

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS



ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Αξιολόγηση οικιακών συστημάτων αξιοποίησης βρόχινου
νερού για ανάπτυξη αστικής γεωργίας

Αθανάσιος Ποσποτίκης

Επιβλέπων:

Κωνσταντίνος Νουτσόπουλος, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2023

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κύριο Κωνσταντίνο Νουτσόπουλο για την άψογη συνεργασία τόσο στην διπλωματική όσο και όλα αυτά τα χρόνια στο Πολυτεχνείο. Αποτέλεσε την αρχική έμπνευση για να επιλέξω τον τομέα των Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος.

Ένα τεράστιο ευχαριστώ στον υποψήφιο διδάκτορα Χρήστο Ιωαννίδη ο οποίος ήταν πάντα εκεί από την πρώτη έως και την τελευταία της διπλωματικής. Του εύχομαι ολόψυχα τα καλύτερα.

Θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους μου, που με ανέχονται όλα αυτά τα χρόνια και είναι πάντα δίπλα μου σε εύκολα και δύσκολα.

Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στους γονείς μου, Γιώργο και Έφη και στα αδέρφια μου, Νίκο και Γιάννη. Δεν χωράνε λόγια για να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε αυτούς τους ανθρώπους. Ελπίζω κάποια στιγμή να μπορέσω να τους το ανταποδώσω για τις θυσίες που κάνανε για εμένα.

Σας ευχαριστώ και πάλι όλους

Αθανάσιος Ποσποτικής

Οκτώβριος 2023

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή	14
Κεφάλαιο 2. Το πλαίσιο της Αστικής Γεωργίας.....	15
2.1. Εισαγωγή	15
2.2. Η έννοια της Βιώσιμης Ανάπτυξης	15
2.3. Η έννοια της Κυκλικής Οικονομίας	17
2.4. Αστική Γεωργία (Urban Farming)	18
2.4.1. Η έννοια της αστικής γεωργίας	18
2.4.2. Η αστική γεωργία στο παρελθόν	18
2.4.3. Η αστική γεωργία σήμερα.....	21
2.4.4 Παραδείγματα-Εφαρμογές της Αστικής Γεωργίας.....	23
Κεφάλαιο 3. Η μελέτη περίπτωσης των Τρικάλων και το έργο CIRC4fooD.....	34
Κεφάλαιο 4. Περιγραφή και σχεδιασμός του συστήματος	37
4.1. Εισαγωγή	37
4.2. Περιγραφή του συστήματος	37
4.3. Μεθοδολογία σχεδιασμού.....	39
4.3.1. Το υπομοντέλο συλλογής βρόχινου νερού.....	39
4.3.2. Υπομοντέλο κομποστοποίησης.....	42
4.4. Εφαρμογή μοντέλου σχεδιασμού και αποτελέσματα	44
4.4.1. Εισαγωγή.....	44
4.4.2. Οικία 1	44
4.4.3. Οικία 2	46
4.4.4. Οικία 3	48
4.4.5. Οικία 4	49
4.4.6. Οικία 5	51
4.4.7. Οικία 6	52
4.4.8. Οικία 7	54
4.4.9. Οικία 8	55
4.4.10. Οικία 9	56
4.4.11. Οικία 10	58
4.4.12. Οικία 11	59
4.4.13. Οικία 12	60
4.4.14. Οικία 13	62
4.4.15. Οικία 14	63
4.4.16. Οικία 15	64

4.4.17. Οικία 16	66
4.4.18. Οικία 17	67
4.4.19. Οικία 18	68
4.4.20. Οικία 19	70
4.4.21. Οικία 20	71
4.4.22. Οικία 21	72
4.4.23. Οικία 22	74
4.4.24. Οικία 23	75
4.4.25. Οικία 24	76
4.4.26. Οικία 25	78
4.4.27. Οικία 26	79
4.4.28. Οικία 27	80
4.5. Μεθοδολογία αποτίμησης	82
4.5.1. Εισαγωγή	82
4.5.2. Δείκτες απόδοσης	82
Κεφάλαιο 5- Υλοποίηση Συστήματος και Αξιολόγηση.....	85
5.1.Εισαγωγή	85
5.2. Υλοποίηση Εφαρμογής.....	85
5.3. Αξιολόγηση Δεικτών Απόδοσης	111
5.3.1. Εισαγωγή	111
5.3.2. Επεξεργασία δεδομένων πλατφόρμας	112
5.3.3. Αξιολόγηση Δεικτών Οικιακών Εφαρμογών	119
6. Συμπεράσματα	131
Βιβλιογραφία	133

