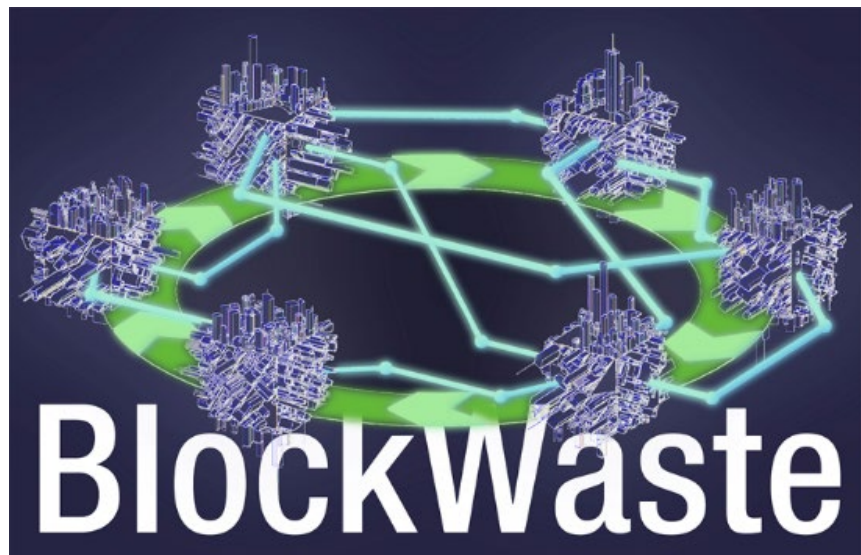


Ο3.Α3 Εγχειρίδιο διαδραστικού εργαλείου BlockWASTE



ΑΠΟΠΟΙΗΣΗ ΕΥΘΥΝΗΣ

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Ενημερωτικό δελτίο αποτελεσμάτων:

Πρόγραμμα χρηματοδότησης	Πρόγραμμα Erasmus+ της Ευρωπαϊκής Ένωσης
ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ	ΕΛ01 Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών Ελλάδος (ΙΚΥ)
Πλήρης τίτλος του έργου	Καινοτόμος εκπαίδευση βασισμένη στην τεχνολογία Blockchain που εφαρμόζεται στη διαχείριση αποβλήτων — BlockWaste
Πεδίο	ΚΑ2 — Συνεργασία για την καινοτομία και την ανταλλαγή ορθών πρακτικών ΚΑ203 — Στρατηγικές συμπράξεις για την τριτοβάθμια εκπαίδευση
Αριθμός έργου	2020-1-EL01-KA203-079154
Διάρκεια έργου	24 μήνες
Ημερομηνία έναρξης του έργου	01-10-2020
Ημερομηνία λήξης έργου:	30-09-2022

Λεπτομέρειες παραγωγής:

Τίτλος εξόδου: O3: Εργαλείο ηλεκτρονικής μάθησης με βάση το Blockchain-MSW επικεντρωμένο στην κυκλική οικονομία

Τίτλος εργασίας: A3 — Διαδραστικό εργαλείο BlockWaste

Επικεφαλής παραγωγής: SAXION UAS

Επικεφαλής εργασιών: SAXION UAS, TALTECH, ΕΜΠ, CTM

Συντάκτης/-ες: Dimitris Damigos, National Technical University of Athens, damigos@metal.ntua.gr, Greece, George Panagiotopoulos, National Technical University of Athens, g.panag@metal.ntua.gr, Greece, Perry Smit, Saxion UAS, p.j.smit.01@saxion.nl, Netherlands, Ermo Täks, Tallinn University of Technology, ermo.taks@taltech.ee, Estonia, David Caparros Perez, Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales, david.caparros@ctmarmol.es, Spain

Αναθεωρήθηκε από: Maria Menegaki, National Technical University of Athens, menegaki@metal.ntua.gr, Greece, Christa Barkel, Saxion UAS, c.barkel@saxion.nl, Netherlands

Έλεγχος εγγράφων

Έκδοση εγγράφου	Η έκδοση	ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ
V0.1	30/05/2022	Τελική έκδοση — 29/07/2022

Πίνακας Περιεχομένων

Συνοπτική παρουσίαση	iv
1 Εισαγωγή	1
1.1. Περιγραφή του έργου BlockWaste	1
1.2. Στόχοι και μεθοδολογική προσέγγιση	1
2 Ενότητα Blockchain	3
2.1. Το τροποποιημένο παιχνίδι «The Blockchain Game!»	3
2.2. Ο διαδραστικός προσομοιωτής Blockchain.....	5
2.2.1. Δημιουργία δημόσιου και ιδιωτικού κλειδιού.....	6
2.2.2. Παίζοντας το εργαλείο ως μεμονωμένος παίκτης	9
2.2.3. Παίζοντας με πολλαπλούς χρήστες.....	12
3 Το εργαλείο BlockWaste	14
3.1. Εισαγωγή στο παιχνίδι.....	14
3.2. Λεπτομερής περιγραφή των υπολογισμών πίσω από το παιχνίδι.....	15
3.2.1. Νοικοκυριά	15
3.2.2. Δήμαρχος	16
3.2.3. Κύριες παραδοχές	20
3.2.4. Αποτελέσματα του εργαλείου.....	22
3.3. Λεπτομερής περιγραφή των ρόλων	30
3.3.1. Ξεκινώντας το παιχνίδι.....	30
3.3.2. Νοικοκυριά	30
3.3.3. Δήμαρχος	33
3.4. Βασικές οδηγίες για το πώς να παίξετε	36
3.4.1. Παίζοντας το παιχνίδι.....	36
3.4.2. Μετά το παιχνίδι	37
4 Αναφορές	38

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1. Σχέση μεταξύ του χρόνου που δαπανάται για τον διαχωρισμό των αποβλήτων και του ποσοστού των αποβλήτων που διαχωρίζονται σε διαφορετικούς κάδους.....	16
Πίνακας 2. Τεχνικές παραδοχές για την αερόβια MBE.....	20
Πίνακας 3. Τεχνικές παραδοχές για την αναερόβια MBE.....	21
Πίνακας 4. Τεχνικές παραδοχές για την MAEB.....	21
Πίνακας 5. Τεχνικές παραδοχές για την MAnEB.....	21
Πίνακας 6. Παραδοχές κόστους.....	22
Πίνακας 7. Παραδοχές εσόδων.....	22
Πίνακας 8. Σύνθεση και συλλογή αποβλήτων ανά νοικοκυριό.....	24
Πίνακας 9. Δεδομένα εισόδου για την αερόβια MBE.....	24
Πίνακας 10. Έξοδος από την αερόβια MBE.....	25
Πίνακας 11. Είσοδος και έξοδος για την MAEB.....	25
Πίνακας 12. Εισροές και εκροές για τη Μονάδα Ανάκτησης Υλικών - MAY.....	26
Πίνακας 13. Κόστος συλλογής σύμμεικτων και διαχωρισμένων αποβλήτων (EUR/kg).....	26
Πίνακας 14. Κόστος επεξεργασίας σύμμεικτων και διαχωρισμένων αποβλήτων (EUR/kg).....	26
Πίνακας 15. Υγειονομική ταφή και συνολικό κόστος σύμμεικτων και διαχωρισμένων αποβλήτων (EUR/kg).....	27
Πίνακας 16. Έσοδα από σύμμεικτα απόβλητα (EUR/kg).....	28
Πίνακας 17. Έσοδα από διαχωρισμένα απόβλητα (EUR/kg).....	28
Πίνακας 18. Καθαρό κόστος (EUR) ανά kg για τα σύμμεικτα, διαχωρισμένα και συνολικά απόβλητα.....	29
Πίνακας 19. Συνολικά έσοδα και καθαρό κόστος (EUR/kg).....	29

Λίστα Σχημάτων

Σχήμα 1. Ο φάκελος του παιχνιδιού Blockchain Google Drive.....	3
Σχήμα 2. Προβολή του προβλήματος Blockchain που χρησιμοποιείται στο παιχνίδι BlockWaste.....	4
Σχήμα 3. Άποψη του λυμένου προβλήματος.....	4
Σχήμα 4. Αποτέλεσμα μεταβολής στην καταχώριση 3.....	5
Σχήμα 5. Στιγμιότυπο οθόνης του Bitcoin Blockchain Simulator.....	5
Σχήμα 6. Δημιουργία νέου προσομοιωμένου «πορτοφολιού».....	6
Σχήμα 7. Εισαγωγή δεδομένων για τη δημιουργία νέου «πορτοφολιού».....	7
Σχήμα 8. Η γενιά του νέου «πορτοφολιού».....	7
Σχήμα 9. Δημιουργία δημόσιων και ιδιωτικών κλειδιών.....	8
Σχήμα 10. Προσομοιωμένα μπλοκ που δημιουργήθηκαν στο Blockchain.....	9
Σχήμα 11. Οθόνη block mining.....	10
Σχήμα 12. Ενεργοποίηση της επιλογής «Auto Mining».....	10
Σχήμα 13. Μήνυμα που εμφανίζεται όταν ένα μπλοκ έχει εξορυχθεί επιτυχώς.....	11
Σχήμα 14. Επαλήθευση της ανταμοιβής μπλοκ.....	11
Σχήμα 15. Οικονομικό ισοζύγιο του «πορτοφολιού» του χρήστη.....	11
Σχήμα 16. Δημιουργία νέας συναλλαγής.....	12
Σχήμα 17. Η οθόνη «Νέα Συναλλαγή».....	12
Σχήμα 18. Δημιουργία και υπογραφή συναλλαγής.....	13
Σχήμα 19. Αποστολή της συναλλαγής.....	13
Σχήμα 20: Η αρχική οθόνη του παιχνιδιού.....	30
Σχήμα 21. Το παράθυρο «Προσθήκη δεδομένων».....	31
Σχήμα 22: Το πρόβλημα του απλοποιημένου Blockchain.....	31

Σχήμα 23: Προβολή ενός επιλυθέντος προβλήματος Blockchain που επιτρέπει την υποβολή των δεδομένων	32
Σχήμα 24. Το παράθυρο αποτελεσμάτων (μόνο για τον συγκεκριμένο παίκτη)	32
Σχήμα 25. Το παράθυρο αποτελεσμάτων (παρουσίαση των αποτελεσμάτων για όλους τους παίκτες)	33
Σχήμα 26. Η επιλογή του παραθύρου του σχεδίου διαχείρισης MSW	33
Σχήμα 27. Το «βασικό» παράθυρο πληροφοριών στο οποίο ο χρήστης καθορίζει τα δημοτικά τέλη.....	34
Σχήμα 28. Το παράθυρο με τα αναλυτικά οικονομικά στοιχεία.....	35
Σχήμα 29. Το λεπτομερές παράθυρο με τεχνικά και οικονομικά στοιχεία	36

Κατάλογος συντομογραφιών

Συντομογραφία	Ορισμός
ΑΣΑ	Αστικά στερεά απόβλητα
ΔΑΣΑ	Διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων
ΜμΕ	Μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις
ΤΠ	Τεχνολογία πληροφοριών
ΑΕΠ	Ακαθάριστο εγχώριο προϊόν
ΑΑΠ	Ανοικτός ακαδημαϊκός πόρος
ΜΑΥ	Μονάδα ανάκτησης υλικών
ΜΒΕ	Μηχανική βιολογική επεξεργασία
ΜΑΕΒ	Μονάδα αερόβιας επεξεργασίας βιοαποβλήτων
ΜΑνΕΒ	Μονάδα αναερόβιας επεξεργασίας βιοαποβλήτων

Συνοπτική παρουσίαση

Στο πλαίσιο του έργου, αναπτύχθηκε ένα διαδραστικό εργαλείο («Διαδραστικό Εργαλείο BlockWaste»), το οποίο έχει ελεύθερη πρόσβαση και υλοποιείται στο πλαίσιο του Ανοικτού Ακαδημαϊκού Πόρου (ΑΑΠ), ο οποίος αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του πνευματικού προϊόντος «ΙΟ4: BlockWaste Open Εκπαιδευτικός Πόρος».

Στόχος του εργαλείου είναι να προσφέρει στους χρήστες διάφορα κλειδιά για την επίτευξη της ενσωμάτωσης των Αστικών Στερών Αποβλήτων (ΑΣΑ) που βασίζονται στην τεχνολογία του Blockchain και να τους βοηθήσει να κατανοήσουν το σύνολο της ιχνηλασιμότητας και της διαφάνειας των αστικών στερεών αποβλήτων από την αρχή έως το τέλος της διαχείρισής τους. Με το «Διαδραστικό Εργαλείο Αποβλήτων» (<https://game.blockwasteproject.eu/>), ο χρήστης θα είναι σε θέση να οπτικοποιήσει τον τρόπο με τον οποίο η κρυπτογράφηση των πληροφοριών ενός Blockchain λειτουργεί ως περιβάλλον παιχνιδιού ρόλων, αξιοποιώντας — όποτε χρειάζεται — τις πληροφορίες που συλλέγονται στη βάση δεδομένων αποβλήτων («Ο3/Α1. Ανάπτυξη της βάσης δεδομένων για το εργαλείο ηλεκτρονικής μάθησης) που έχει δημιουργηθεί.

Παρόλο που στην πρόταση που υποβλήθηκε προβλεπόταν αρχικά ένα διαδραστικό εργαλείο (δηλαδή το «Διαδραστικό Εργαλείο BlockWaste»), αποφασίστηκε η ανάπτυξη δύο διαφορετικών ενότητων προκειμένου να εξυπηρετηθούν καλύτερα οι εκπαιδευτικές ανάγκες των ομάδων-στόχων και των τελικών χρηστών του έργου BlockWaste. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη ενότητα (ενότητα Blockchain) είχε ως στόχο να οπτικοποιήσει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η κρυπτογράφηση των πληροφοριών ενός Blockchain και απευθύνεται σε χρήστες που δεν είναι εξοικειωμένοι με την τεχνολογία Blockchain. Η δεύτερη ενότητα (αρχικά αποκαλούμενη «εργαλείο διαχείρισης ΑΣΑ») επικεντρώθηκε μόνο στη διαχείριση ΑΣΑ (ΔΑΣΑ) χρησιμοποιώντας ένα διαδραστικό παιχνίδι ρόλων.

Στόχος αυτού του εγχειριδίου είναι να εξηγήσει ποιος είναι ο σκοπός των παιχνιδιών, ποια είναι η εισροή που απαιτείται από τους χρήστες και πώς λειτουργούν τα παιχνίδια (π.χ. λεπτομέρειες σχετικά με τους αλγόριθμους πίσω από τα αποτελέσματα).

1 Εισαγωγή

1.1. Περιγραφή του έργου BlockWaste

Το παρόν κείμενο αποτελεί μέρος του έργου BlockWaste, το οποίο είναι ένα χρηματοδοτούμενο από την ΕΕ έργο Erasmus+. Το έργο στοχεύει στην αντιμετώπιση της διαλειτουργικότητας μεταξύ της ΔΑΣΑ και της τεχνολογίας Blockchain και στην προώθηση της ορθής επεξεργασίας τους μέσω της εκπαιδευτικής κατάρτισης, έτσι ώστε τα δεδομένα που συλλέγονται να ανταλλάσσονται σε ένα ασφαλές περιβάλλον, όπου δεν υπάρχει περιθώριο αβεβαιότητας και δυσπιστίας μεταξύ των μερών που εμπλέκονται σε αλυσίδες αποβλήτων.

