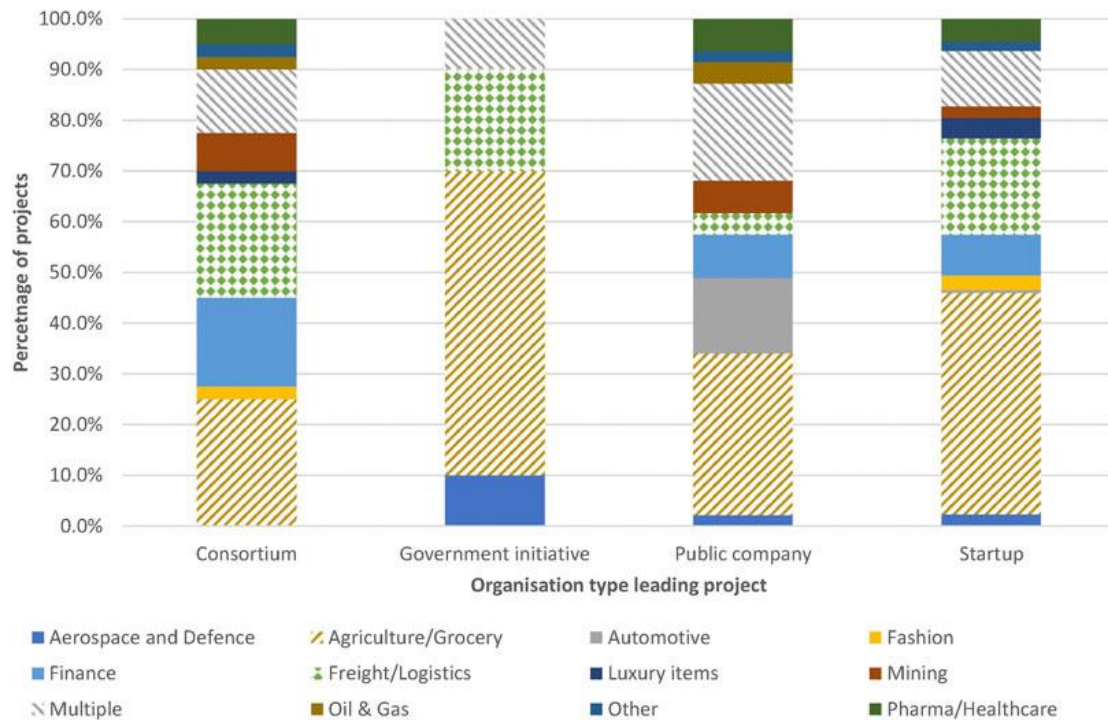
Ένα ακόμα συμπέρασμα που επιβεβαιώνει η έρευνα αυτή είναι η ανάγκη για ευρεία υιοθέτηση και συνεργασία μεταξύ διαφόρων συμμετεχόντων μίας εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτό φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα το οποίο παρουσιάζει το ποσοστό έργων ανά τύπο οργανισμού με την πάροδο των χρόνων. Τα έτη 2014 και 2015 φαίνεται πως όλα τα έργα αποτελούσαν νεοφυείς επιχειρήσεις (startups), ενώ με την πάροδο των

χρόνων και φτάνοντας στο 2020, ολοένα και περισσότερες δημόσιες εταιρείες (εταιρείες που είναι εισηγμένες σε δημόσιες αγορές μετοχών) και κυβερνήσεις αρχίζουν να εξερευνούν τις δυνατότητες του blockchain. Η σημαντικότερη πληροφορία όμως του γραφήματος αυτού είναι η αύξηση του ποσοστού των κοινοπραξιών (consortia, κοινοπραξία = consortium) η οποία αποδεικνύει την πραγματική ανάγκη συνεργασίας μεταξύ διαφόρων οργανισμών προκειμένου να είναι ένα δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας βιώσιμο.



Εικόνα 21: Ποσοστό έργων ανά τύπο οργανισμού με την πάροδο των χρόνων, υιοθετήθηκε από [87]

Τέλος, ένα ακόμη σημαντικό συμπέρασμα που προκύπτει από την έρευνα αυτή είναι πως παρατηρείται μεγαλύτερη δραστηριότητα στον τομέα της γεωργίας και των τροφίμων κι έπειτα στον τομέα των φορτίων και των logistics.