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 : Νοικοκυριά που εφαρμόζουν αστική γεωργία. (Smart et al., 2015).....	25
Πίνακας 2: Δεκαετία κατά την οποία οι κάτοικοι του δείγματος άρχισαν πρώτα να φτιάχνουν αστικές καλλιέργειες στους κήπους τους. (Smart et.al., 2015)	25
Πίνακας 3: Μέση καλλιεργούμενη επιφάνεια σε εκτάρια στους κήπους των κατοικιών αλλά και εκτός των οικοπέδων. (Smart et.al., 2015)	25
Πίνακας 4: Ποσοστά της ετήσιας παροχής τροφίμων μέσω αστικής γεωργίας. (Smart et.al., 2015).....	26
Πίνακας 5: Αποτελέσματα για τη σοδειά, το νερό και την ενέργεια (Sanjuan-Delmás et al., 2018).....	33
Πίνακας 6: Βασικές απαιτήσεις οικιών για εγκατάσταση του συστήματος	35
Πίνακας 7: Στατιστικά στοιχεία βροχόπτωσης και θερμοκρασίας	41
Πίνακας 8: Κλασματοποίηση Αστικών Αποβλήτων στα Τρίκαλα	43
Πίνακας 9: Σύσταση Κλασμάτων Πράσινων Αποβλήτων (Cornell Waste Management Institute)	43
Πίνακας 10: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 1.....	46
Πίνακας 11: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 2.....	48
Πίνακας 12: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 3.....	49
Πίνακας 13: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 4.....	51
Πίνακας 14: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 5.....	52
Πίνακας 15: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 6.....	53
Πίνακας 16: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 7.....	55
Πίνακας 17: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 8.....	56
Πίνακας 18: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 9.....	57
Πίνακας 19: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 10.....	59
Πίνακας 20: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 11.....	60
Πίνακας 21: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 12.....	61
Πίνακας 22: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 13.....	63
Πίνακας 23: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 14.....	64
Πίνακας 24: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 15.....	65
Πίνακας 25: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 16.....	67
Πίνακας 26: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 17.....	68
Πίνακας 27: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 18.....	69
Πίνακας 28: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 19.....	71
Πίνακας 29: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 20.....	72
Πίνακας 30: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 21.....	73
Πίνακας 31: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 22.....	75
Πίνακας 32: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 23.....	76
Πίνακας 33: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 24.....	77
Πίνακας 34: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 25.....	79
Πίνακας 35: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 26.....	80
Πίνακας 36: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 27.....	81
Πίνακας 37: Συνοπτικά Αποτελέσματα Ανάλυσης Συλλογής Νερού	118
Πίνακας 38: Αποτελέσματα Ανάλυσης	129