Για το σκοπό αυτό, οι στόχοι του έργου BlockWaste είναι οι εξής:

- Διερεύνηση των ορθών πρακτικών ΔΑΣΑ που παράγονται σε διάφορες πόλεις, ώστε να επανεισάγονται τα απόβλητα στην αλυσίδα αξίας, προωθώντας την ιδέα των ευφυών κυκλικών πόλεων.
- Προσδιορισμός των οφελών της τεχνολογίας Blockchain στη διαδικασία ΔΑΣΑ.
- Δημιουργία ενός εκπαιδευτικού προγράμματος που θα επιτρέπει την κατάρτιση εκπαιδευτικών και επαγγελματιών στον τομέα της διαχείρισης αποβλήτων, της κυκλικής οικονομίας και της τεχνολογίας Blockchain.
- Ανάπτυξη ενός εκπαιδευτικού διαδραστικού εργαλείου βασισμένου στην τεχνολογία Blockchain ώστε η διαδικασία της ΔΑΣΑ να είναι πιο ορατή και διαφανής, προωθώντας πιο κυκλικές μορφές διαχείρισης αποβλήτων.

Περισσότερες πληροφορίες διατίθενται από τον ιστότοπο του έργου BlockWaste <https://blockwasteproject.eu>.

1.2. Στόχοι και μεθοδολογική προσέγγιση

Στο πλαίσιο του έργου, αναπτύχθηκε ένα διαδραστικό εργαλείο («Διαδραστικό Εργαλείο BlockWaste») ελεύθερης πρόσβασης μέσω του ΑΑΠ που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του πνευματικού προϊόντος «IO4: BlockWaste Ανοιχτός Εκπαιδευτικός Πόρος».

Ο στόχος του εργαλείου ηλεκτρονικής μάθησης είναι να προσφέρει στους χρήστες διάφορα κλειδιά για την επίτευξη της ενσωμάτωσης των ΑΣΑ που βασίζονται στην τεχνολογία Blockchain και να τους βοηθήσει να κατανοήσουν το σύνολο της ιχνηλασιμότητας και της διαφάνειας των ΑΣΑ από την αρχή έως το τέλος της διαχείρισής τους. Με το «Διαδραστικό Εργαλείο BlockWaste», ο χρήστης θα είναι σε θέση να οπτικοποιήσει τον τρόπο με τον οποίο η κρυπτογράφηση των πληροφοριών ενός Blockchain λειτουργεί ως περιβάλλον παιχνιδιού ρόλων, αξιοποιώντας — όποτε χρειάζεται — τις πληροφορίες που συλλέγονται στη βάση δεδομένων αποβλήτων (βλ. «O3/A1. Ανάπτυξη της βάσης δεδομένων για το εργαλείο ηλεκτρονικής μάθησης») που έχει δημιουργηθεί.

Παρόλο που στην πρόταση που υποβλήθηκε προβλεπόταν αρχικά ένα διαδραστικό εργαλείο (δηλαδή το «Διαδραστικό Εργαλείο BlockWaste»), αποφασίστηκε η ανάπτυξη δύο διαφορετικών ενοτήτων προκειμένου να εξυπηρετηθούν καλύτερα οι εκπαιδευτικές ανάγκες των ομάδων-στόχων και των τελικών χρηστών του έργου BlockWaste. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη ενότητα (ενότητα Blockchain) είχε ως στόχο να οπτικοποιήσει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η κρυπτογράφηση των πληροφοριών ενός Blockchain και απευθύνεται σε χρήστες που δεν είναι εξοικειωμένοι με την τεχνολογία Blockchain. Η δεύτερη ενότητα (αρχικά

αποκαλούμενη «εργαλείο διαχείρισης ΑΣΑ») επικεντρώθηκε μόνο στη ΔΑΣΑ χρησιμοποιώντας ένα διαδραστικό παιχνίδι ρόλων.

Τα δύο πρώτα πιλοτικά σχολεία στη Γερμανία και την Ελλάδα χρησιμοποίησαν αυτές τις δύο ενότητες. Παρά το γεγονός ότι η συνολική γνώμη των συμμετεχόντων σχετικά με τα εργαλεία κατάρτισης ήταν πολύ θετική, ορισμένα σχόλια ανέφεραν ότι ο ρόλος της αλυσίδας Blockchain στο σύστημα ΔΑΣΑ δεν ήταν πολύ σαφής. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των πιλοτικών σχολείων, αναπτύχθηκε μια νέα έκδοση του εργαλείου BlockWaste. Αποφασίστηκε να διατηρηθεί η ενότητα «Blockchain» ξεχωριστά και ανεξάρτητα από το «εργαλείο διαχείρισης ΑΣΑ», αλλά το τελευταίο (δηλαδή το «εργαλείο ΔΑΣΑ») ενσωμάτωσε ένα σύντομο παιχνίδι Blockchain, όπως εξηγείται λεπτομερέστερα αργότερα. Η ενημερωμένη έκδοση του «εργαλείου διαχείρισης ΑΣΑ» ονομάζεται «Διαδραστικό Εργαλείο BlockWaste». Στο τρίτο πιλοτικό σχολείο (στην Εσθονία), δοκιμάστηκε η νέα έκδοση του «Διαδραστικού Εργαλείου BlockWaste».

Εν συντομία, προκειμένου να καταστεί σαφέστερο για τους χρήστες πώς λειτουργεί το Blockchain, η ενότητα «Blockchain» περιλαμβάνει μια τροποποιημένη έκδοση του «The Blockchain Game!» (<https://medium.com/predict/how-to-teach-blockchain-with-the-blockchain-game-44360c542c81>) που δημιουργήθηκε από τον J. Scott Christianson, Αναπληρωτή Καθηγητή στο Πανεπιστήμιο του Μιζούρι. Επιπλέον, παρέχεται ένας διαδραστικός προσομοιωτής Blockchain, όπου οι χρήστες παίζουν και προσομοιώνουν όλα τα βήματα ενός συστήματος Blockchain (<https://bitcoinsimulator.tk/>).

Η τελική έκδοση του «Διαδραστικού Εργαλείου BlockWaste» εστιάζει κυρίως στη ΔΑΣΑ χρησιμοποιώντας ένα διαδραστικό παιχνίδι ρόλων, το οποίο βασίζεται σε δύο ρόλους, δηλαδή τον Δήμαρχο (που θεωρείται ότι είναι υπεύθυνος για τη ΔΑΣΑ) και τα νοικοκυριά. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, η ομάδα «νοικοκυριά», χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που συλλέγονται στη βάση δεδομένων ΑΣΑ που έχει δημιουργηθεί προηγουμένως (Ο3/Ο1), παρέχει στοιχεία σχετικά με την ποσότητα και τη σύνθεση των ΑΣΑ ανά μήνα (για ένα έτος) και τον χρόνο που αφιερώνεται στον διαχωρισμό των ΑΣΑ στην πηγή (η τελευταία μεταφράζεται σε χρηματική αξία, όπως περιγράφεται λεπτομερώς σε μεταγενέστερη ενότητα), η οποία καθορίζει το ποσοστό ανακύκλωσης. Ο «δήμαρχος» πρέπει να επιλέξει ένα σύστημα επεξεργασίας ΑΣΑ (υπάρχουν τέσσερις διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις) και, κάθε μήνα, πρέπει να καθορίζει τα δημοτικά τέλη που χρεώνονται σε κάθε νοικοκυριό με βάση τη συνολική ποσότητα αποβλήτων, τις διαχωρισμένες και μικτές ποσότητες αποβλήτων, το κόστος συλλογής, επεξεργασίας και διάθεσης και τα πιθανά έσοδα από ανακυκλώσιμα υλικά ή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο. Για να αποδειχθεί η διεπαφή της διαχείρισης αποβλήτων και Blockchain, προστέθηκε ένα απλό πρόβλημα Blockchain. Ο χρήστης πρέπει πρώτα να λύσει το πρόβλημα (όπως το πρόβλημα λύνεται από τους εξορύκτες bitcoin σε πραγματικές καταστάσεις) προκειμένου να υποβάλει δεδομένα εισόδου στη δημοτική αρχή. Επιπλέον, όλοι οι χρήστες μπορούν να δουν ανώνυμες πληροφορίες, οι οποίες καταγράφονται σε Blockchain, σχετικά με την παραγωγή αποβλήτων, τα δημοτικά τέλη, τις συνήθειες διαχωρισμού αποβλήτων κ.λπ. Το «Διαδραστικό Εργαλείο BlockWaste» έχει ελεύθερη πρόσβαση και υλοποιείται στο πλαίσιο του ΑΑΠ που αναπτύχθηκε στο «ΙΟ4: BlockWaste Ανοιχτός Εκπαιδευτικός Πόρος».

Σκοπός αυτού του εγχειριδίου είναι να εξηγήσει ποιος είναι ο στόχος των παιχνιδιών, ποια είναι τα δεδομένα εισόδου που απαιτούνται από τους χρήστες και πώς λειτουργούν τα παιχνίδια (π.χ. λεπτομέρειες σχετικά με τους αλγόριθμους πίσω από τα αποτελέσματα).

2 Ενότητα Blockchain

2.1. Το τροποποιημένο παιχνίδι «The Blockchain Game!»

Για να βοηθήσει τους χρήστες να κατανοήσουν τη λογική πίσω από το Blockchain, επιλέχθηκε το «The Blockchain Game!» (<https://medium.com/predict/how-to-teach-blockchain-with-the-blockchain-game-44360c542c81>) που δημιουργήθηκε από τον J. Scott Christianson, Αναπληρωτή Καθηγητή στο Πανεπιστήμιο του Μιζούρι, μετά από διεξοδική έρευνα των σχετικών εργαλείων.

«The Blockchain Game!» είναι πρακτική άσκηση, η οποία εξηγεί τις βασικές αρχές του Blockchain χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα ένα Blockchain για ακαδημαϊκές βαθμολογίες (Christianson, 2019). Το παιχνίδι διδάσκει βασικές έννοιες Blockchain όπως κατακεταμμένο καθολικό, διαφανές αλλά ανώνυμο καθολικό, αμετάβλητο καθολικό κ.λπ. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα αυτού του συγκεκριμένου παιχνιδιού είναι ότι τα υλικά για το παιχνίδι Blockchain είναι διαθέσιμα υπό μια διεθνή άδεια Creative Commons Attribution-Non Commercial-Share Alike International License, καθιστώντας το ελεύθερο για οποιονδήποτε να το χρησιμοποιήσει και να το αλλάξει για δικούς του σκοπούς (Christianson, 2019). Επιπλέον, ο δημιουργός παρέχει οδηγίες για το πώς να διδάξετε το Blockchain με το «The Blockchain Game!» (Christianson, 2022) και όλα τα απαραίτητα αρχεία (συμπεριλαμβανομένου του παιχνιδιού σε μορφή Excel, παρουσιάσεις του παιχνιδιού, έντυπα μαθητών κ.λπ.) είναι διαθέσιμα μέσω του Google Drive (https://drive.google.com/drive/folders/1c7_zfwzZ_acsVN4n7tS_ItRUOpLN0vPd), όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.

Όνομα	Κάτοχος	Τελευταία τροποποίηση	Μέγεθος αρχείου
Blockchain Game 2022-Italian	J Scott Christianson	5 Ιουλ 2022 J Scott Christians...	—
Blockchain Game v1-German	J Scott Christianson	5 Ιουλ 2022 J Scott Christians...	—
Blockchain Ledger.xlsx	J Scott Christianson	25 Αυγ 2021 J Scott Christian...	23 KB
Blockchain_Game_Survey.pdf	J Scott Christianson	9 Φεβ 2022 J Scott Christians...	45 KB
Game Printouts 2022.pptx	J Scott Christianson	7 Φεβ 2022 J Scott Christians...	423 KB
NIST Report.pdf	J Scott Christianson	7 Οκτ 2018 J Scott Christians...	754 KB
Student Handout.pdf	J Scott Christianson	29 Ιαν 2022 J Scott Christians...	292 KB
Student Keys for Face to Face.pdf	J Scott Christianson	7 Φεβ 2022 J Scott Christians...	44 KB
Student Keys for Zoom.txt	J Scott Christianson	7 Φεβ 2022 J Scott Christians...	376 byte
The Blockchain Game 2022 Slides Keynote.key	J Scott Christianson	7 Φεβ 2022 J Scott Christians...	5,9 MB
The Blockchain Game 2022 Slides ppt.pptx	J Scott Christianson	7 Φεβ 2022 J Scott Christians...	3,7 MB
The Blockchain Game 2022 Slides.pdf	J Scott Christianson	7 Φεβ 2022 J Scott Christians...	3,8 MB

Σχήμα 1. Ο φάκελος του παιχνιδιού Blockchain Google Drive

Για τους σκοπούς του σχεδίου BlockWaste, το αρχικό αρχείο Excel τροποποιήθηκε και το παράδειγμα που χρησιμοποιείται σχετίζεται με τη ΔΑΣΑ. Συγκεκριμένα, το πρόβλημα αφορά τα νοικοκυριά που ζουν σε διαφορετικές περιοχές μιας πόλης (π.χ. κόκκινο, μπλε, πράσινο κ.λπ.), έχουν δημόσιο κλειδί ταυτοποίησης (παρόμοιο με το δημόσιο κλειδί του Bitcoin) και παράγουν διαφορετικές ποσότητες αποβλήτων (Σχήμα 2).

Ακολουθώντας την αρχική ιδέα του παιχνιδιού, ο χρήστης πρέπει να λύσει ένα hash, δηλαδή τη λειτουργία που ανταποκρίνεται στις κρυπτογραφημένες απαιτήσεις που είναι αναγκαίες για την επίλυση ενός Blockchain υπολογισμού, ως εξής:

Hash = Nonce + a + b + c — Τιμή των τελευταίων 2 ψηφίων του προηγούμενου Hash

όπου: a = Αξία του πρώτου γράμματος της περιοχής

b = Αξία του πρώτου γράμματος του οικιακού δημόσιου κλειδιού

c = Αξία του συνόλου των αποβλήτων

Nonce = τιμή μεταξύ 1 και 3 που πρέπει να προσαρμοστεί για τον υπολογισμό ενός κατακερματισμού που μπορεί να διαιρείται εξίσου με το 3

Block	Area	Householder	Total waste	Nonce (1-3)	a	b	c	Last two digits from prev. Hash	Hash	Divid 3
									212	
1	Red	ad59dn	25	2	82	65	25	12	162	
2	Blue	Bd9efe	30	2	66	66	30	62	102	
3	Green	da603d	90							
4	Red	ad59dn	18							
5	Blue	Bd9efe	16							
6	Green	da603d	30							

Σχήμα 2. Προβολή του προβλήματος Blockchain που χρησιμοποιείται στο παιχνίδι BlockWaste

Οι τιμές των παραμέτρων a, b και c ανακτώνται από έναν πίνακα αναζήτησης, ο οποίος περιλαμβάνεται στο αρχείο Excel. Εάν το πρόβλημα Blockchain λυθεί σωστά, η τελευταία στήλη γίνεται πράσινη (Σχήμα 3). Επιπλέον, εάν το καθολικό δεχθεί επίθεση (δηλαδή κάποιος αλλάξει μια προηγούμενη καταχώρηση), τότε η τελευταία στήλη γίνεται κόκκινη από το σημείο αλλαγής και μετά (Σχήμα 4).