Εικόνα 22: Ποσοστό έργων ανά τομέα εφαρμογής και τύπο οργανισμού [87]

Εν κατακλείδι, η τεχνολογία blockchain υπόσχεται τεράστιες αλλαγές στην εφοδιαστική αλυσίδα, αντιμετωπίζοντας μακροχρόνιες προκλήσεις και ξεκλειδώνοντας νέες δυνατότητες. Η ικανότητά του να παρέχει διαφάνεια, ιχνηλασιμότητα, αποτελεσματικότητα και ασφάλεια μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένες λειτουργικές διαδικασίες, μειωμένο κόστος, ενισχυμένη εμπιστοσύνη των πελατών και, τελικά, ένα πιο ανθεκτικό και ισχυρό οικοσύστημα της αλυσίδας εφοδιασμού. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να ωριμάζει και περισσότεροι οργανισμοί αναγνωρίζουν τα οφέλη και υιοθετούν και αγκαλιάζουν τις δυνατότητές της, μπορούμε να περιμένουμε να δούμε το blockchain να παίζει έναν ολοένα και πιο αναπόσπαστο ρόλο στη διαμόρφωση του μέλλοντος της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας.

6. Αναφορές

- [1] S. Ashcroft, «The history of supply chain management,» 5 12 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://supplychaindigital.com/supply-chain-risk-management/history-supply-chain-management>. [Πρόσβαση 3 4 2023].
- [2] GEP, «Supply Chain Management: How to Overcome Challenges,» 18 10 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.gep.com/blog/technology/supply-chain-management-how-to-overcome-challenges>. [Πρόσβαση 3 4 2023].
- [3] Deloitte, «Industry 4.0 Readiness Report,» 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www2.deloitte.com/za/en/pages/about-deloitte/articles/industry-4-0-readiness-report.html>. [Πρόσβαση 4 4 2023].
- [4] A. Hayes, «The Supply Chain: From Raw Materials to Order Fulfillment,» Investopedia, 28 3 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.investopedia.com/terms/s/supplychain.asp>. [Πρόσβαση 11 5 2023].
- [5] G. Lau, «5 Ways to Mitigate Supply Chain Disruption Effects on Your Business,» 30 11 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://blog.shift4shop.com/mitigate-supply-chain-disruption>. [Πρόσβαση 11 5 2023].
- [6] J. Fernando, «Supply Chain Management (SCM): How It Works and Why It Is Important,» Investopedia, 7 7 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.investopedia.com/terms/s/scm.asp>. [Πρόσβαση 12 5 2023].
- [7] S. Ellis, «The Path to a Thinking Supply Chain,» IBM, 8 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ibm.com/downloads/cas/PKQXXQJM>. [Πρόσβαση 12 5 2023].
- [8] S. Schrauf και P. Bertram, «Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused,» PWC, 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/2016/industry-4-digitization/industry40.pdf>. [Πρόσβαση 15 5 2023].
- [9] D. A. Minca, «How Covid broke supply chains, and how AI and blockchain could fix them,» AXA, 30 1 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.axa.com/en/insights/how-covid-broke-supply-chains-and-how-AI-and-blockchain-could-fix-them>. [Πρόσβαση 15 5 2023].
- [10] T. Neha, «Difference Between Client-Server and Peer-to-Peer Network,» Tech Differences, 26 12 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://techdifferences.com/difference-between-client-server-and-peer-to-peer-network.html>. [Πρόσβαση 28 4 2023].
- [11] S. Jaganathan και K. Veeramani, «A quick synopsis of Blockchain Technology,» International Journal of Blockchains and Cryptocurrencies, 1 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.researchgate.net/publication/333160118_A_quick_synopsis_of_Blockchain_Technology. [Πρόσβαση 28 4 2023].
- [12] IBM, «What is Blockchain Technology?,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ibm.com/topics/blockchain>. [Πρόσβαση 28 4 2023].
- [13] Amazon, «What is Blockchain Technology?,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://aws.amazon.com/what-is/blockchain/>. [Πρόσβαση 28 4 2023].
- [14] Beyond Corporate Law, «What is blockchain technology – and how does it work?,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.beyondcorporate.co.uk/what-is-blockchain-technology-and-how-does-it-work/>. [Πρόσβαση 28 4 2023].