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: HDI στη Ζάμπια μετά το 1990 (Πηγή: UNDP, 2021).....	24
Σχήμα 2: Πορεία της φτώχειας στη Ζάμπια στο διάστημα 1991-2015 (Πηγή: Our World in data, 2023)	24
Σχήμα 3: Τα όρια του εργοστασίου σε σχέση με τη πόλη (Elbardisy et al., 2021)	27
Σχήμα 4: Το κτίριο ICTA και οι κύριες τροφοδοσίες του θερμοκηπίου (Sanjuan-Delmás et.al.,2018)	32
Σχήμα 5: Κυκλικό σύστημα οικιακής χρήσης	37
Σχήμα 6: Απλοϊκή αναπαράσταση του συστήματος ποτίσματος	38
Σχήμα 7: Βροχόπτωση και Θερμοκρασία την τελευταία δεκαετία στα Τρίκαλα (Πηγή: http://penteli.meteo.gr/stations/trikala/)	41
Σχήμα 8: Ανάλυση στέγης Οικίας 1	46
Σχήμα 9: Ανάλυση στέγης Οικίας 2	47
Σχήμα 10: Ανάλυση στέγης Οικίας 3	49
Σχήμα 11: Ανάλυση στέγης Οικίας 4	50
Σχήμα 12: Ανάλυση στέγης Οικίας 5	52
Σχήμα 13: Ανάλυση στέγης Οικίας 6	53
Σχήμα 14: Ανάλυση στέγης Οικίας 7	54
Σχήμα 15: Ανάλυση στέγης Οικίας 8	56
Σχήμα 16: Ανάλυση στέγης Οικίας 9	57
Σχήμα 17: Ανάλυση στέγης Οικίας 10	58
Σχήμα 18: Ανάλυση στέγης Οικίας 11	60
Σχήμα 19: Ανάλυση στέγης Οικίας 12	61
Σχήμα 20: Ανάλυση στέγης Οικίας 13	62
Σχήμα 21: Ανάλυση στέγης Οικίας 14	64
Σχήμα 22: Ανάλυση στέγης Οικίας 15	65
Σχήμα 23: Ανάλυση στέγης Οικίας 16	66
Σχήμα 24: Ανάλυση στέγης Οικίας 17	68
Σχήμα 25: Ανάλυση στέγης Οικίας 18	69
Σχήμα 26: Ανάλυση στέγης Οικίας 19	70
Σχήμα 27: Ανάλυση στέγης Οικίας 20	72
Σχήμα 28: Ανάλυση στέγης Οικίας 21	73
Σχήμα 29: Ανάλυση στέγης Οικίας 22	74
Σχήμα 30: Ανάλυση στέγης Οικίας 23	76
Σχήμα 31: Ανάλυση στέγης Οικίας 24	77
Σχήμα 32: Ανάλυση στέγης Οικίας 25	78
Σχήμα 33: Ανάλυση στέγης Οικίας 26	80
Σχήμα 34: Ανάλυση στέγης Οικίας 27	81
Σχήμα 35: Βροχόπτωση και Θερμοκρασία.....	113
Σχήμα 36: Γράφημα Ολικών Διαλυμένων Στερεών (TDS) και Στάθμης (cm)	114
Σχήμα 37: Υγρασία Εδάφους.....	114
Σχήμα 38: Κατάσταση Ηλεκτροβάνας.....	115
Σχήμα 39: Διορθωμένο σχήμα κατάστασης ηλεκτροβάνας	116
Σχήμα 40: Διάγραμμα Βροχόπτωσης και Υγρασίας Εδάφους	119
Σχήμα 41: Έκταση κήπου για την κάθε εφαρμογή.....	120

Σχήμα 42: Αποτελέσματα δείκτη Π2 για την κάθε εφαρμογή σε σχέση με το στόχο του έργου	121
Σχήμα 43: Αποτελέσματα δείκτη Π3 για την κάθε εφαρμογή σε σχέση με τον στόχο του έργου	122
Σχήμα 44: Αποτελέσματα δείκτη Π4 για την κάθε εφαρμογή σε σχέση με το στόχο του έργου	123
Σχήμα 45: Αποτελέσματα δείκτη Π5 για την κάθε εφαρμογή σε σχέση με το στόχο του έργου	124
Σχήμα 46: Αποτελέσματα δείκτη Π6 για την κάθε εφαρμογή	125
Σχήμα 47: Αποτελέσματα δείκτη Π7 για την κάθε εφαρμογή	126
Σχήμα 48: Αποτελέσματα δείκτη Ο1 για την κάθε εφαρμογή σε σχέση με το στόχο του έργου	127
Σχήμα 49: Αποτελέσματα δείκτη Ο2 για την κάθε εφαρμογή σε σχέση με το στόχο του έργου	128
Σχήμα 50: Αποτελέσματα δείκτη Ο3 για την κάθε εφαρμογή	129