Block	Area	Householder	Total waste	Nonce (1-3)	a	b	c	Last two digits from prev. Hash	Hash	Divid 3
									212	
1	Red	ad59dn	25	2	82	65	25	12	162	
2	Blue	Bd9efe	30	2	66	66	30	62	102	
3	Green	da603d	90	1	71	68	90	2	228	
4	Red	ad59dn	18	1	82	65	18	28	138	
5	Blue	Bd9efe	16	1	66	66	16	38	111	
6	Green	da603d	30	1	71	68	30	11	159	
7	Red	ad59dn	44	3	82	65	44	59	135	
8	Blue	Bd9efe	21	2	66	66	21	35	120	
9	Green	da603d	10	3	71	68	10	20	132	
10	Red	ad59dn	51	2	82	65	51	32	168	
11	Blue	Bd9efe	66	2	66	66	66	68	132	
12	Green	da603d	19	3	71	68	19	32	129	

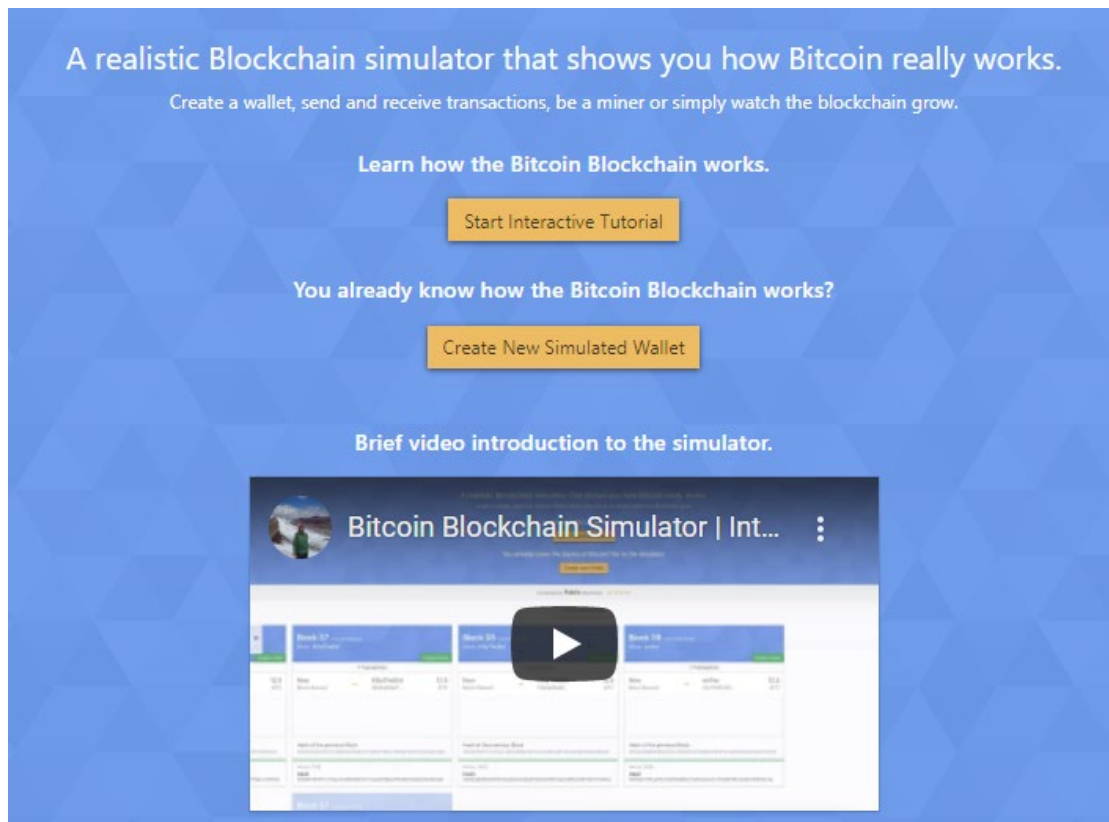
Σχήμα 3. Άποψη του λυμένου προβλήματος

Block	Area	Householder	Total waste	Nonce (1-3)	a	b	c	Last two digits from prev. Hash	Hash	Divid 3
1	Red	ad59dn	25	2	82	65	25	12	162	
2	Blue	Bd9efe	30	2	66	66	30	62	102	
3	Green	da603d	90	1	73	68	90	2	230	
4	Red	ad59dn	18	1	82	65	18	30	136	
5	Blue	Bd9efe	16	1	66	66	16	36	113	
6	Green	da603d	30	1	71	68	30	13	157	
7	Red	ad59dn	44	3	82	65	44	57	137	
8	Blue	Bd9efe	21	2	66	66	21	37	118	
9	Green	da603d	10	3	71	68	10	18	134	
10	Red	ad59dn	51	2	82	65	51	34	166	
11	Blue	Bd9efe	66	2	66	66	66	66	134	
12	Green	da603d	19	3	71	68	19	34	127	

Σχήμα 4. Αποτέλεσμα μεταβολής στην καταχώριση 3

2.2. Ο διαδραστικός προσομοιωτής Blockchain

Όπως αναφέρεται στην εισαγωγή, εκτός από το «The Blockchain Game!» χρησιμοποιείται επίσης ένας διαδραστικός προσομοιωτής Bitcoin Blockchain, ο οποίος παρέχει στον χρήστη την εμπειρία του πώς το Blockchain πρακτικά λειτουργεί στο παρασκήνιο. Ο διαδραστικός προσομοιωτής Blockchain μπορεί να βρεθεί στην ακόλουθη ιστοσελίδα: <https://www.bitcoinsimulator.tk/blockchain?chain=BlockWaste> (Σχήμα 5).



Σχήμα 5. Στιγμιότυπο οθόνης του Bitcoin Blockchain Simulator

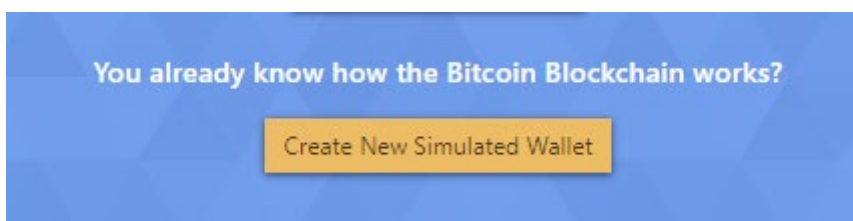
Οι χρήστες που δεν είναι εξοικειωμένοι με το Blockchain συνιστάται θερμά να ξεκινήσουν με το Interactive Tutorial που είναι διαθέσιμο στον ιστότοπο. Όταν ο χρήστης έχει κατανοήσει το θεωρητικό μέρος μπορεί να συνεχίσει στο μέρος όπου μαθαίνει πώς ένα Blockchain πρακτικά λειτουργεί στο παρασκήνιο. Ο χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει το βίντεο στην ιστοσελίδα ή/και να ακολουθήσει τα βήματα που περιγράφονται παρακάτω για να αποκτήσει καλύτερη κατανόηση του τι συμβαίνει.

Αυτό που θα μάθει ο χρήστης μέσα από αυτό το παιχνίδι είναι:

- Τι είναι τα δημόσια και ιδιωτικά κλειδιά και πώς δημιουργείται μια ταυτότητα.
- Πώς ένας χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτά τα κλειδιά για να δημιουργήσει μια συναλλαγή.
- Πώς γίνεται η επεξεργασία μιας συναλλαγής στο Blockchain, πώς εξελίσσεται η διαδικασία επικύρωσης και πώς λειτουργεί η διαδικασία εξόρυξης.
- Πώς γίνεται η επεξεργασία μιας συναλλαγής στο Blockchain.

2.2.1. Δημιουργία δημόσιου και ιδιωτικού κλειδιού

Για να αρχίσετε να παίζετε με τον προσομοιωτή πρέπει να δημιουργήσετε δημόσιο και ιδιωτικό κλειδί. Μπορείτε να το κάνετε αυτό κάνοντας κλικ στο Δημιουργία νέου προσομοιωμένου «πορτοφολιού» (Σχήμα 6):



Σχήμα 6. Δημιουργία νέου προσομοιωμένου «πορτοφολιού»

Αφού κάνετε κλικ στο κουμπί Δημιουργία νέου «πορτοφολιού», αυτή η οθόνη θα εμφανιστεί (Σχήμα 7):

Please note: This page is purely educational, it's only a simulation not real Bitcoin. Wallets in this simulation do not have any value!

Generate new Wallet

A random pair of keys (256 bit) will be generated. For simplicity, you can enter a unique username linked to your public key.

Load existing Wallet

Enter your private key to retrieve an existing wallet.

Σχήμα 7. Εισαγωγή δεδομένων για τη δημιουργία νέου «πορτοφολιού»

Κατά τη συμπλήρωση ενός ονόματος χρήστη, θα εμφανιστεί ένα μπλε κουμπί «Δημιουργία νέου πορτοφολιού» (Σχήμα 8):

Please note: This page is purely educational, it's only a simulation not real Bitcoin. Wallets in this simulation do not have any value!

Generate new Wallet

A random pair of keys (256 bit) will be generated. For simplicity, you can enter a unique username linked to your public key.

Username already taken.

Generate new Wallet

Σχήμα 8. Η γενιά του νέου «πορτοφολιού»

Τέλος, κάνοντας κλικ στο κουμπί «Δημιουργία νέου πορτοφολιού», θα δημιουργηθεί ένα δημόσιο και ένα ιδιωτικό κλειδί (Σχήμα 9).

Michael_'s Wallet

The private key is a 256bit random number. The public key was calculated using Elliptic Curve Cryptography.

Public Key

f01c178caf66797e62b7c78389a895251ac80c12d8b5867479fc346a40a1b0

Private Key

82532959f944e54494442794807467264754851319416448248

Caution: Keep your private key in a secure place. Don't share it with anyone. If you lose this key, all your Bitcoin (in this simulation) are permanently lost. For simplicity, this key is stored in the local storage of your Browser, so you don't have to reenter it every time you reload the page.

What you can do now:

- Mine a block to receive your first Bitcoin as a reward
- Sign transactions and send Bitcoin to other wallets
- Create your own private blockchain and use the simulator with non-public groups or school classes
- Create fake transactions under a false name and try to obtain Bitcoin by fraud
- Perform a 51% attack to subsequently manipulate the blockchain
- Tell other people about it. The more understand how Bitcoin works, the better.

Got it

Σχήμα 9. Δημιουργία δημόσιων και ιδιωτικών κλειδιών

Το ιδιωτικό κλειδί είναι «θολωμένο», αλλά όταν τοποθετήσετε το ποντίκι πάνω από το κλειδί μπορείτε να δείτε τα ιδιωτικά κλειδιά. Είναι βολικό να αντιγράψετε και να επικολλήσετε το δημόσιο και ιδιωτικό κλειδί σας σε ένα προσωρινό αρχείο.

Μια μικρή σημείωση σχετικά με τη δημιουργία δημόσιων και ιδιωτικών κλειδιών:

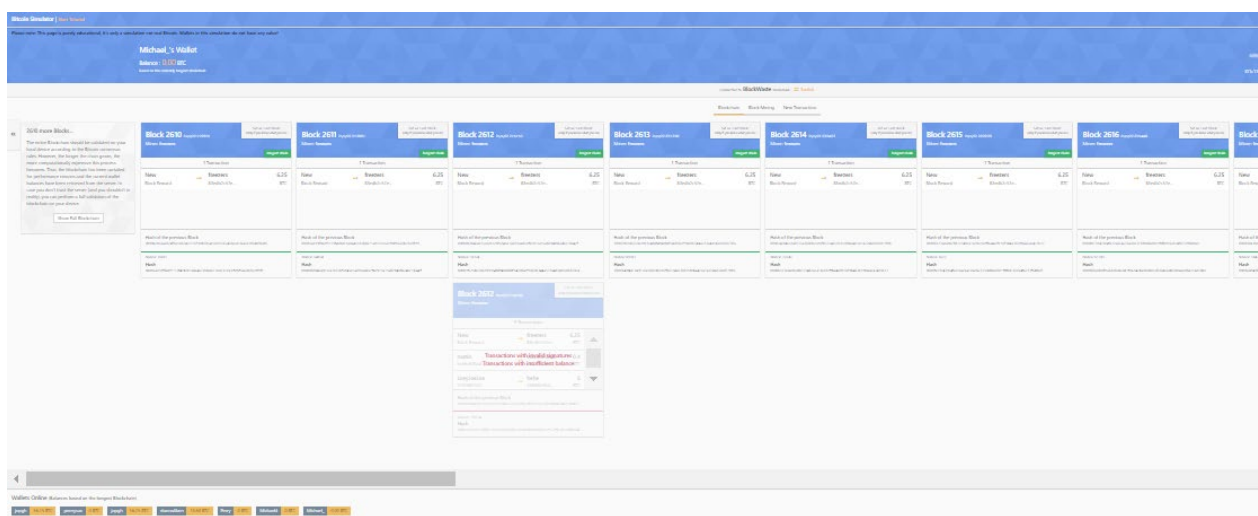
Κανονικά αν έχετε ένα «πορτοφόλι» bitcoin δεν δημιουργείτε τα κλειδιά σας προσθέτοντας ένα όνομα χρήστη. Το «πορτοφόλι» θα δημιουργήσει ένα τυχαίο κλειδί αυτόματα για εσάς. Επιπλέον, θα σας δώσει 12 έως 24 τυχαίες λέξεις (οι λεγόμενες seed words), οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επαναφορά των κλειδιών σας, αν θέλετε να εγκαταστήσετε ξανά το «πορτοφόλι» σας. Αν χάσετε τις λέξεις seed, ποτέ δεν θα είστε σε θέση να επαναφέρετε το «πορτοφόλι» σας, γι'αυτό είναι σημαντικό να τις γράφετε πάντα και να τις κρατάτε ασφαλείς.

Μετά τη δημιουργία των δημόσιων και ιδιωτικών κλειδιών, ο χρήστης θα είναι σε θέση να δοκιμάσει όλες τις άλλες λειτουργίες Blockchain. Ο χρήστης μπορεί να παίξει με το εργαλείο

είτε ως μεμονωμένος παίκτης είτε με άλλους χρήστες, όπως περιγράφεται στις ακόλουθες ενότητες.

2.2.2. Παίζοντας το εργαλείο ως μεμονωμένος παίκτης

Ο χρήστης μπορεί να αντιγράψει και να επικολλήσει τα κλειδιά του και να διαβάσει τα βήματα στο παράθυρο. Στη συνέχεια, ο χρήστης μπορεί να κάνει κλικ στο κουμπί «Got it», δεξιά κάτω στη γωνία. Η παρακάτω οθόνη εμφανίζεται (Σχήμα 10), οποία προσομοιώνει ορισμένα μπλοκ που έχουν ήδη δημιουργηθεί σε ένα Blockchain. Σε αυτή την περίπτωση, ψάχνουμε σε ένα δημόσιο Blockchain σε μια δοκιμαστική λειτουργία. Οι συναλλαγές δεν έχουν πραγματική αξία.