- [15] S. Nakamoto, «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System,» 2008. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. [Πρόσβαση 28 4 2023].
- [16] Horizen Academy, «Blockchain as a Data Structure,» 21 2 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.horizen.io/academy/blockchain-as-a-data-structure/>. [Πρόσβαση 10 5 2023].
- [17] S. Voshmgir, Token Economy: How the Web3 reinvents the Internet (second edition), 2020.
- [18] Blockchainhub Berlin, «What is the Web3? The Decentralized Web - Blockchain,» 7 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://blockchainhub.net/web3-decentralized-web/>. [Πρόσβαση 28 4 2023].
- [19] P. Kim και J. Suarez, «Understanding web3: The new version of the web that works on blockchain,» Business Insider, 28 4 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.businessinsider.com/personal-finance/what-is-web3>. [Πρόσβαση 28 4 2023].
- [20] J. Frankenfield, «Distributed Ledger Technology (DLT): Definition and How It Works,» Investopedia, 21 3 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.investopedia.com/terms/d/distributed-ledger-technology-dlt.asp>. [Πρόσβαση 2 5 2023].
- [21] J. Frankenfield, «What Are Consensus Mechanisms in Blockchain and Cryptocurrency?,» Investopedia, 17 2 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.investopedia.com/terms/c/consensus-mechanism-cryptocurrency.asp>. [Πρόσβαση 4 5 2023].
- [22] J. Frankenfield, «Proof of Elapsed Time (PoET) Definition, Purposes, Vs. PoW,» Investopedia, 13 1 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.investopedia.com/terms/p/proof-elapsed-time-cryptocurrency.asp>. [Πρόσβαση 4 5 2023].
- [23] consensus, «Proof of History,» 31 8 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://tokens-economy.gitbook.io/consensus/chain-based-proof-of-capacity-space/proof-of-history>. [Πρόσβαση 4 5 2023].
- [24] Euromoney Learning, «How does a transaction get into the blockchain?,» 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.euromoney.com/learning/blockchain-explained/how-transactions-get-into-the-blockchain>. [Πρόσβαση 5 5 2023].
- [25] ZebPay, «What Are Blockchain Layers?,» 21 11 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://zebpay.com/blog/what-is-blockchain-layer-0-1-2-and-3>. [Πρόσβαση 5 5 2023].
- [26] packtpub, «Layered structure of the blockchain architecture,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://subscription.packtpub.com/book/data/9781789804164/1/ch01lv1sec07/layered-structure-of-the-blockchain-architecture>. [Πρόσβαση 5 5 2023].
- [27] A. Hayes, «Blockchain Facts: What Is It, How It Works, and How It Can Be Used,» Investopedia, 23 4 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>. [Πρόσβαση 5 5 2023].
- [28] Euromoney Learning, «What is blockchain?,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.euromoney.com/learning/blockchain-explained/what-is-blockchain>. [Πρόσβαση 5 5 2023].
- [29] guptavivek0503, «Types of Blockchain,» GeekforGeek, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/types-of-blockchain/>. [Πρόσβαση 6 5 2023].

- [30] C. Campbell, «What are the 4 different types of blockchain technology?,» TechTarget, 3 3 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.techtarget.com/searchcio/feature/What-are-the-4-different-types-of-blockchain-technology>. [Πρόσβαση 6 5 2023].
- [31] IBM, «Benefits of blockchain,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ibm.com/topics/benefits-of-blockchain>. [Πρόσβαση 10 5 2023].
- [32] «About Walmart,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://corporate.walmart.com/about>. [Πρόσβαση 6 4 2023].
- [33] Hyperledger Foundation, «Case Study: How Walmart brought unprecedented transparency to the food supply chain with Hyperledger Fabric,» 1 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.hyperledger.org/learn/publications/walmart-case-study>. [Πρόσβαση 4 6 2023].
- [34] M. G. Xevgenis, D. Kogias, H. C. Leligou, C. Chatzigeorgiou, M. Feidakis και C. Z. Patrikakis, «A Survey on the Available Blockchain Platforms and Protocols for Supply Chain Management,» 31 5 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&citation_for_view=5crCv2YAAAAJ:S16KYo8Pm5AC. [Πρόσβαση 6 4 2023].
- [35] A. Sristy, «Blockchain in the food supply chain - What does the future look like?,» 30 11 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://tech.walmart.com/content/walmart-global-tech/en_us/news/articles/blockchain-in-the-food-supply-chain.html. [Πρόσβαση 4 6 2023].
- [36] IBM THINK Blog, «Carrefour and Nestlé Partner with IBM to Extend Use of Blockchain to New Food Categories,» 15 4 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ibm.com/blogs/think/2019/04/tracing-your-mashed-potatoes-on-ibm-blockchain/>. [Πρόσβαση 4 6 2023].
- [37] J. Teicher, «Golden State Foods wants to show you where your burger comes from,» IBM THINK Blog, 28 1 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ibm.com/blog/golden-state-foods/>. [Πρόσβαση 4 6 2023].
- [38] IBM, «IBM Supply Chain Intelligence Suite: Food Trust,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ibm.com/products/supply-chain-intelligence-suite/food-trust>. [Πρόσβαση 18 4 2023].
- [39] International Food Information Council, «2019 Food & Health Survey,» 9 4 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://foodinsight.org/wp-content/uploads/2019/05/IFIC-Foundation-2019-Food-and-Health-Report-FINAL.pdf>. [Πρόσβαση 18 4 2023].
- [40] Amway, «Consumers want traceability, transparency in their products,» 9 1 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://amwayconnections.com/healthy-living/consumers-want-traceability-transparency-in-their-products/>. [Πρόσβαση 18 4 2023].
- [41] Nielsen IQ, «Label Insight,» 10 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://nielseniq.com/global/en/landing-page/label-insight/>. [Πρόσβαση 18 4 2023].
- [42] M. d. Castillo, «Blockchain 50: Billion Dollar Babies,» Forbes, 16 4 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.forbes.com/sites/michaeldelcastillo/2019/04/16/blockchain-50-billion-dollar-babies/>. [Πρόσβαση 21 5 2023].