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Ασθενής Βιωσιμότητα	16
Εικόνα 2: Ισχυρή Βιωσιμότητα.....	17
Εικόνα 3: Τα κινήματα του 20 ^{ου} αιώνα. (Sharifi 2016).....	19
Εικόνα 4: Ιδέα της Κηπούπολης (Ebenezer Howard, Tomorrow: A Peaceful Path to Real Reform).....	20
Εικόνα 5: Η Ζάμπια. Με γκρι είναι η περιοχή μελέτης. (Smart et al., 2015)	23
Εικόνα 6: Υδροπονική (Πηγή: gogreenaquaponics.com, 2023)	28
Εικόνα 7: Ενυδριοπονική (Πηγή: gogreenaquaponics.com,2023)	29
Εικόνα 8: Άποψη Οικίας 1	45
Εικόνα 9: Αεροφωτογραφία Οικίας 1	45
Εικόνα 10: Άποψη Οικίας 2	47
Εικόνα 11: Αεροφωτογραφία Οικίας 2	47
Εικόνα 12: Άποψη Οικίας 3	48
Εικόνα 13: Αεροφωτογραφία Οικίας 3	49
Εικόνα 14: Άποψη Οικίας 4	50
Εικόνα 15: Αεροφωτογραφία Οικίας 4	50
Εικόνα 16: Άποψη Οικίας 5	52
Εικόνα 17: Αεροφωτογραφία Οικίας 5	52
Εικόνα 18: Άποψη Οικίας 6	53
Εικόνα 19: Αεροφωτογραφία Οικίας 6	53
Εικόνα 20: Άποψη Οικίας 7	54
Εικόνα 21: Αεροφωτογραφία Οικίας 7	54
Εικόνα 22: Άποψη Οικίας 8	56
Εικόνα 23: Αεροφωτογραφία Οικίας 8	56
Εικόνα 24: Άποψη Οικίας 9	57
Εικόνα 25: Αεροφωτογραφία Οικίας 9	57
Εικόνα 26: Άποψη Οικίας 10	58
Εικόνα 27: Αεροφωτογραφία Οικίας 10	58
Εικόνα 28: Άποψη Οικίας 11	60
Εικόνα 29: Αεροφωτογραφία Οικίας 11	60
Εικόνα 30: Άποψη Οικίας 12	61
Εικόνα 31: Αεροφωτογραφία Οικίας 12	61
Εικόνα 32: Άποψη Οικίας 13	62
Εικόνα 33: Αεροφωτογραφία Οικίας 13	62
Εικόνα 34: Άποψη Οικίας 14	64
Εικόνα 35: Αεροφωτογραφία Οικίας 14	64
Εικόνα 36: Άποψη Οικίας 15	65
Εικόνα 37: Αεροφωτογραφία Οικίας 15	65
Εικόνα 38: Άποψη Οικίας 16	66
Εικόνα 39: Αεροφωτογραφία Οικίας 16	66
Εικόνα 40: Άποψη Οικίας 17	68
Εικόνα 41: Αεροφωτογραφία Οικίας 17	68
Εικόνα 42: Άποψη Οικίας 18	69
Εικόνα 43: Αεροφωτογραφία Οικίας 18	69
Εικόνα 44: Άποψη Οικίας 19	70