Σχήμα 10. Προσομοιωμένα μπλοκ που δημιουργήθηκαν στο Blockchain

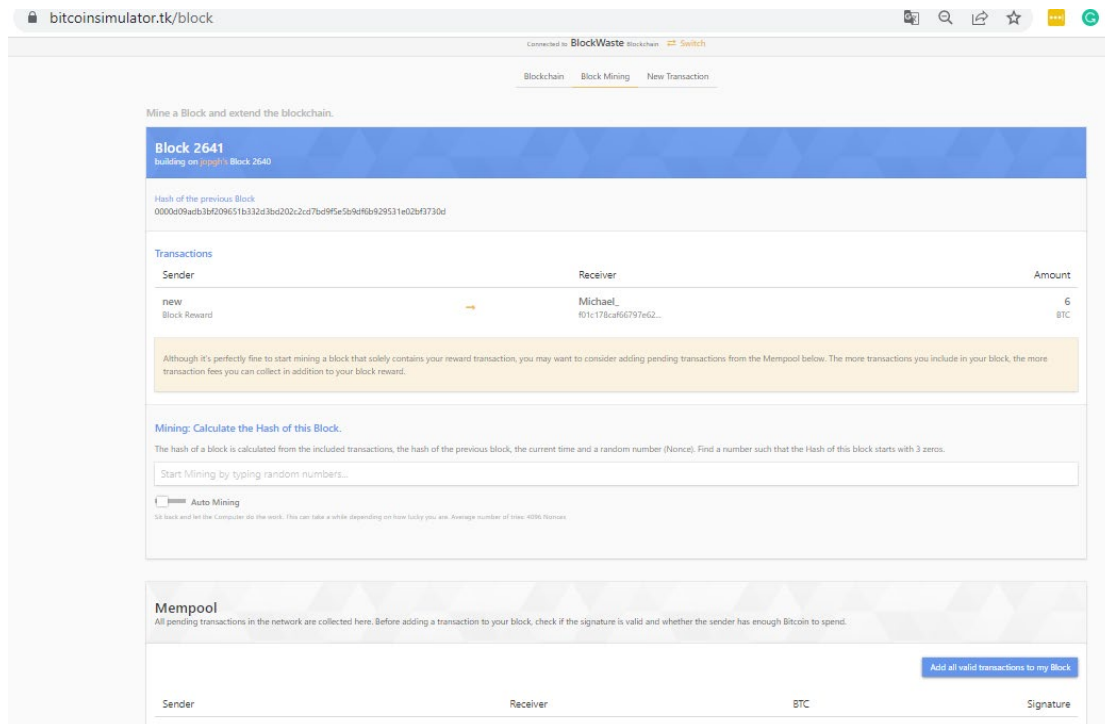
Στο κάτω μέρος της οθόνης, εμφανίζονται τα ονόματα του χρήστη και άλλων «πορτοφολιών» που είναι ενεργά στο Blockchain. Ας πάρουμε πρώτα μερικά νομίσματα.

Όταν ο χρήστης ξεκινά τον προσομοιωτή για πρώτη φορά, το οικονομικό ισοζύγιο του «πορτοφολιού» του είναι μηδέν. Για να κερδίσει bitcoins ο χρήστης μπορεί να κάνει δύο πράγματα:

1. Να ζητήσει από έναν άλλο χρήστη να στείλει bitcoins.
2. Να παίξει το ρόλο ενός εξορύκτη και να πάρει κάποιες ανταμοιβές για την εξόρυξη.

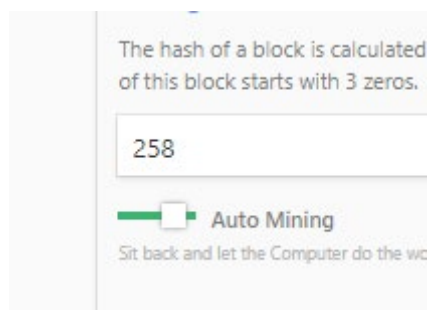
Ας ρίξουμε μια ματιά στο δεύτερο μονοπάτι και ας πάρουμε μερικά νομίσματα από την εξόρυξη.

Κάνοντας κλικ στην καρτέλα «Block mining» στη μέση της σελίδας, εμφανίζεται η ακόλουθη οθόνη (Σχήμα 11):



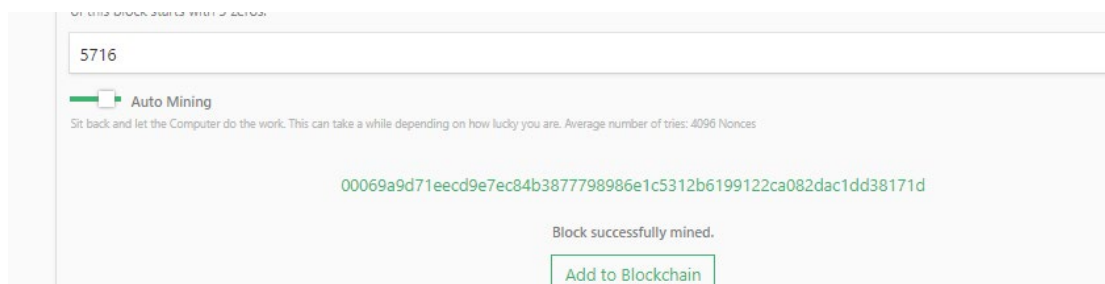
Σχήμα 11. Οθόνη block mining

Για τον υπολογισμό του hash ενός μπλοκ, ο χρήστης θα ενεργοποιήσει την επιλογή «Auto Mining» και θα περιμένει για μερικά λεπτά (Σχήμα 12).



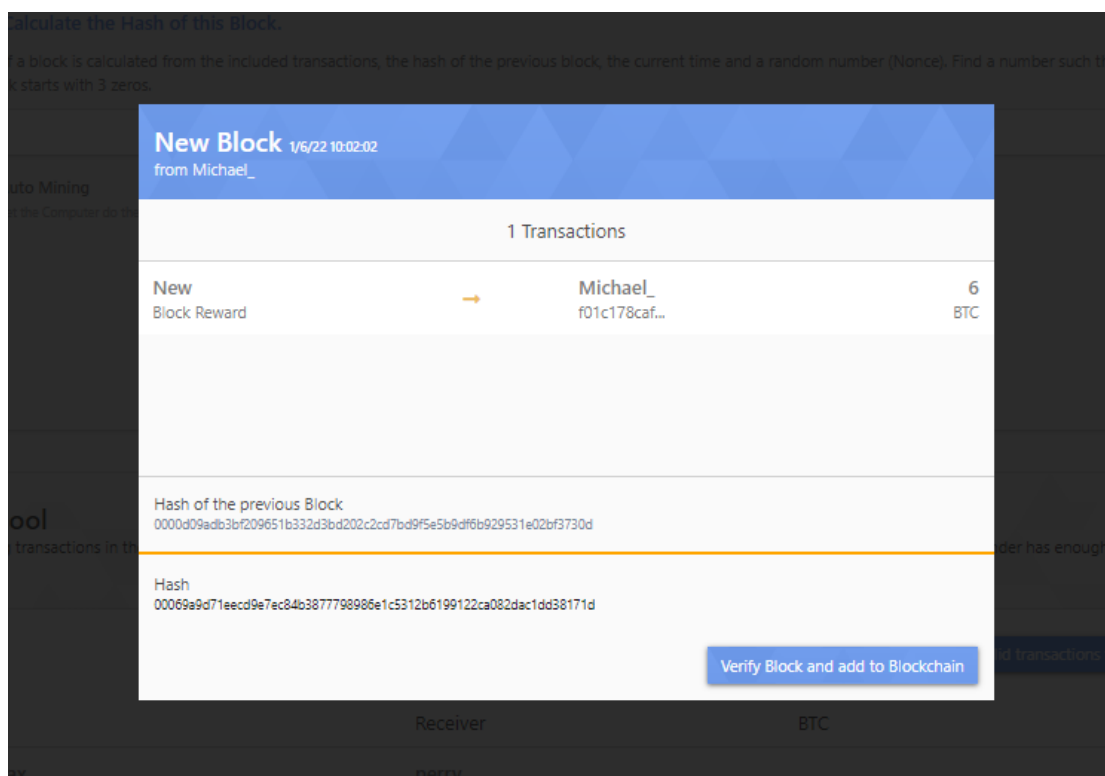
Σχήμα 12. Ενεργοποίηση της επιλογής «Auto Mining»

Η εξόρυξη θα αρχίσει την προσπάθεια επίλυσης ενός παζλ (σε αυτή την περίπτωση, ο εξορύκτης πρέπει να βρει έναν αριθμό που θα δημιουργήσει ένα hash ξεκινώντας με 3 μηδενικά). Όταν λυθεί το πρόβλημα, θα αναδυθεί το ακόλουθο μήνυμα (Σχήμα 13):



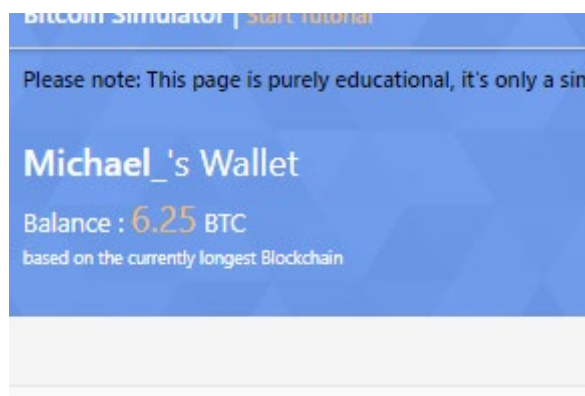
Σχήμα 13. Μήνυμα που εμφανίζεται όταν ένα μπλοκ έχει εξορυχθεί επιτυχώς

Κάνοντας κλικ στο κουμπί «Προσθήκη στο Blockchain», θα εμφανιστεί ένα νέο παράθυρο (Σχήμα 14) στον χρήστη που θα επαληθεύει το μπλοκ και θα προσφέρει την επιλογή να προσθέσει την ανταμοιβή στο «πορτοφόλι» του.



Σχήμα 14. Επαλήθευση της ανταμοιβής μπλοκ

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 15, το νέο οικονομικό ισοζύγιο του «πορτοφολιού» του χρήστη είναι τώρα 6,25 BTC.

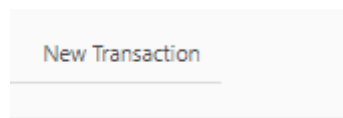


Σχήμα 15. Οικονομικό ισοζύγιο του «πορτοφολιού» του χρήστη

Τώρα που ο χρήστης κατέχει μερικά bitcoins, μπορεί να στείλει μερικά νομίσματα σε έναν φίλο.

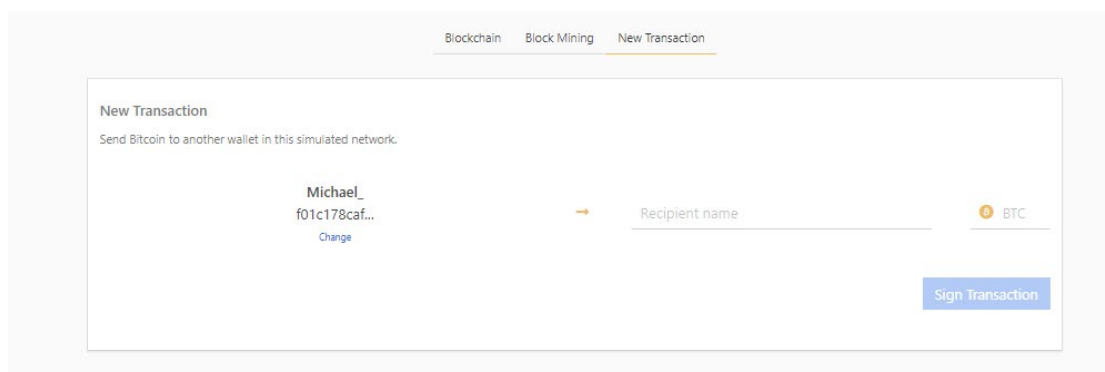
2.2.3. Παίζοντας με πολλαπλούς χρήστες

Για να παίξετε το παιχνίδι με πολλαπλούς χρήστες, κάθε χρήστης πρέπει να δημιουργήσει ένα μοναδικό λογαριασμό σύμφωνα με την προαναφερθείσα διαδικασία. Όταν ο λογαριασμός έχει δημιουργηθεί, ο χρήστης μπορεί να κάνει κλικ στη «Νέα Συναλλαγή» (Σχήμα 16):



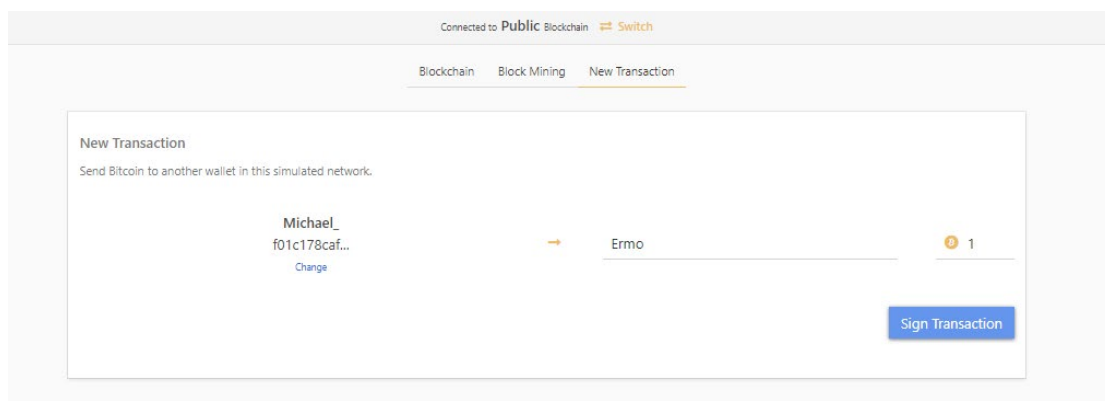
Σχήμα 16. Δημιουργία νέας συναλλαγής

Στην περίπτωση αυτή, εμφανίζεται η ακόλουθη οθόνη (Σχήμα 17):



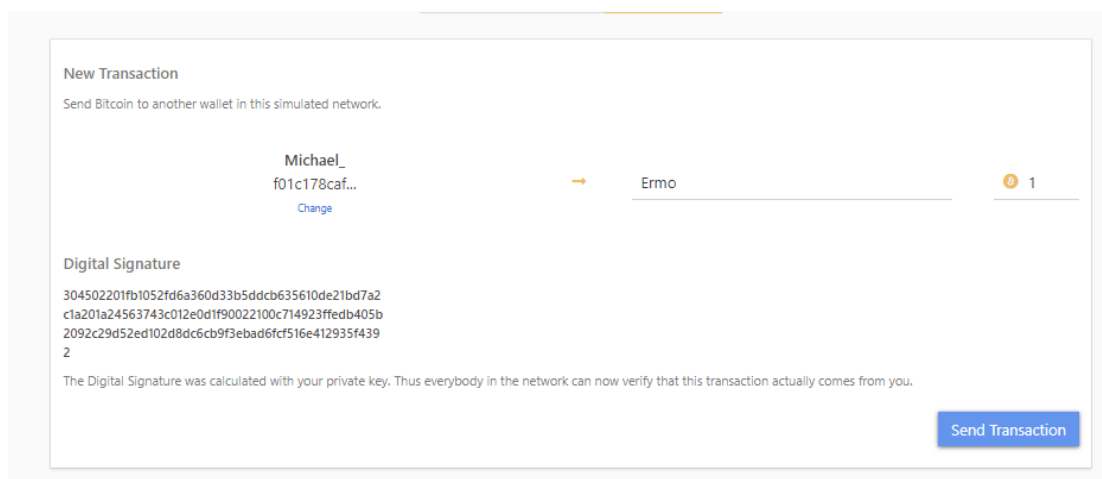
Σχήμα 17. Η οθόνη «Νέα Συναλλαγή»

Ο χρήστης πρέπει να συμπληρώσει το όνομα χρήστη του παραλήπτη και το ποσό των bitcoins που θα αποσταλούν και στη συνέχεια να κάνει κλικ στο «Υπογραφή συναλλαγής» (Σχήμα 18).



Σχήμα 18. Δημιουργία και υπογραφή συναλλαγής

Μετά την υπογραφή συναλλαγής, εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη (Σχήμα 19) και ο χρήστης μπορεί τώρα να στείλει τη συναλλαγή στο Blockchain.



Σχήμα 19. Αποστολή της συναλλαγής

Τώρα, οι χρήστες μπορούν να πάνε στην καρτέλα «Εξόρυξη Block» και να επικυρώσουν τη συναλλαγή χρησιμοποιώντας ξανά την «Αυτόματη Εξόρυξη». Όταν λυθεί το μπλοκ, ο παραλήπτης θα λάβει τα bitcoins που αποστέλλονται.