- [43] M. d. Castillo και M. Schiffrin, «Blockchain 50,» Forbes, 19 2 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.forbes.com/sites/michaeldelcastillo/2020/02/19/blockchain-50/>. [Πρόσβαση 21 5 2023].
- [44] M. d. Castillo, «Blockchain 50 2021,» Forbes, 2 2 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.forbes.com/sites/michaeldelcastillo/2021/02/02/blockchain-50/>. [Πρόσβαση 21 5 2023].
- [45] M. d. Castillo και M. Schiffrin, «Forbes Blockchain 50 2022,» Forbes, 8 2 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.forbes.com/sites/michaeldelcastillo/2022/02/08/forbes-blockchain-50-2022/>. [Πρόσβαση 21 5 2023].
- [46] N. Bambysheva και M. d. Castillo, «Forbes Blockchain 50 2023,» Forbes, 7 2 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.forbes.com/sites/ninabambysheva/2023/02/07/forbes-blockchain-50-2023/>. [Πρόσβαση 21 5 2023].
- [47] SWISS IPG, «Nestle bets on Blockchain for food traceability,» 12 3 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://swiss-ipg.com/en/insights/item/131-nestle-bets-on-blockchain-for-food-traceability.html>. [Πρόσβαση 18 4 2023].
- [48] U.S. Department of Labor, «Child Labor in the Production of Cocoa,» 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.dol.gov/agencies/ilab/our-work/child-forced-labor-trafficking/child-labor-cocoa>. [Πρόσβαση 18 4 2023].
- [49] NORC at the University of Chicago, «Assessing Progress in Reducing Child,» 10 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.norc.org/PDFs/Cocoa%20Report/NORC%202020%20Cocoa%20Report_English.pdf. [Πρόσβαση 18 4 2023].
- [50] ChainPoint, «Tony's Chocolonely - Transforming the cocoa industry: stop child slavery,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.chainpoint.com/our-customers/tonys-chocolonely/>. [Πρόσβαση 18 4 2023].
- [51] Tony's Chocolonely, «Tony's Open Chain,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://tonyschocolonely.com/nl/en/our-mission/news/tonys-open-chain>. [Πρόσβαση 18 4 2023].
- [52] Tony's Chocolonely, «Tony's 5 Sourcing Principles,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://tonyschocolonely.com/nl/en/our-mission/serious-statements/tonys-5-sourcing-principles>. [Πρόσβαση 18 4 2023].
- [53] Tony's Chocolonely, «Tony's Beantracker,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://tonyschocolonely.com/nl/en/our-mission/serious-statements/tonys-beantracker>. [Πρόσβαση 18 4 2023].
- [54] A. Presnall, «Diamonds: A Symbol of Love and Conflict,» The University of Alabama at Birmingham, 23 12 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://sites.uab.edu/humanrights/tag/blood-diamonds/>. [Πρόσβαση 20 4 2023].
- [55] Jewellery Outlook, «De Beers Group introduces world's first blockchain-backed diamond source platform at scale,» 5 5 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://jewelleryoutlook.com/de-beers-group-introduces-worlds-first-blockchain-backed-diamond-source-platform-at-scale/>. [Πρόσβαση 20 4 2023].
- [56] Y. Vilkos, «DE BEERS GROUP SUCCESSFULLY TRACKS FIRST DIAMONDS FROM MINE TO RETAIL ON INDUSTRY BLOCKCHAIN,» De Beers Group, 10 5 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.debeersgroup.com/media/company->