Εικόνα 45: Αεροφωτογραφία Οικίας 19	70
Εικόνα 46: Άποψη Οικίας 20	72
Εικόνα 47: Αεροφωτογραφία Οικίας 20	72
Εικόνα 48: Άποψη Οικίας 21	73
Εικόνα 49: Αεροφωτογραφία Οικίας 21	73
Εικόνα 50: Άποψη Οικίας 22	74
Εικόνα 51: Αεροφωτογραφία Οικίας 22	74
Εικόνα 52: Άποψη Οικίας 23	76
Εικόνα 53: Αεροφωτογραφία Οικίας 23	76
Εικόνα 54: Άποψη Οικίας 24	77
Εικόνα 55: Αεροφωτογραφία Οικίας 24	77
Εικόνα 56: Άποψη Οικίας 25	78
Εικόνα 57: Αεροφωτογραφία Οικίας 25	78
Εικόνα 58: Άποψη Οικίας 26	80
Εικόνα 59: Αεροφωτογραφία Οικίας 26	80
Εικόνα 60: Άποψη Οικίας 27	81
Εικόνα 61: Αεροφωτογραφία Οικίας 27	81
Εικόνα 62: Άποψη Οικίας 1	86
Εικόνα 63: Κήπος Οικίας 1	86
Εικόνα 64: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 1.....	86
Εικόνα 65: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 1.....	86
Εικόνα 66: Άποψη Οικίας 2	87
Εικόνα 67: Κήπος Οικίας 2	87
Εικόνα 68: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 2.....	87
Εικόνα 69: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 2.....	87
Εικόνα 70: Άποψη Οικίας 3	88
Εικόνα 71: Κήπος Οικίας 3	88
Εικόνα 72: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 3.....	88
Εικόνα 73: Σύστημα Κομποστοποίησης	88
Εικόνα 74: Άποψη Οικίας 4	89
Εικόνα 75: Κήπος Οικίας 4	89
Εικόνα 76: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 4.....	89
Εικόνα 77: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 4.....	89
Εικόνα 78: Άποψη Οικίας 5	90
Εικόνα 79: Κήπος Οικίας 5	90
Εικόνα 80: Σύστημα Συλλογής Νερού και Κομποστοποίησης Οικίας 5.....	90
Εικόνα 81: Άποψη Οικίας 6	91
Εικόνα 82: Κήπος Οικίας 6	91
Εικόνα 83: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 6.....	91
Εικόνα 84: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 6.....	91
Εικόνα 85: Κήπος Οικίας 7	92
Εικόνα 86: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 7.....	92
Εικόνα 87: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 7.....	92
Εικόνα 88: Άποψη Οικίας 8	93
Εικόνα 89: Κήπος Οικίας 8	93
Εικόνα 90: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 8.....	93
Εικόνα 91: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 8.....	93
Εικόνα 92: Άποψη Οικίας 9	94

Εικόνα 93: Κήπος Οικίας 9	94
Εικόνα 94: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 9.....	94
Εικόνα 95: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 9.....	94
Εικόνα 96: Άποψη Οικίας 10	95
Εικόνα 97: Κήπος Οικίας 10	95
Εικόνα 98: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 10.....	95
Εικόνα 99: Κήπος Οικίας 11	96
Εικόνα 100: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 11.....	96
Εικόνα 101: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 11.....	96
Εικόνα 102: Άποψη Οικίας 12	97
Εικόνα 103: Κήπος Οικίας 12	97
Εικόνα 104: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 12.....	97
Εικόνα 105: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 12.....	97
Εικόνα 106: Άποψη Οικίας 13	98
Εικόνα 107: Κήπος Οικίας 13	98
Εικόνα 108: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 13.....	98
Εικόνα 109: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 13.....	98
Εικόνα 110: Άποψη Οικίας 14	99
Εικόνα 111: Κήπος Οικίας 14	99
Εικόνα 112: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 14.....	99
Εικόνα 113: Άποψη Οικίας 15	100
Εικόνα 114: Κήπος Οικίας 15	100
Εικόνα 115: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 15.....	100
Εικόνα 116: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 15.....	100
Εικόνα 117: Άποψη Οικίας 16	101
Εικόνα 118: Κήπος Οικίας 16	101
Εικόνα 119: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 16.....	101
Εικόνα 120: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 16.....	101
Εικόνα 121: Άποψη Οικίας 17	102
Εικόνα 122: Κήπος Οικίας 17	102
Εικόνα 123: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 17.....	102
Εικόνα 124: Άποψη Οικίας 18	103
Εικόνα 125: Κήπος Οικίας 18	103
Εικόνα 126: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 18.....	103
Εικόνα 127: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 18.....	103
Εικόνα 128: Άποψη Οικίας 19	104
Εικόνα 129: Κήπος Οικίας 19	104
Εικόνα 130: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 19.....	104
Εικόνα 131: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 19.....	104
Εικόνα 132: Άποψη Οικίας 21	105
Εικόνα 133: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 21.....	105
Εικόνα 134: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 21.....	105
Εικόνα 135: Κήπος Οικίας 22	106
Εικόνα 136: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 22.....	106
Εικόνα 137: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 22.....	106
Εικόνα 138: Άποψη Οικίας 23	107
Εικόνα 139: Κήπος Οικίας 23	107
Εικόνα 140: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 23.....	107