3 Το εργαλείο BlockWaste

3.1. Εισαγωγή στο παιχνίδι

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το «Διαδραστικό Εργαλείο BlockWaste» (<https://game.blockwasteproject.eu/>) είναι ένα διαδραστικό παιχνίδι ρόλων που επικεντρώνεται στη ΔΑΣΑ με την ενσωμάτωση ενός απλού προβλήματος Blockchain. Το παιχνίδι επιτρέπει την αλληλεπίδραση μιας ομάδας στη τάξη μέσω της χρήσης υπολογιστών (αλλά και tablet ή ακόμα και smartphones), και δείχνει σε πραγματικό χρόνο την πρόοδο σε όλη την τάξη.

Το παιχνίδι περιλαμβάνει δύο διαφορετικούς ρόλους, τον Δήμαρχο (που θεωρείται ότι είναι υπεύθυνος για τη διαχειριστική αρχή των ΑΣΑ) και τα νοικοκυριά. Η ομάδα στην τάξη χωρίζεται στην αρχή του παιχνιδιού σε αυτές τις δύο ομάδες-ρόλους, αλλά ο ρόλος του Δημάρχου ανατίθεται μόνο σε ένα άτομο. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, τα «νοικοκυριά», χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που συλλέγονται στη βάση δεδομένων ΑΣΑ που έχει δημιουργηθεί (Ο3/Ο1), εισάγουν στοιχεία σχετικά με την ποσότητα και τη σύνθεση των ΑΣΑ ανά μήνα (για ένα έτος) και τον χρόνο που αφιερώνεται στον διαχωρισμό των ΑΣΑ στην πηγή (η τελευταία μεταφράζεται σε χρηματική αξία), η οποία καθορίζει το ποσοστό ανακύκλωσης. Ο «Δήμαρχος» επιλέγει ένα σύστημα επεξεργασίας ΑΣΑ (υπάρχουν τέσσερις διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις) και, κάθε μήνα, καθορίζει τα δημοτικά τέλη που χρεώνονται σε κάθε νοικοκυριό με βάση τη συνολική ποσότητα αποβλήτων, τις διαχωρισμένες ποσότητες αποβλήτων και τα σύμμεκτα απόβλητα, το κόστος συλλογής, επεξεργασίας και διάθεσης και τα πιθανά έσοδα από ανακυκλώσιμα υλικά ή την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο.

Το παιχνίδι ρόλων βοηθά τους μαθητές να επιτύχουν τους στόχους τους (π.χ. ο Δήμαρχος μπορεί να επιθυμεί να ελαχιστοποιήσει τη διάθεση των αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής ή τα νοικοκυριά μπορεί να επιθυμούν να ελαχιστοποιήσουν το κόστος της ΔΑΣΑ). Όπως αναφέρθηκε, το παιχνίδι επιτρέπει την αλληλεπίδραση μιας ομάδας στη τάξη μέσω της χρήσης υπολογιστών (καθώς και tablet ή smartphones), και δείχνει σε πραγματικό χρόνο την πρόοδο σε όλη την κατηγορία. Η αποτελεσματικότητα του εργαλείου διασφαλίζεται από την παρουσία διαδρομών με διαφορετικά συστήματα επεξεργασίας ΑΣΑ και διαφορετικές φιλοδοξίες και στόχους μεταξύ των νοικοκυριών και του δήμου ή μεταξύ των ίδιων των νοικοκυριών. Με τον τρόπο αυτό, το εργαλείο έχει άμεσο αντίκτυπο στη ΔΑΣΑ και στις κακές πρακτικές που υπάρχουν επί του παρόντος όσον αφορά την ακρίβεια των πληροφοριών σχετικά με τους τύπους, τις ποσότητες και τους τελικούς προορισμούς των ΑΣΑ.

Στο τέλος του παιχνιδιού, δηλαδή μετά τη διεξαγωγή του παιχνιδιού για 12 περιόδους (μήνες), μπορεί να δημιουργηθεί μια έκθεση που να περιγράφει λεπτομερώς τις διαδρομές που ακολουθούν οι παίκτες (δηλαδή ο Δήμαρχος και τα νοικοκυριά), συμπεριλαμβανομένων πληροφοριών σχετικά με τους τύπους, τις ποσότητες και τους τελικούς προορισμούς των αποβλήτων ΑΣΑ, το κόστος συλλογής, επεξεργασίας και διάθεσης των ΑΣΑ, τα έσοδα από την ανακύκλωση και τη χρήση συγκεκριμένων αποβλήτων κ.λπ. Με αυτόν τον τρόπο, η ομάδα και ο εκπαιδευτής μπορούν να συζητήσουν τους στρατηγικούς στόχους και τους στόχους των παικτών και τον αντίκτυπο που μπορεί να έχουν αυτές οι στρατηγικές στις πρακτικές ΔΑΣΑ.

3.2. Λεπτομερής περιγραφή των υπολογισμών πίσω από το παιχνίδι

Πριν από τη συζήτηση των ρόλων και των στοιχείων που απαιτούνται για το παιχνίδι, είναι απαραίτητο να παρουσιάσουμε λεπτομερώς τις βασικές υποθέσεις και τους υπολογισμούς πίσω από τα αποτελέσματα. Για να διευκολυνθούν οι εκπαιδευτές και οι παίκτες του παιχνιδιού, οι λεπτομέρειες δίνονται παρακάτω ξεχωριστά για τους δύο ρόλους.

3.2.1. Νοικοκυριά

Όσον αφορά στα νοικοκυριά, το παιχνίδι λαμβάνει υπόψη τις ακόλουθες μεταβλητές:

- Μέλη του νοικοκυριού
- Παραγωγή ΑΣΑ ανά κάτοικο/έτος
- Παραγωγή ΑΣΑ νοικοκυριού/μήνα
- Σύνθεση ΑΣΑ:
 - Οργανικά
 - Χαρτί
 - Πλαστικά
 - Μέταλλο
 - Γυαλί
 - Άλλα
- Χρόνος που δαπανάται για τη διαλογή των αποβλήτων (μεταξύ 0-45 λεπτών την εβδομάδα)
- Αξία του χρόνου που δαπανάται για τη διαλογή των αποβλήτων (EUR/μήνα)
- Ποσοστό αποβλήτων που διαχωρίζονται σε διαφορετικούς κάδους
- Ποσοστό σύμμεικτων ΑΣΑ (μεικτά απόβλητα, οργανικά και άλλα)
- Δημοτικά τέλη (EUR/μήνα)
- Συνολικό κόστος (EUR/μήνα)

Οι μεταβλητές Μέλη του νοικοκυριού, Παραγωγή ΑΣΑ ανά κάτοικο/έτος, Σύνθεση ΑΣΑ και χρόνος που δαπανάται για τη διαλογή των αποβλήτων καθορίζονται από τον χρήστη. Συγκεκριμένα, η παραγωγή ΑΣΑ ανά κάτοικο/έτος και η σύνθεση των ΑΣΑ μπορούν να ανακτηθούν από τη βάση δεδομένων ΑΣΑ που έχει δημιουργηθεί στο O3/O1. Η βάση δεδομένων περιλαμβάνει δεδομένα σχετικά με την παραγωγή και τη διαχείριση των ΑΣΑ στις ευρωπαϊκές χώρες, κοινωνικοοικονομικά δεδομένα, σύνθεση των ΑΣΑ, τιμές για ανακυκλωμένα πλαστικά, γυαλί και χαρτί κ.λπ.

Ο χρόνος που δαπανάται για τη διαλογή των αποβλήτων βασίστηκε στην υπόθεση ότι ένα νοικοκυριό δαπανά μεταξύ 15 και 45 λεπτών την εβδομάδα για ανακύκλωση (Nainggolan et al., 2019) και εκείνοι που ταξινομούν τα οικιακά τους απόβλητα αφιερώνουν κατά μέσο όρο 30 λεπτά την εβδομάδα (Brunvoll et al., 2002). Βάσει αυτών των ευρημάτων, θεωρήθηκε ότι υπάρχει σχέση μεταξύ του χρόνου που δαπανάται για τον διαχωρισμό των αποβλήτων σε επίπεδο πηγής και του ποσοστού των αποβλήτων που διαχωρίζονται σε διαφορετικούς κάδους, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Σχέση μεταξύ του χρόνου που δαπανάται για τον διαχωρισμό των αποβλήτων και του ποσοστού των αποβλήτων που διαχωρίζονται σε διαφορετικούς κάδους

Χρόνος που δαπανάται για τον διαχωρισμό των αποβλήτων (λεπτά την εβδομάδα)	Ποσοστό αποβλήτων που διαχωρίζονται σε διαφορετικούς κάδους
0-2	0 %
3-10	10 %
11-15	25 %
16-20	50 %
21-30	75 %
31-45	100 %

Το ποσοστό των σύμμεικτων ΑΣΑ υπολογίζεται από το ποσοστό των αποβλήτων που διαχωρίζονται σε διαφορετικούς κάδους, ως εξής:

Ποσοστό σύμμεικτων ΑΣΑ = 1 — Ποσοστό αποβλήτων που διαχωρίζονται σε διαφορετικούς κάδους

Η αξία του χρόνου που δαπανήθηκε για τη διαλογή των αποβλήτων βασίστηκε σε προηγούμενες έρευνες (Bartelings & Sterner, 1999; Bruvold et al., 2000; Huhtala, 2010; Lee et al., 2017; Nainggolan et al., 2019). Η αξία του χρόνου κυμαίνεται σημαντικά μεταξύ 0,3 EUR ανά ώρα (Bruvold et al., 2000) έως 283,9 EUR ανά ώρα με βάση τον μέσο αριθμό ωρών που δαπανώνται για τη διαλογή και το μέσο εισόδημα ανά ώρα μετά τη φορολογία (Bartelings & Sterner, 1999). Για τους σκοπούς του παιχνιδιού, έχει υιοθετηθεί αξία χρόνου ίση με 15 EUR ανά ώρα.

Τα δημοτικά τέλη καθορίζονται από τον Δήμαρχο, όπως εξηγείται στη συνέχεια στο παρόν εγχειρίδιο, και το συνολικό κόστος για το νοικοκυριό υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Συνολικό κόστος} = \text{Αξία χρόνου} + \text{Δημοτικά τέλη}$$

3.2.2. Δήμαρχος

Υπάρχουν τέσσερα εναλλακτικά συστήματα διαχείρισης αποβλήτων ως επιλογές για τις δημοτικές αρχές:

- S1. Αερόβια MBE — Κομπόστ
- S2. Αναερόβια MBE — Κομπόστ
- S3. Αναερόβια MBE — Βιοαέριο
- S4. Βιοξήρανση MBE — Βιοαέριο

Αυτές οι εναλλακτικές λύσεις εξετάζονται λεπτομερέστερα παρακάτω.

S1. Αερόβια χώνευση MBT — Compost

Σύμφωνα με το S1, τα σύμμεικτα απόβλητα (δηλαδή οργανικά, χαρτί, πλαστικά, μέταλλα, γυαλί και άλλα) κατευθύνονται σε μονάδα μηχανικής βιολογικής επεξεργασίας - MBE (Mechanical Biological Treatment - MBT) με αερόβια χώνευση. Η εγκατάσταση παράγει ως αποτέλεσμα:

- Χαρτί
- Πλαστικά
- Μέταλλο
- Γυαλί
- Άλλα
- RDF
- Υλικό τύπο κομπόστ (Compost Like Output - CLO)

Υπάρχουν επίσης απώλειες (υγρασία) και υπολείμματα που απορρίπτονται σε χώρο υγειονομικής ταφής.

Τα οργανικά από τα διαχωρισμένα απόβλητα κατευθύνονται σε μια μονάδα αερόβιας επεξεργασίας βιοαποβλήτων (ΜΑΕΒ), η οποία παράγει κομπόστ. Υπάρχουν και πάλι απώλειες από την υγρασία. Το χαρτί, τα πλαστικά, τα μέταλλα, το γυαλί και άλλα απόβλητα μεταφέρονται σε μια μονάδα ανάκτησης υλικών - ΜΑΥ (Material Recovery Facility - ΜΡF), η οποία παράγει καθαρά ανακυκλώσιμα υλικά.

S2. Αναερόβια ΜΒΕ — Κομπόστ

Σύμφωνα με το S2, τα σύμμεικτα απόβλητα (δηλαδή οργανικά, χαρτί, πλαστικά, μέταλλα, γυαλί και άλλα) κατευθύνονται σε μονάδα ΜΒΕ με αναερόβια χώνευση. Η εγκατάσταση παράγει ως αποτέλεσμα:

- Χαρτί
- Πλαστικά
- Μέταλλο
- Γυαλί
- Άλλα
- RDF
- CLO
- Ηλεκτρική ενέργεια από βιοαέριο

Υπάρχουν επίσης απώλειες (υγρασία) και υπολείμματα που απορρίπτονται σε χώρο υγειονομικής ταφής.

Τα οργανικά από τα διαχωρισμένα απόβλητα κατευθύνονται σε μια ΜΑΕΒ, η οποία παράγει κομπόστ. Υπάρχουν και πάλι απώλειες από την υγρασία. Το χαρτί, τα πλαστικά, τα μέταλλα, το γυαλί και άλλα απόβλητα μεταφέρονται σε ΜΑΥ, η οποία παράγει καθαρά ανακυκλώσιμα υλικά.

S3. Αναερόβια ΜΒΕ — Βιοαέριο

Σύμφωνα με το S3, τα σύμμεικτα απόβλητα (δηλαδή οργανικά, χαρτί, πλαστικά, μέταλλα, γυαλί και άλλα) κατευθύνονται σε μονάδα ΜΒΕ με αναερόβια χώνευση. Η εγκατάσταση παράγει ως αποτέλεσμα:

- Χαρτί
- Πλαστικά
- Μέταλλο
- Γυαλί

- Άλλα
- RDF
- CLO
- Ηλεκτρική ενέργεια από βιοαέριο

Υπάρχουν επίσης απώλειες (υγρασία) και υπολείμματα που απορρίπτονται σε χώρο υγειονομικής ταφής.

Τα οργανικά από τα διαχωρισμένα απόβλητα κατευθύνονται σε μια εγκατάσταση αναερόβιας επεξεργασίας βιοαποβλήτων (ΜΑνΕΒ), η οποία παράγει ηλεκτρική ενέργεια από βιοαέριο και κομπόστ. Υπάρχουν και πάλι απώλειες από την υγρασία. Το χαρτί, τα πλαστικά, τα μέταλλα, το γυαλί και άλλα απόβλητα μεταφέρονται σε μια ΜΑΥ, η οποία παράγει καθαρά ανακυκλώσιμα υλικά.

S4. Βιοξήρανση ΜΒΕ — Βιοαέριο

Σύμφωνα με το S4, τα σύμμεικτα απόβλητα (δηλαδή οργανικά, χαρτί, πλαστικά, μέταλλα, γυαλί και άλλα) κατευθύνονται σε εγκατάσταση ΜΒΕ βιοξηράνσεως. Η εγκατάσταση παράγει ως αποτέλεσμα:

- SRF
- Μέταλλο
- Γυαλί

Υπάρχουν επίσης απώλειες (υγρασία) και υπολείμματα που απορρίπτονται σε χώρο υγειονομικής ταφής.

Τα οργανικά από τα διαχωρισμένα απόβλητα κατευθύνονται σε μια ΜΑνΕΒ, η οποία παράγει ηλεκτρική ενέργεια από βιοαέριο και κομπόστ. Υπάρχουν και πάλι απώλειες από την υγρασία. Το χαρτί, τα πλαστικά, τα μέταλλα, το γυαλί και άλλα απόβλητα μεταφέρονται σε μια ΜΑΥ, η οποία παράγει καθαρά ανακυκλώσιμα υλικά.