- news/2018/de-beers-group-successfully-tracks-first-diamonds-from-mine-to-r. [Πρόσβαση 20 4 2023].
- [57] G. Onag, «Da Beers to deploy Tracr blockchain platform at scale,» FutureIoT, 9 5 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://futureiot.tech/da-beers-to-deploy-tracr-blockchain-platform-at-scale/>. [Πρόσβαση 20 4 2023].
- [58] G. S. Ramachandran, S. Malik, S. Pal, A. Dorri, V. Dedeoglu, S. Kanhere και R. Jurdak, «Blockchain in Supply Chain: Opportunities and Design Considerations,» 8 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.researchgate.net/publication/354208043_Blockchain_in_Supply_Chain_Opportunities_and_Design_Considerations. [Πρόσβαση 21 4 2023].
- [59] S. Jeacocke και N. Kouwenhoven, «TradeLens uses blockchain to help Customs authorities facilitate trade and increase compliance,» WCO News, 10 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://mag.wcoomd.org/magazine/wco-news-87/tradelens/>. [Πρόσβαση 21 4 2023].
- [60] J. T. Madsen, «A game changer for global trade,» Maersk, 20 9 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.maersk.com/news/articles/2019/09/20/a-game-changer-for-global-trade>. [Πρόσβαση 21 4 2023].
- [61] IBM, «Maersk and IBM Introduce TradeLens Blockchain Shipping Solution,» 9 8 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://newsroom.ibm.com/2018-08-09-Maersk-and-IBM-Introduce-TradeLens-Blockchain-Shipping-Solution>. [Πρόσβαση 21 4 2023].
- [62] Maersk, «A.P. Moller - Maersk and IBM to discontinue TradeLens, a blockchain-enabled global trade platform,» 29 11 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.maersk.com/news/articles/2022/11/29/maersk-and-ibm-to-discontinue-tradelens>. [Πρόσβαση 21 4 2023].
- [63] The Maritime Executive, «Maersk and IBM Abandon Blockchain TradeLens Platform,» 30 11 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://maritime-executive.com/article/maersk-and-ibm-abandon-blockchain-tradelens-platform>. [Πρόσβαση 21 4 2023].
- [64] TradeLens, «CMA CGM and MSC Complete TradeLens Integration and Join as Foundation Carriers,» 15 10 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.tradelens.com/press-releases/cma-cgm-and-msc-complete-tradelens-integration-and-join-as-foundation-carriers>. [Πρόσβαση 21 4 2023].
- [65] Faurecia, «XCEED, THE NEW BLOCKCHAIN SOLUTION FOR THE CERTIFICATION OF VEHICLE COMPLIANCE, IS MOVING A STEP FURTHER IN EUROPE,» 20 4 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.faurecia.com/sites/groupe/files/pages/2021%2004%2020%20XCEED%20Announcement%2021%20April%20-%20Release%20EN%20UPDATE.pdf>. [Πρόσβαση 24 4 2023].
- [66] K. Stelzer, «Driving auto supply chains forward with blockchain,» IBM, 5 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ibm.com/case-studies/renault/>. [Πρόσβαση 24 4 2023].
- [67] Knauf Industries, «XCEED as one of the best blockchain projects according to the Forbes magazine,» 15 5 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://knaufautomotive.com/xceed-the-best-blockchain-project-acc-to-forbes/>. [Πρόσβαση 24 4 2023].
- [68] N. Le-Boucher, «XCEED: a new blockchain solution for Renault plants in Europe,» Renault Group, 6 7 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available:

- <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/xceed-a-new-blockchain-solution-for-renault-plants-in-europe/>. [Πρόσβαση 24 4 2023].
- [69] J. P. Hampstead, «Swiss firm brings blockchain to the biopharmaceutical cold chain,» Freightwaves, 23 2 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.freightwaves.com/news/blockchain/skycellblockchaincoldchain>. [Πρόσβαση 25 4 2023].
- [70] A. Hofer, «Four Examples of Blockchain in Supply Chain Management,» Softeq, 1 3 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.softeq.com/blog/four-blockchain-supply-chain-examples>. [Πρόσβαση 25 4 2023].
- [71] M. Groeneveld, «Big Data in Pharma Cold Chain Logistics,» SkyCell, 10 10 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.skycell.ch/news/big-data-pharma-cold-chain-logistics/>. [Πρόσβαση 25 4 2023].
- [72] SGS, «Good Distribution Practices (GDP) Certification for Pharmaceutical Industry,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.sgs.com/en-ca/services/good-distribution-practices-gdp-certification-for-pharmaceutical-industry>. [Πρόσβαση 25 4 2023].
- [73] V. Pant, «Three big questions blockchain is helping us answer,» BHP, 12 12 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.bhp.com/news/prospects/2021/12/three-big-questions-blockchain-is-helping-us-answer>. [Πρόσβαση 21 5 2023].
- [74] BHP, «Ethical Supply Chain and Transparency,» 20 2 2017. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.bhp.com/-/media/documents/suppliers/200217_ethical-supply-chain-and-transparency-guide.pdf. [Πρόσβαση 21 5 2023].
- [75] S. Ashcroft, «Blockchain 'key to supply transparency' - mining giant BHP,» Supply Chain Digital | Supply Chain Magazine, 15 12 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://supplychaindigital.com/sustainability/blockchain-key-supply-transparency-mining-giant-bhp>. [Πρόσβαση 21 5 2023].
- [76] P. Dutta, T.-M. Choi, S. Somani και R. Butala, «Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities,» National Library of Medicine, 29 09 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7522652/>. [Πρόσβαση 12 09 2023].
- [77] Onyx by J.P.Morgan, «Onyx by J.P.Morgan,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.jpmorgan.com/onyx/about.htm>. [Πρόσβαση 18 09 2023].
- [78] Ledger Insights, «VW partners Energy Web blockchain for electric vehicles powered by renewable energy,» 19 07 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ledgerinsights.com/vw-partners-energy-web-blockchain-electric-vehicles-renewable-energy/>. [Πρόσβαση 18 09 2023].
- [79] Ledger Insights, «Hyundai uses blockchain to verify authentic car parts,» 07 01 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ledgerinsights.com/hyundai-mobis-blockchain-verify-authentic-car-parts/>. [Πρόσβαση 18 09 2023].
- [80] Ledger Insights, «Hyundai, KIA unveil blockchain, AI solution to track carbon emissions,» 04 08 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ledgerinsights.com/hyundai-kia-blockchain-carbon-emissions-hedera/>. [Πρόσβαση 18 09 2023].
- [81] S. Sundararajan, «Air New Zealand, Winding Tree Team Up for Blockchain Exploration,» CoinDesk, 23 11 2017. [Ηλεκτρονικό]. Available:

- <https://www.coindesk.com/markets/2017/11/23/air-new-zealand-winding-tree-team-up-for-blockchain-exploration/>. [Πρόσβαση 18 09 2023].
- [82] A. Di Vaio και L. Varriale, «Blockchain technology in supply chain management for sustainable performance: Evidence from the airport industry,» ScienceDirect, 13 10 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268401219304803>. [Πρόσβαση 18 09 2023].
- [83] J. Bartmann, «Peertracks Aims For Free, Ad-Free Music Streaming Using Blockchain Tech,» Medium, 01 10 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://medium.com/@johnbartmann/peertracks-aims-for-free-ad-free-music-streaming-using-blockchain-tech-a830a0de76b4>. [Πρόσβαση 18 09 2023].
- [84] ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΟΡΩΝ, «Φορτωτική (Bill of lading),» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://euretirio.com/fortotiki-bill-of-lading/>. [Πρόσβαση 31 5 2023].
- [85] 3i Infotech, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.3i-infotech.com/>. [Πρόσβαση 5 6 2023].
- [86] A. Kumar και A. Talekar, «Blockchain in Supply Chain,» 24 5 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/blockchain-supply-chain-aditya-kumar/>. [Πρόσβαση 5 6 2023].
- [87] N. Vadgama και P. Tasca, «An Analysis of Blockchain Adoption in Supply Chains Between 2010 and 2020,» Centre for Blockchain Technologies, University College London, 23 03 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbloc.2021.610476/full>. [Πρόσβαση 19 09 2023].