Εικόνα 141: Κήπος Οικίας 24	108
Εικόνα 142: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 24.....	108
Εικόνα 143: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 24.....	108
Εικόνα 144: Άποψη Οικίας 25	109
Εικόνα 145: Κήπος Οικίας 25	109
Εικόνα 146: Σύστημα Συλλογής Νερού και Κομποστοποίησης Οικίας 25.....	109
Εικόνα 147: Άποψη Οικίας 26	110
Εικόνα 148: Σύστημα Συλλογής Νερού και Κομποστοποίησης 26	110
Εικόνα 149: Κήπος Οικίας 27	111
Εικόνα 150: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 27.....	111
Εικόνα 151: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 27.....	111
Εικόνα 152: Αρχική Οθόνη της ιστοσελίδας ardeusi.gr	112
Εικόνα 153: Αρχική σελίδα κατόπιν πρόσβασης	112

Περίληψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση οικιακών συστημάτων κυκλικής οικονομίας με στόχο την ανάπτυξη της αστικής γεωργίας. Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε σε 27 οικιακές εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος CIRC4Food το οποίο υλοποιείται από ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Υγειονομικής Τεχνολογίας και άλλους φορείς. Κάθε οικιακή εφαρμογή αποτελεί ένα πλήρες κυκλικό σύστημα με συλλογή βρόχινου νερού και παράλληλη κομποστοποίηση αστικών βιοαποβλήτων για την χρήση τους σε αστικούς λαχανόκηπους. Στο πλαίσιο της εργασίας αναπτύχθηκε μαθηματικό μοντέλο για τον σχεδιασμό των οικιακών συστημάτων συλλογής βρόχινου νερού και κομποστοποίησης το οποίο λαμβάνει υπόψη τα εκάστοτε χαρακτηριστικά της κάθε οικίας και του κήπου τους αλλά και τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής. Στη συνέχεια συλλέχθηκαν τα δεδομένα από τους online αισθητήρες των οικιακών εφαρμογών και έγινε η επεξεργασία τους. Αρχικά με κατάλληλες μεθόδους έγινε εκτίμηση της αξιοπιστίας των μετρήσεων και στη συνέχεια προσδιορίστηκαν οι δείκτες απόδοσης κάθε συστήματος.

Από την ανωτέρω ανάλυση προέκυψε μία σειρά από συμπεράσματα τα οποία συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Τα συστήματα συλλογής βρόχινου νερού καλύπτουν τους ελάχιστους στόχους που έχουν τεθεί στο έργο. Επιτυγχάνεται μία μείωση 30% στη χρήση πόσιμου νερού η οποία είναι παραπάνω από ικανοποιητική στην πιλοτική μορφή του έργου.
- Το παραγόμενο κομπόστ ανέρχεται σε 40% της συνολικής απαιτούμενης ποσότητας λιπάσματος. Αυτό το κομμάτι έχει περιθώρια βελτίωσης καθώς ένα σχετικά μικρό ποσοστό των χρηστών των οικιακών εφαρμογών έκανε χρήση του κομποστοποιητή.
- Όλοι οι οικονομικοί δείκτες του έργου ικανοποιούν τις ελάχιστες απαιτήσεις του έργου.

Λέξεις κλειδιά:

αστική γεωργία, βιώσιμη ανάπτυξη, κυκλική οικονομία, μαθηματικά μοντέλα προσομοίωσης, συλλογή βρόχινου νερού, κομπόστ

Abstract

The goal of this diploma thesis is the evaluation of circular economy home systems aiming at the development of urban agriculture. The investigation was carried out in 27 home applications that have been developed in the framework of the CIRC4Food research program, which is implemented by a research team of the Laboratory of Sanitary Engineering of NTUA and other institutions. Each domestic application is a complete circular system with rainwater harvesting while composting urban bio-waste for use in urban vegetable gardens. In the context of the diploma thesis, a mathematical model was developed for the design of domestic rainwater collection and composting systems, which takes into account the characteristics of each house and their garden, as well as the meteorological data of the area. The data was then collected from the online sensors of the home applications and processed. Initially, with appropriate methods, the reliability of the measurements was assessed and then the performance indicators of each system were determined.