Με βάση τις εισροές και τα αποτελέσματα κάθε εναλλακτικού σεναρίου διαχείρισης ΑΣΑ, ο Δήμαρχος λαμβάνει πληροφορίες σχετικά με:

- τη συνολική ποσότητα των ΑΣΑ που παρήχθησαν από κάθε νοικοκυριό, την ποσότητα των ΑΣΑ που διαχωρίστηκε από κάθε νοικοκυριό και η ποσότητα των ΑΣΑ που απορρίφθηκαν ως σύμμεικτα απόβλητα
- το συνολικό κόστος συλλογής των ΑΣΑ (για διαχωρισμένα, σύμμεικτα και συνολικά απόβλητα)
- το συνολικό κόστος επεξεργασίας ΑΣΑ (για διαχωρισμένα, σύμμεικτα και συνολικά απόβλητα)
- τα συνολικά έσοδα από την πώληση λιπασματοποίησης, ανακυκλωμένων υλικών, ηλεκτρικής ενέργειας κ.λπ. (για διαχωρισμένα, σύμμεικτα και συνολικά απόβλητα)
- το συνολικό καθαρό κόστος (για διαχωρισμένα, σύμμεικτα και συνολικά απόβλητα)
- το καθαρό κόστος ανά kg (για διαχωρισμένα, σύμμεικτα και συνολικά απόβλητα)
- το καθαρό κόστος ανά νοικοκυριό

Η συνολική ποσότητα των ΑΣΑ, καθώς και οι ποσότητες διαχωρισμένων και σύμμεικτων ΑΣΑ που παράγονται από κάθε νοικοκυριό θεωρούνται γνωστές (π.χ. με την εισαγωγή

εξατομικευμένων σακουλών απορριμμάτων, τη χρήση φορτηγών συλλογής με εξοπλισμό για τη ζύγιση των απορριμμάτων, την τοποθέτηση έξυπνων κάδων απορριμμάτων με ζυγαριές για τη μέτρηση του βάρους και των ετικετών αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας (RFID) για την ταυτοποίηση των νοικοκυριών κ.λπ.).

Τα έξοδα είσπραξης εκτιμώνται ως εξής:

*Κόστος συλλογής σύμμεικτων αποβλήτων (EUR) = Κόστος συλλογής (EUR/τόνο) * Ποσότητα σύμμεικτων ΑΣΑ (τόνος)*

*Κόστος συλλογής διαχωρισμένων αποβλήτων (EUR) = Κόστος συλλογής (EUR/τόνο) * Ποσότητα διαχωρισμένων ΑΣΑ (τόνος)*

*Κόστος συλλογής για τα συνολικά απόβλητα (EUR) = Κόστος συλλογής (EUR/τόνο) * Συνολική ποσότητα ΑΣΑ (τόνος)*

Ομοίως, το κόστος επεξεργασίας εκτιμάται, σύμφωνα με την εγκατάσταση επεξεργασίας, ως εξής:

*Κόστος επεξεργασίας σύμμεικτων αποβλήτων (ΜΒΕ αερόβια) (EUR) = Κόστος επεξεργασίας (EUR/τόνο) * Ποσότητα σύμμεικτων ΑΣΑ (τόνος)*

*Κόστος επεξεργασίας σύμμεικτων αποβλήτων (ΜΒΕ αναερόβια) (EUR) = Κόστος επεξεργασίας (EUR/τόνο) * Ποσότητα σύμμεικτων ΑΣΑ (τόνος)*

*Κόστος επεξεργασίας διαχωρισμένων οργανικών αποβλήτων (ΜΑΕΒ) (EUR) = Κόστος επεξεργασίας (EUR/τόνο) * Ποσότητα διαχωρισμένων οργανικών αποβλήτων (τόνος)*

*Κόστος επεξεργασίας διαχωρισμένων οργανικών αποβλήτων (ΜΑνΕΒ) = Κόστος επεξεργασίας (EUR/τόνο) * Ποσότητα διαχωρισμένων οργανικών αποβλήτων (τόνος)*

*Κόστος επεξεργασίας για χωριστά υλικά, π.χ. πλαστικά, γυαλί κ.λπ. (EUR) = Κόστος επεξεργασίας ΜΑΥ (EUR/τόνο) * Ποσότητα διαχωρισμένων υλικών (τόνος)*

Τα έσοδα υπολογίζονται πολλαπλασιάζοντας τα «προϊόντα» αποβλήτων (π.χ. ηλεκτρική ενέργεια, ανακυκλώσιμα κ.λπ.) επί την αντίστοιχη τιμή.

Το καθαρό κόστος υπολογίζεται αφαιρώντας τα έσοδα από το κόστος, δηλαδή:

Καθαρό κόστος για τα σύμμεικτα απόβλητα (EUR) = Συνολικό κόστος των σύμμεικτων αποβλήτων (EUR) — Έσοδα από τα σύμμεικτα απόβλητα (EUR)

Καθαρό κόστος για τα διαχωρισμένα απόβλητα (EUR) = Συνολικό κόστος για τα διαχωρισμένα απόβλητα (EUR) — Έσοδα από τα διαχωρισμένα απόβλητα (EUR)

Καθαρό κόστος για τα συνολικά απόβλητα (EUR) = Συνολικό κόστος για τα συνολικά απόβλητα (EUR) — Έσοδα από τα συνολικά απόβλητα (EUR)

Το καθαρό κόστος ανά kg αποβλήτων καθορίζεται από:

Καθαρό κόστος για τα σύμμεικτα απόβλητα ανά kg (EUR/kg) = Καθαρό κόστος για τα σύμμεικτα απόβλητα (EUR)/ Ποσότητα σύμμεικτων ΑΣΑ (kg)

Καθαρό κόστος για τα διαχωρισμένα απόβλητα ανά kg (EUR/kg) = Καθαρό κόστος για τα διαχωρισμένα απόβλητα (EUR)/ Ποσότητα διαχωρισμένων ΑΣΑ (kg)

Καθαρό κόστος για τα συνολικά απόβλητα ανά kg (EUR/kg) = Καθαρό κόστος για τα συνολικά απόβλητα (EUR)/Συνολική ποσότητα ΑΣΑ (kg)

Τέλος, το καθαρό κόστος ανά νοικοκυριό υπολογίζεται σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$\text{Καθαρό κόστος ανά νοικοκυριό (EUR)} = \text{Καθαρό κόστος για τα σύμμεικτα απόβλητα ανά kg (EUR/kg)} * \text{Ποσότητα σύμμεικτων ΑΣΑ ανά νοικοκυριό (kg)} + \text{Καθαρό κόστος για τα διαχωρισμένα απόβλητα ανά kg (EUR/kg)} * \text{Ποσότητα διαχωρισμένων ΑΣΑ ανά νοικοκυριό (kg)}$$

Με βάση τα αποτελέσματα για το καθαρό κόστος ανά νοικοκυριό, ο Δήμαρχος πρέπει να καθορίσει τα δημοτικά τέλη που θα χρεώνονται σε κάθε νοικοκυριό. Η πολιτική χρεώσεων του Δημάρχου έχει μεγάλους βαθμούς ελευθερίας, εφόσον τα συνολικά τέλη καλύπτουν το συνολικό καθαρό κόστος της διαχείρισης των ΑΣΑ (ένα παράδειγμα δίνεται σε επόμενη ενότητα).

3.2.3. Κύριες παραδοχές

Για τη διενέργεια των υπολογισμών, ελήφθησαν υπόψη οι ακόλουθες τεχνικές και οικονομικές παραδοχές. Οι παραδοχές βασίστηκαν σε δεδομένα που ανακτήθηκαν από επιστημονική και γκριζά βιβλιογραφία (π.χ. (Arcadis & Eunomia, 2010; Hogg, n.d.; Lasaridi et al., 2006; Seruga et al., 2020; Velis et al., 2010), καθώς και από ειδικούς στη διαχείριση αποβλήτων που συμμετέχουν στο έργο BlockWaste.

A. Τεχνικές παραδοχές

Οι τεχνικές παραδοχές αφορούν στην ανάκτηση υλικών από τη μονάδα ΜΒΕ, τους συντελεστές μετατροπής για την παραγωγή βιοαερίου και ηλεκτρικής ενέργειας από την αναερόβια επεξεργασία οργανικών ουσιών σε ΜΑΕΒ και ΜΑνΕΒ και την ανάκτηση υλικών από τη ΜΑΥ.

Οι τεχνικές παραδοχές παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες.

Πίνακας 2. Τεχνικές παραδοχές για την αερόβια ΜΒΕ

Προϊόντα από ΜΒΕ (αερόβια)	Ποσοστό ανάκτησης
Ανακυκλώσιμα	
— Χαρτί (kg)	56 %
— Πλαστικά (kg)	59 %
— Μέταλλο (kg)	95 %
— Γυαλί (kg)	90 %
— Άλλο (kg)	50 %
CLO (kg) για κάλυψη υγειονομικής ταφής ή αποκατάσταση του εδάφους	52 %
RDF (kg) για την παραγωγή ενέργειας	15 %
Απώλειες	20 %

Πίνακας 3. Τεχνικές παραδοχές για την αναερόβια ΜΒΕ

Προϊόντα από ΜΒΕ	Ποσοστό ανάκτησης
Ανακυκλώσιμα	
— Χαρτί (kg)	56 %
— Πλαστικά (kg)	59 %
— Μέταλλο (kg)	95 %
— Γυαλί (kg)	90 %
— Άλλο (kg)	50 %
Βιοαέριο (m³)	105 m ³ /τόνο
Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	150,4 kWh/τόνο
CLO (kg) για κάλυψη υγειονομικής ταφής ή αποκατάσταση του εδάφους	31 %
RDF (kg) για την παραγωγή ενέργειας	15 %
Απώλειες (kg)	25 %

Πίνακας 4. Τεχνικές παραδοχές για την ΜΑΕΒ

Οργανικά προϊόντα από διαχωρισμένα απόβλητα	Ποσοστό ανάκτησης
Κομποστοποίηση	55 %
Απώλειες	45 %

Πίνακας 5. Τεχνικές παραδοχές για την ΜΑνΕΒ

Οργανικά προϊόντα από διαχωρισμένα απόβλητα	Ποσοστό ανάκτησης
Βιοαέριο (m³)	110 m ³ /τόνο
Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	240 kWh/τόνο
Κομποστοποίηση	16 %

Όσον αφορά στη ΜΑΥ, ο συντελεστής ανάκτησης λαμβάνεται 100 % υπό την προϋπόθεση ότι τα υλικά συλλέγονται από διαφορετικούς κάδους.

Β. Οικονομικές παραδοχές

Οι οικονομικές παραδοχές αφορούν στο κόστος συλλογής, επεξεργασίας και υγειονομικής ταφής των ΑΣΑ και στα έσοδα από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας, ανακυκλωμένων υλικών, κομπόστ, SRF και CLO. Το παραγόμενο RDF θεωρείται ότι χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας, αλλά η τιμή του είναι σχεδόν μηδενική.

Στους ακόλουθους πίνακες (Πίνακες 6 και 7) παρουσιάζονται οι οικονομικές παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς του εργαλείου διαχείρισης ΑΣΑ.

Πίνακας 6. Παραδοχές κόστους

Κατηγορία κόστους	Κόστος (EUR/τόνο)
Κόστος συλλογής — ανάμεικτα απόβλητα	60
Κόστος συλλογής — ανάμεικτα ανακυκλώσιμα υλικά	140
Κόστος συλλογής — βιολογικά προϊόντα	80
Κόστος συλλογής — χαρτί	60
Κόστος συλλογής — πλαστικά	350
Κόστος συλλογής — μέταλλα	150
Κόστος συλλογής — γυαλί	60
Έξοδα συλλογής — άλλα ανακυκλώσιμα υλικά	100
Κόστος υγειονομικής ταφής	100
Κομποστοποίηση	65
Αναερόβια MBE	90
Αερόβια MBE	70
Βιοξήρανση MBE	80
Αναερόβια χώνευση	60
Διαλογή για ανάμεικτα ανακυκλώσιμα υλικά	180
Επεξεργασία των διαχωρισμένων αποβλήτων	50

Πίνακας 7. Παραδοχές εσόδων

Κατηγορία εσόδων	Έσοδα (ευρώ/τόνο και EUR/MWh για ηλεκτρική ενέργεια)
Ηλεκτρική ενέργεια (EUR/MWh)	129
Χαρτί	100
Πλαστικά	250
Μέταλλο	212.5
Γυαλί	40
Άλλα	20
Κομποστοποίηση	20
SRF	25
CLO	1
RDF	0

Σημείωση: Το RDF χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας, αλλά η τιμή του είναι 0

3.2.4. Αποτελέσματα του εργαλείου

Το εργαλείο διαχείρισης ΑΣΑ παρέχει ένα ευρύ φάσμα τεχνικών και οικονομικών αποτελεσμάτων. Πιο συγκεκριμένα, το εργαλείο αναλύει τις εισροές και τις εκροές όλων των εγκαταστάσεων επεξεργασίας, το κόστος συλλογής, επεξεργασίας και υγειονομικής ταφής (για σύμμεικτα, διαχωρισμένα και συνολικά ΑΣΑ), τα έσοδα από διαφορετικές ροές αποβλήτων και προϊόντα και το καθαρό κόστος (για τα σύμμεικτα, διαχωρισμένα και συνολικά ΑΣΑ) για τις συνολικές ποσότητες, ανά κιλό αποβλήτων (για σύμμεικτα, διαχωρισμένα και συνολικά ΑΣΑ) και ανά νοικοκυριό. Πρέπει να σημειωθεί ότι, για σκοπούς υπολογισμού, η ανάλυση πραγματοποιείται από το νοικοκυριό. Ωστόσο, το διαδικτυακό εργαλείο διαχείρισης ΑΣΑ παρουσιάζει μόνο τα αποτελέσματα που θα ήταν διαθέσιμα σε

πραγματική περίπτωση (π.χ. συνολικές ποσότητες υλικών, συνολικό κόστος, κόστος ανά kg με βάση το συνολικό κόστος και τις συνολικές ποσότητες ΑΣΑ κ.λπ.). Για εκπαιδευτικούς σκοπούς, ωστόσο, παρέχεται ένα αρχείο Excel ως υποστηρικτικό υλικό, το οποίο περιγράφει λεπτομερώς όλους τους υπολογισμούς και προσφέρει στον εκπαιδευτή και στην ομάδα της τάξης την ευκαιρία να πειραματιστεί με διάφορα δεδομένα εισόδου, καθώς και να διαμορφώσουν τα δικά τους σενάρια.

Οι ακόλουθοι πίνακες παρουσιάζουν, για παράδειγμα, την έξοδο του S1. Αερόβια ΜΒΕ — Κομπόστ.

Πίνακας 8. Σύνθεση και συλλογή αποβλήτων ανά νοικοκυριό

	Σύνθεση αποβλήτων						Συλλογή αποβλήτων		
	Οργανικά (kg)	Χαρτί (kg)	Πλαστικά (kg)	Μέταλλο (κλ)	Γυαλί (kg)	Άλλα (kg)	Σύμμεικτα συλλεγόμενα απόβλητα (kg)	Διαχωρισμένα συλλεγόμενα απόβλητα (kg)	Σύνολο συλλεγόμενων αποβλήτων (Kg)
Νοικοκυριά									
HH1	36.6	18.7	15.3	2.6	0.0	11.9	0.0	85.0	85.0
HH2	42.0	21.0	12.6	1.1	3.2	25.2	26.3	78.8	105.0
HH3	64.8	27.8	21.6	3.1	3.1	33.9	138.8	15.4	154.2
ΣΥΝΟΛΟ	143.3	67.5	49.5	6.7	6.2	71.0	165.0	179.2	344.2

Πίνακας 9. Δεδομένα εισόδου για την αερόβια ΜΒΕ

	ΜΒΕ (ΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ) — ΕΙΣΑΓΩΓΗ						
	Από σύμμεικτα απόβλητα						
	Σύνολο αποβλήτων (Kg)	Οργανικά (kg)	Χαρτί (kg)	Πλαστικά (kg)	Μέταλλο (κλ)	Γυαλί (kg)	Άλλα (kg)
Νοικοκυριά							
HH1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HH2	26.3	10.5	5.3	3.2	0.3	0.8	6.3
HH3	138.8	58.3	25.0	19.4	2.8	2.8	30.5
ΣΥΝΟΛΟ	165.0	68.8	30.2	22.6	3.0	3.6	36.8

Πίνακας 10. Έξοδος από την αερόβια ΜΒΕ

ΜΒΕ (ΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ) — ΕΞΟΔΟΣ									
Από σύμμεικτα απόβλητα									
Νοικοκυριά	Χαρτί (kg)	Πλαστικά (kg)	Μέταλλο (kg)	Γυαλί (kg)	Άλλα (kg)	CLO (kg)	RDF (kg)	Απώλειες (kg)	Υπολείμματα (kg)
HH1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HH2	2.9	1.9	0.2	0.7	3.2	5.5	2.4	2.1	7.4
HH3	14.0	11.5	2.6	2.5	15.3	30.3	12.1	11.7	38.9
ΣΥΝΟΛΟ	16.9	13.3	2.9	3.2	18.4	35.8	14.4	13.8	46.3

Πίνακας 11. Είσοδος και έξοδος για την ΜΑΕΒ

	ΜΟΝΑΔΑ ΑΕΡΟΒΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΜΑΕΒ) — ΕΙΣΡΟΗ		ΜΟΝΑΔΑ ΑΕΡΟΒΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΜΑΕΒ) — ΠΑΡΑΓΩΓΗ	
	Από διαχωρισμένα οργανικά			
	Νοικοκυριά	Οργανικά (kg)	Κομπόστ (kg)	Απώλειες (kg)
HH1	36.6	20.1	16.4	
HH2	31.5	17.3	14.2	
HH3	6.5	3.6	2.9	
ΣΥΝΟΛΟ	74.5	41.0	33.5	

Πίνακας 12. Εισροές και εκροές για τη Μονάδα Ανάκτησης Υλικών - ΜΑΥ

	ΜΑΥ ΕΙΣΡΟΗ=ΕΚΡΟΗ				
	Από διαχωρισμένα απόβλητα				
	Χαρτί (kg)	Πλαστικά (kg)	Μέταλλο (κλ)	Γυαλί (kg)	Άλλα (kg)
Νοικοκυριά					
ΗΗ1	18.7	15.3	2.6	0.0	11.9
ΗΗ2	15.8	9.5	0.8	2.4	18.9
ΗΗ3	2.8	2.2	0.3	0.3	3.4
ΣΥΝΟΛΟ	37.2	26.9	3.6	2.7	34.2

Πίνακας 13. Κόστος συλλογής σύμμεικτων και διαχωρισμένων αποβλήτων (EUR/kg)

	Σύμμεικτα απόβλητα	Κόστος συλλογής					
		Διαχωρισμένα απόβλητα					
		Οργανικά	Χαρτί	Πλαστικά	Μέταλλο	Γυαλί	Άλλα
Νοικοκυριά							
ΗΗ1	0.0	2.9	1.1	5.4	0.4	0.0	1.2
ΗΗ2	1.6	2.5	0.9	3.3	0.1	0.1	1.9
ΗΗ3	8.3	0.5	0.2	0.8	0.0	0.0	0.3
ΣΥΝΟΛΟ	9.9	6.0	2.2	9.4	0.5	0.2	3.4

Πίνακας 14. Κόστος επεξεργασίας σύμμεικτων και διαχωρισμένων αποβλήτων (EUR/kg)

Νοικοκυριά	Κόστος θεραπείας						
	Σύμμεικτα απόβλητα	Διαχωρισμένα απόβλητα					
		Οργανικά	Χαρτί	Πλαστικά	Μέταλλο	Γυαλί	Άλλα
ΗΗ1	0.0	2.4	0.9	0.8	0.1	0.0	0.6
ΗΗ2	1.8	2.0	0.8	0.5	0.0	0.1	0.9
ΗΗ3	9.7	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2
ΣΥΝΟΛΟ	11.6	4.8	1.9	1.3	0.2	0.1	1.7

Πίνακας 15. Υγειονομική ταφή και συνολικό κόστος σύμμεικτων και διαχωρισμένων αποβλήτων (EUR/kg)

Νοικοκυριά	Κόστος υγειονομικής ταφής	Συνολικό κόστος	Συνολικό κόστος	Συνολικό κόστος
		Σύμμεικτα απόβλητα	Διαχωρισμένα απόβλητα	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΗΗ1	0.0	0.0	15.8	15.8
ΗΗ2	0.7	4.2	13.3	17.5
ΗΗ3	3.9	21.9	2.7	24.6
ΣΥΝΟΛΟ	4.6	26.1	31.8	57.9

Πίνακας 16. Έσοδα από σύμμεικτα απόβλητα (EUR/kg)

	Έσοδα από						
	Σύμμεικτα απόβλητα						
Νοικοκυριά	Χαρτί	Πλαστικά	Μέταλλο	Γυαλί	Άλλα	CLO	RDF
HH1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HH2	0.3	0.5	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
HH3	1.4	2.9	0.6	0.1	0.3	0.0	0.0
ΣΥΝΟΛΟ	1.7	3.3	0.6	0.1	0.4	0.0	0.0
Συνολικά έσοδα από τα σύμμεικτα απόβλητα							6.2

Πίνακας 17. Έσοδα από διαχωρισμένα απόβλητα (EUR/kg)

	Έσοδα από					
	Διαχωρισμένα απόβλητα					
Νοικοκυριά	Κομποστοποίηση	Χαρτί	Πλαστικά	Μέταλλο	Γυαλί	Άλλα
HH1	0.4	1.9	3.8	0.5	0.0	0.2
HH2	0.3	1.6	2.4	0.2	0.1	0.4
HH3	0.1	0.3	0.5	0.1	0.0	0.1
ΣΥΝΟΛΟ	0.8	3.7	6.7	0.8	0.1	0.7
Συνολικά έσοδα από διαχωρισμένα απόβλητα						12.8

Πίνακας 18. Καθαρό κόστος (EUR) ανά kg για τα σύμμεικτα, διαχωρισμένα και συνολικά απόβλητα

Καθαρό κόστος των σύμμεικτων αποβλήτων ανά kg	Καθαρό κόστος των διαχωρισμένων αποβλήτων ανά kg	Καθαρό κόστος των συνολικών αποβλήτων ανά kg
0.121	0.106	0.113

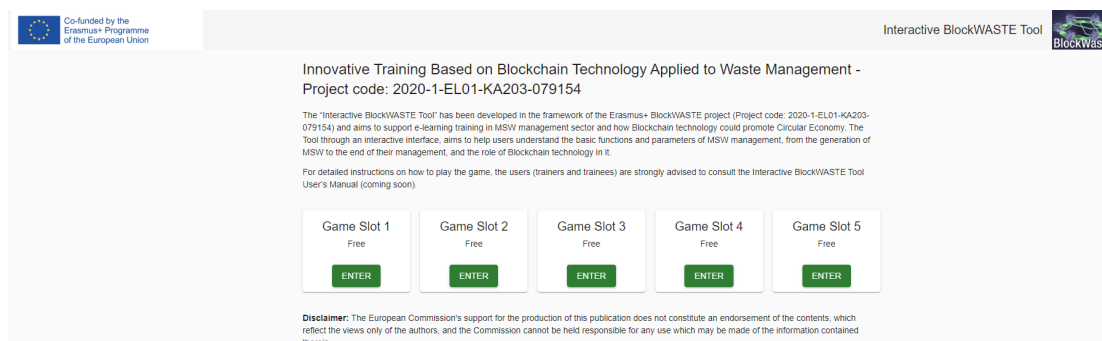
Πίνακας 19. Συνολικά έσοδα και καθαρό κόστος (EUR/kg)

	ΣΥΝΟΛΟ ΕΣΟΔΩΝ	Καθαρό κόστος	Καθαρό κόστος	Καθαρό κόστος	Καθαρό κόστος για τον δήμο
		Σύμμεικτα απόβλητα	Διαχωρισμένα απόβλητα	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ανά νοικοκυριό
Νοικοκυριά					
HH1	6.9	0.0	8.9	8.9	9.0
HH2	5.8	3.2	8.4	11.7	11.5
HH3	6.3	16.7	1.7	18.3	18.4
ΣΥΝΟΛΟ	19.0	19.9	19.0	38.9	38.9

3.3. Λεπτομερής περιγραφή των ρόλων

3.3.1. Ξεκινώντας το παιχνίδι

Το παιχνίδι είναι διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση <https://game.blockwasteproject.eu/>. Για μεγαλύτερη ευελιξία, το παιχνίδι μπορεί να παίζεται από πέντε διαφορετικές ομάδες ταυτόχρονα. Για να ξεκινήσει ένα παιχνίδι, ο παίκτης στον οποίο έχει ανατεθεί ο ρόλος του Δημάρχου πρέπει να εισέλθει πρώτα σε ένα από τα διαθέσιμα παιχνίδια (slots) (Σχήμα 20). Μετά από αυτό, οι υπόλοιποι παίκτες πρέπει να εισέλθουν στο ίδιο παιχνίδι (slot). Ο συνολικός αριθμός των παικτών που μπορούν να λειτουργήσουν ως «νοικοκυριά» είναι 30. Ως εκ τούτου, πριν από την έναρξη του παιχνιδιού σε κάθε παίκτη πρέπει να αποδοθεί ένας μοναδικός αριθμός μεταξύ 1 και 30.



Σχήμα 20: Η αρχική οθόνη του παιχνιδιού

3.3.2. Νοικοκυριά

Μετά τη σύνδεση, ο χρήστης που παίζει ως «νοικοκυριό» κάνει κλικ στο κουμπί «Προσθήκη δεδομένων» και το παράθυρο επεκτείνεται (Σχήμα 21), επιτρέποντας στον παίκτη να καθορίσει τις ακόλουθες πληροφορίες:

- Μέλη του νοικοκυριού
- Παραγωγή ΑΣΑ κατά κεφαλήν ανά έτος
- Σύνθεση των ΑΣΑ του νοικοκυριού
- Χρόνος που δαπανάται για τη διαλογή των αποβλήτων (σε λεπτά την εβδομάδα)
- Μήνας του έτους

Μετά την εισαγωγή των δεδομένων, ο χρήστης πρέπει να κάνει κλικ στο κουμπί «Υποβολή» για να τα υποβάλει. Το παιχνίδι ξεκινά πάντα με τον πρώτο μήνα του έτους (δηλαδή τον Ιανουάριο) ο οποίος δεν είναι κλειδωμένος. Ο επόμενος μήνας ξεκλειδώνει αυτόματα όταν ο παίκτης λάβει τα δημοτικά τέλη του προηγούμενου μήνα από τον Δήμαρχο.

Add data

Household members *
4

MSW generation *
420 pc/year

Organic: 39% Paper: 24% Plastic: 20% Metal: 4% Glass: 4% Other: 8%

Time spent on sorting waste (between 0-45) *
25 minutes per week

Choose month *
March

Submit

Σχήμα 21. Το παράθυρο «Προσθήκη δεδομένων»

Ωστόσο, για να υποβάλει τα δεδομένα ο χρήστης πρέπει να λύσει ένα σύντομο — και απλοποιημένο — πρόβλημα Blockchain, δηλαδή να βρει ένα κατάλληλο nonce που θα υπολογίσει ένα hash που μπορεί να διαιρείται εξίσου με το 3 (Σχήμα 22).

Balance: €0.00

Add data

Household members *
3

MSW generation *
440 pc/year

Organic: 37% Paper: 12% Plastic: 14% Metal: 6% Glass: 9% Other: 22%

Time spent on sorting waste (between 0-45) *
25 minutes per week

Choose month *
January

Submit

Block	Area	Householder	Total waste	Nonce (1-3)	a	b	c	Last two digits from prev. Hash	Hash	Solved
1	Green	Mj37gcj8e1vs	18	Nonce (1-3) *	71	77	18	2	168	✗
2	Green	P8zch630ye76	94	Nonce (1-3) *	71	80	94	68	313	✗
3	Red	Rz8mbde90lyo	2	Nonce (1-3) *	82	82	2	13	179	✗

Σχήμα 22: Το πρόβλημα του απλοποιημένου Blockchain

Όταν το πρόβλημα επιλυθεί επιτυχώς, το κουμπί «Υποβολή» γίνεται πράσινο και ο χρήστης είναι έτοιμος να υποβάλει τα δεδομένα στον «Δήμαρχο».

Balance: €0.00

Add data

Household members * 3 MSW generation * 440 pc/year

Organic: 37% Paper: 12% Plastic: 14% Metal: 6% Glass: 9% Other: 22%

Time spent on sorting waste (between 0-45) * 25 minutes per week Choose month * January

Submit

Block	Area	Householder	Total waste	Nonce (1-3)	a	b	c	Last two digits from prev Hash	Hash	Solved
1	Green	Mj37gcj8e1vs	18	3	71	77	18	2	171	✓
2	Green	P8zch630ye76	94	2	71	80	94	71	318	✓
3	Red	Rz8mbde90lyo	2	2	82	82	2	18	186	✓

Σχήμα 23: Προβολή ενός επιλυθέντος προβλήματος Blockchain που επιτρέπει την υποβολή των δεδομένων

Μετά την υποβολή των στοιχείων, ο χρήστης θα λάβει τα δημοτικά τέλη (όπως ορίζονται από τον Δήμαρχο) και θα έχει τη δυνατότητα να δει επίσης το συνολικό του κόστος (δηλαδή την αξία του χρόνου που δαπανάται για τη διαλογή των αποβλήτων συν τα δημοτικά τέλη).

Καθώς το παιχνίδι εξελίσσεται, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί τα αποτελέσματα των προηγούμενων μηνών για το νοικοκυριό του (Σχήμα 24) ή για όλα τα νοικοκυριά που συμμετέχουν στο παιχνίδι (Σχήμα 25) (χωρίς ωστόσο να γνωρίζει την πραγματική ταυτότητα των άλλων παικτών ή άλλα «ευαίσθητα» δεδομένα, π.χ. τον αριθμό των μελών του νοικοκυριού, την κατά κεφαλήν παραγωγή ΑΣΑ κ.λπ.).

Only show my entries

Month: All

Household: All

Household	HH members	MSW generation pc/year	HH MSW generation/ month	Time spent on sorting waste (between 0-45 minutes per week)	Value of time (Euros/ hour.month)	Percentage of recyclables separated (different bins)	percentage of mixed MSW (mixed waste, organic and other)	Total cost (Euros/month)	Municipal fees (Euros/month)
January									
Me	2	410	68.33	35	15	100%	0%	21.5	6.5
February									
Me	2	410	68.33	40	15	100%	0%	21	6
Total				75	€30.00			€42.50	€12.50

Σχήμα 24. Το παράθυρο αποτελεσμάτων (μόνο για τον συγκεκριμένο παίκτη)

☐ Only show my entries

Month

All

Household

All

Household	HH members	MSW generation pc/year	HH MSW generation/ month	Time spent on sorting waste (between 0-45 minutes per week)	Value of time (Euros/ hour/month)	Percentage of recyclables separated (different bins)	percentage of mixed MSW (mixed waste, organic and other)	Total cost (Euros/month)	Municipal fees (Euros/month)
January									
Me	2	410	68.33	35	15	100%	0%	21.5	6.5
PK2	N/A	N/A	34.17	N/A	N/A	75%	25%	N/A	4
February									
Me	2	410	68.33	40	15	100%	0%	21	6
PK2	N/A	N/A	34.17	N/A	N/A	75%	25%	N/A	6
Total				75	€30.00			€42.50	€12.50

Σχήμα 25. Το παράθυρο αποτελεσμάτων (παρουσίαση των αποτελεσμάτων για όλους τους παίκτες)

Το παιχνίδι τελειώνει με τη λήψη των δημοτικών τελών για τον τελευταίο μήνα του έτους (δηλαδή τον Δεκέμβριο).

3.3.3. Δήμαρχος

Μετά την είσοδο στο παιχνίδι, ο χρήστης στον οποίο έχει ανατεθεί ο ρόλος του «δημάρχου» πρέπει να επιλέξει ένα από τα τέσσερα εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης ΑΣΑ και στη συνέχεια να κάνει κλικ στο «Proceed» (Σχήμα 26).

Choose your plan

As the mayor, you have to select a plan for ...

Choose wisely!

S1. Aerobic MBT - Compost

S2. Anaerobic MBT - Compost

S3. Anaerobic MBT - Anaerobic

S4. Biodrying MBT - Anaerobic

Σχήμα 26. Η επιλογή του παραθύρου του σχεδίου διαχείρισης MSW

Στη συνέχεια, ο χρήστης κατευθύνεται σε ένα νέο παράθυρο που φαίνονται τα δεδομένα εισόδου των συμμετεχόντων νοικοκυριών (Σχήμα 27). Οι παρεχόμενες πληροφορίες έχουν ως εξής:

- Σύμμεικτα, διαχωρισμένα και συνολικά απόβλητα που συλλέγονται (δηλαδή παράγονται) από κάθε νοικοκυριό και
- Καθαρό κόστος για τον Δήμο ανά νοικοκυριό

Θα πρέπει να τονιστεί ότι ο «δήμαρχος» πριν προχωρήσει στον υπολογισμό των τελών πρέπει να περιμένει την απάντηση όλων των νοικοκυριών.

Balance: -€11.31

Month: All Household: All

Household	Mixed collected waste (kg)	Separated collected waste (kg)	Total waste collected (Kg)	Net cost for municipality	Municipal fees (Euros/month)	
January						
PK1	0	68.33	68.33	€6.63	Fee 6.5 €	Save
PK2	8.543	25.628	34.17	€3.34	Fee 4 €	Save
February						
PK1	0	68.33	68.33	€6.63	Fee 6 €	Save
PK2	8.543	25.628	34.17	€3.34	Fee 6 €	Save
March						
PK1	35	105	140	€13.85	Fee €	Save
Total	52.085	292.915	345	€33.81	€22.50	

Σχήμα 27. Το «βασικό» παράθυρο πληροφοριών στο οποίο ο χρήστης καθορίζει τα δημοτικά τέλη

Με βάση το καθαρό κόστος του δήμου ανά νοικοκυριό, ο «δήμαρχος» θα επιλέξει ένα εύλογο ποσό για τα δημοτικά τέλη. Ο μόνος κανόνας που πρέπει να ακολουθηθεί είναι ότι το οικονομικό ισοζύγιο για τον δήμο δεν μπορεί να είναι αρνητική (δηλαδή ο χρήστης δεν μπορεί να δημιουργήσει οικονομικό έλλειμμα). Εκτός από αυτό, ο χρήστης είναι εντελώς ελεύθερος να επιλέξει τη δική του στρατηγική. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι ο «δήμαρχος» επιθυμεί να προσφέρει έκπτωση 10 % στα νοικοκυριά που ανακυκλώνουν με συντελεστή 100 %. Το καθαρό κόστος των συνολικών αποβλήτων ανά kg υπολογίζεται σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$\text{Καθαρό κόστος για τα συνολικά απόβλητα ανά kg (EUR/kg)} =$$

$$\text{Καθαρό κόστος για το σύνολο των αποβλήτων (EUR)/Συνολική ποσότητα ΑΣΑ (kg)} =$$

$$\frac{[\text{Καθαρό κόστος για τα σύμμεικτα απόβλητα ανά kg (EUR/kg)} * \text{Συνολική ποσότητα σύμμεικτων ΑΣΑ (kg)} + \text{Καθαρό κόστος για τα διαχωρισμένα απόβλητα ανά kg (EUR/kg)} * \text{Συνολική ποσότητα διαχωρισμένων ΑΣΑ}]/\text{Συνολική ποσότητα ΑΣΑ (kg)}}{}$$

Ο «δήμαρχος» γνωρίζει το συνολικό καθαρό κόστος των σύμμεικτων αποβλήτων ανά kg (EUR/kg) και το συνολικό καθαρό κόστος των διαχωρισμένων αποβλήτων ανά kg (EUR/kg), καθώς και τις συνολικές ποσότητες σύμμεικτων και διαχωρισμένων αποβλήτων.

Ας υποθέσουμε ότι τα παραπάνω στοιχεία είναι, ως εξής:

- Καθαρό κόστος για τα σύμμεικτα απόβλητα ανά kg (EUR/kg): 0.121
- Καθαρό κόστος για τα διαχωρισμένα απόβλητα ανά kg (EUR/kg): 0.106
- Καθαρό κόστος για τα συνολικά απόβλητα ανά kg (EUR/kg): 0.113
- Συνολική ποσότητα σύμμεικτων ΑΣΑ (kg): 165
- Συνολική ποσότητα διαχωρισμένου MSW (kg): 179.2
- Σύνολο ΑΣΑ (kg): 344.2

Η έκπτωση 10 % θα έχει ως αποτέλεσμα δημοτικό τέλος για τα διαχωρισμένα απόβλητα ανά kg (EUR/kg) ίσο με 0,095 (δηλαδή 90 % * 0,106). Προκειμένου να αποφευχθεί το δημοσιονομικό έλλειμμα, ο «δήμαρχος» πρέπει να αυξήσει το δημοτικό τέλος για τα σύμμεικτα απόβλητα ανά κιλό, ώστε να διατηρηθεί σταθερό το καθαρό κόστος των συνολικών αποβλήτων ανά κιλό (δηλαδή 0,113 EUR/kg). Το δημοτικό τέλος για τα σύμμεικτα απόβλητα ανά kg μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$\text{Καθαρό κόστος για τα σύμμεικτα απόβλητα ανά kg (EUR/kg)} =$$

$$\frac{[\text{Καθαρό κόστος για τα συνολικά απόβλητα ανά kg (EUR/kg)} * \text{Σύνολο ΑΣΑ (kg)} - \text{Καθαρό κόστος για τα διαχωρισμένα απόβλητα ανά kg (EUR/kg)} * \text{Σύνολο διαχωρισμένων ΑΣΑ}]/\text{Συνολικό σύμμεικτων ΑΣΑ (kg)}}{}$$

Η αντικατάσταση του αριθμού του παραδείγματος έχει ως αποτέλεσμα καθαρό κόστος για τα σύμμεικτα απόβλητα ανά kg (EUR/kg) ίσο με 0,132 EUR/kg (δηλαδή υπάρχει αύξηση κατά 9,1 %).

Πατώντας το κουμπί «Αναφορά», ο «Δήμαρχος» μπορεί να δει αναλυτικά οικονομικά στοιχεία (Σχήμα 28).

Month
All

Household
All

Plan
S1. Aerobic MBT - Com...

☐ Show MBT, Biowaste, and MRF data

	Collection cost			Treatment cost		Landfill cost		Total cost			Revenues			Net cost			Net cost / waste (kg)		
Month	Mixed	Separated		Mixed	Separated	cost	Mixed	Separated	Total	Mixed	Separated	Total	Mixed	Separated	Total	Mixed	Separated	Total	
January	€0.5	€11.6	€0.6	€5.3		€0.2	€1.3	€17.0	€18.3	€0.5	€7.8	€8.3	€0.9	€9.1	€10.0	0.1	0.097	0.097	
February	€0.5	€11.6	€0.6	€5.3		€0.2	€1.3	€17.0	€18.3	€0.5	€7.8	€8.3	€0.9	€9.1	€10.0	0.1	0.097	0.097	
March	€2.1	€14.0	€2.5	€5.9		€0.9	€5.4	€19.8	€25.3	€2.0	€9.5	€11.4	€3.5	€10.4	€13.9	0.1	0.099	0.099	
April	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0		€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	0	0	0	
May	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0		€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	€0.0	0	0	0	

Σχήμα 28. Το παράθυρο με τα αναλυτικά οικονομικά στοιχεία

Επίσης, ενεργοποιώντας την επιλογή «Εμφάνιση δεδομένων MBT, Biowaste και MRF», ο «δήμαρχος» θα λάβει πρόσθετα στοιχεία σχετικά με τις ροές υλικών (εισροές και εκροές) στις διάφορες εγκαταστάσεις επεξεργασίας (Σχήμα 29). Επίσης, το εργαλείο παρέχει την δυνατότητα να εξαχθούν τα λεπτομερή αποτελέσματα σε ένα αρχείο της μορφής .csv για περαιτέρω επεξεργασία.

[illegible]

Σχήμα 29. Το λεπτομερές παράθυρο με τεχνικά και οικονομικά στοιχεία

3.4. Βασικές οδηγίες για το πώς να παίξετε

3.4.1. Παίζοντας το παιχνίδι

Ο εκπαιδευτής πρέπει πρώτα να δώσει μια σύντομη περιγραφή του σεναρίου και στη συνέχεια να αναθέσει τους ρόλους στους παίκτες (έναν Δήμαρχο και τα νοικοκυριά). Οι παίκτες μπορεί να λάβουν συγκεκριμένες οδηγίες για το πώς να ενεργήσουν ή μπορεί να κληθούν να ενεργήσουν προς το δικό τους συμφέρον. Είναι σημαντικό να καταστήσετε σαφές ότι η συμβολή όλων είναι πολύτιμη στο παιχνίδι και δεν κρίνεται κανείς. Επίσης, είναι σημαντικό να ορίσετε ένα χρονικό όριο (το παιχνίδι μπορεί να διαρκέσει από 15 λεπτά έως 30 λεπτά ή περισσότερο, ανάλογα με τις δεξιότητες που εξασκούνται) και το επίπεδο των δεξιοτήτων των συμμετεχόντων. Εάν, ωστόσο, οι μαθησιακοί στόχοι απαιτούν υπολογισμούς, τότε μπορεί να απαιτηθεί περισσότερος χρόνος. Τέλος, αν ο εκπαιδευτής αντιλαμβάνεται ότι οι συμμετέχοντες έχουν δυσκολίες και δεν μπορούν να προχωρήσουν ή επιδεικνύουν αδυναμία συγκέντρωσης, είναι καλό να σταματήσει το παιχνίδι ρόλων και να κάνει ένα διάλειμμα. Για να ξεκινήσει το παιχνίδι ο εκπαιδευτής διανέμει στους παίκτες, ανάλογα με το ρόλο τους, τους λογαριασμούς που έχουν δημιουργηθεί εκ των προτέρων.

3.4.2. Μετά το παιχνίδι

Μετά το τέλος του παιχνιδιού αρχίζει μια συζήτηση. Ο εκπαιδευτής και οι συμμετέχοντες μπορούν να συζητήσουν το παιχνίδι, π.χ. ποια στρατηγική ακολούθησαν, τι ήταν αποτελεσματικό από την άποψη της μάθησης, κ.λπ. Για να διευκολυνθεί η συζήτηση, ο εκπαιδευτής μπορεί επίσης να θέσει ορισμένες γενικές ή συγκεκριμένες ερωτήσεις, όπως:

- Ποιες ήταν οι ανησυχίες τους όσον αφορά τους ρόλους τους;
- Άλλαξαν τη στρατηγική τους καθώς το παιχνίδι προχωρούσε με βάση τα αποτελέσματα που έλαβαν;
- Επηρεάστηκαν από αυτό που έκαναν τα άλλα νοικοκυριά;
- Ποιο ήταν το σημαντικότερο ζήτημα για αυτούς όσον αφορά στην επιλογή μιας συγκεκριμένης στρατηγικής (π.χ. μεγιστοποίηση των περιβαλλοντικών οφελών, ελαχιστοποίηση του κόστους κ.λπ.);

Είναι επίσης χρήσιμο να δώσετε μερικές καταληκτικές παρατηρήσεις στο τέλος της συνεδρίας (π.χ. να συνοψίσετε ξανά τον στόχο του παιχνιδιού, να παρουσιάσετε την άποψή σας για την επιτυχία του παιχνιδιού κ.λπ.).

4 Αναφορές

- Arcadis & Eunomia. (2010). Assessment of the option to improve the management of bio-waste in the European Union. *European Commission Directorate-General Environment*, 11/004759(07), 1–237.
- Bartelings, H., & Sterner, T. (1999). Household Waste Management in a Swedish Municipality: Determinants of Waste Disposal, Recycling and Composting. *Environmental and Resource Economics*, 13(4), 473–491. <https://doi.org/10.1023/A:1008214417099>
- Bruvoll, A., Halvorsen, B., & Nyborg, K. (2000). Household sorting of waste at source. *Economic Survey*, 4, 26–35.
- Bruvoll, A., Halvorsen, B., & Nyborg, K. (2002). Households' recycling efforts. *Resources, Conservation and Recycling*, 36(4), 337–354. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(02\)00055-1](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(02)00055-1)
- Christianson, J. S. (2019, April 29). *The Blockchain Game: A great new tool for your classroom*. Blockchain. <https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2019/04/the-blockchain-game-a-great-new-tool-for-your-classroom/>
- Christianson, J. S. (2022, February 9). *How to Teach Blockchain with “The Blockchain Game!”* <https://medium.com/predict/how-to-teach-blockchain-with-the-blockchain-game-44360c542c81>
- Hogg, D. (n.d.). *Financing and incentive schemes for municipal waste management: Case studies, final report to Directorate General Environment, European Commission*. Eunomia Research & Consulting.
- Huhtala, A. (2010). Income effects and the inconvenience of private provision of public goods for bads: The case of recycling in Finland. *Ecological Economics*, 69(8), 1675–1681. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.03.018>
- Lasaridi, K. E., Rovolis, A., & Abeliotis, K. (2006). Waste management costs in Greece: Spatial patterns and causal factors. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 98. <https://doi.org/10.2495/EEIA060061>
- Lee, M., Choi, H., & Koo, Y. (2017). Inconvenience cost of waste disposal behavior in South Korea. *Ecological Economics*, 140, 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.031>
- Nainggolan, D., Pedersen, A. B., Smed, S., Zemo, K. H., Hasler, B., & Termansen, M. (2019). Consumers in a Circular Economy: Economic Analysis of Household Waste Sorting Behaviour. *Ecological Economics*, 166, 106402. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106402>
- Seruga, P., Krzywonos, M., Seruga, A., Niedźwiecki, Ł., Pawlak-Kruczek, H., & Urbanowska, A. (2020). Anaerobic Digestion Performance: Separate Collected vs. Mechanical Segregated Organic Fractions of Municipal Solid Waste as Feedstock. *Energies*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/en13153768>
- Velis, C. A., Longhurst, P. J., Drew, G. H., Smith, R., & Pollard, S. J. T. (2010). Production and Quality Assurance of Solid Recovered Fuels Using Mechanical—Biological Treatment (MBT) of Waste: A Comprehensive Assessment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 40(12), 979–1105. <https://doi.org/10.1080/10643380802586980>