The above analysis resulted in a series of conclusions which can be summarized as follows:

- The rainwater harvesting systems meet the minimum targets set in the project. A 30% reduction in drinking water use is achieved, which is more than satisfactory in the pilot form of the project.
- The compost produced amounts to 40% of the total required amount of fertilizer. This part has room for improvement as a relatively small percentage of users of home applications used the composter.
- All financial indicators of the project meet the minimum requirements of the project.

Keywords:

Urban agriculture, sustainable development, circular economy, mathematical simulation models, rainwater harvesting, compost

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Η έντονη αστικοποίηση που χαρακτηρίζει τον 20^ο και τον 21^ο αιώνα έχει προκαλέσει μεγάλες επισιτιστικές πιέσεις στα αστικά κέντρα. Η επαρχία ερημώνει, οι πόλεις μεγαλώνουν και ο πρωτογενής τομέας δυσκολεύεται όλο και περισσότερο να καλύψει τις ανάγκες της πόλης, με αποτέλεσμα όλη η εφοδιαστική αλυσίδα να βρίσκεται σε μία επικίνδυνη ισορροπία που μπορεί να ανατραπεί ανά πάσα στιγμή.

Μία ιδέα που αρχίζει και ωριμάζει, ιδιαίτερα τον 21^ο αιώνα, είναι η ιδέα της αστικής γεωργίας. Η αστική γεωργία περιλαμβάνει όλες τις πρακτικές της γεωργίας αλλά εντός των ορίων της πόλης. Έτσι το πλάνο είναι ότι αφού δεν μπορούμε να πάμε εμείς στην επαρχία, θα φέρουμε την επαρχία σε εμάς. Τα οφέλη από κάτι τέτοιο είναι πολλαπλά: αύξηση του πρασίνου, αισθητική αναβάθμιση, βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, αποκατάσταση της σχέσης του ανθρώπου με τη φύση, παραγωγή τροφής και πολλά άλλα.

Ωστόσο, υπάρχουν και προβλήματα με την αστική γεωργία. Πέραν της έλλειψης χώρου των πόλεων που είναι ένα μεγάλο πρόβλημα (βέβαια και για αυτό υπάρχουν λύσεις), το μεγαλύτερο πρόβλημα που προκύπτει λόγω της αστικής γεωργίας είναι η πρόσθετη πίεση που θα ασκηθεί στο σύστημα ύδρευσης της πόλης.

Ένας «απλός» τρόπος για να αντιμετωπιστεί αυτή η επιπλέον ζήτηση είναι μέσω της αποθήκευσης του βρόχινου νερού και της μετέπειτα χρήσης του για άρδευση.

Στην παρούσα διπλωματική και μέσω του προγράμματος CIRC4Food που υλοποιείται στα Τρίκαλα θα δούμε το πόσο αποτελεσματική μπορεί να είναι η συλλογή, αποθήκευση και η χρήση του βρόχινου νερού για την αστική γεωργία, ενώ παράλληλα εξετάζεται η δυνατότητα κάλυψης των κηπευτικών αναγκών σε λίπασμα χρησιμοποιώντας τα ίδια τα παραπροϊόντα του κήπου μας. Στόχος της διερεύνησης είναι να γίνει μια αξιολόγηση των οικιακών κυκλικών συστημάτων του προγράμματος μέσω διάφορων ποσοτικών δεικτών. Η διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας γίνεται ως εξής:

Στο 2^ο κεφάλαιο γίνεται κυρίως μία ιστορική και εννοιολογική προσέγγιση της αστικής γεωργίας. Παρουσιάζονται οι έννοιες της ασθενούς και της ισχυρής βιωσιμότητας, της κυκλικής οικονομίας, τα διάφορα ιστορικά κινήματα που την είχαν ως κύριο άξονα αλλά και 3 χαρακτηριστικές περιπτώσεις εφαρμογής της.

Στο 3^ο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή του έργου CIRC4Food στα Τρίκαλα. Παρουσιάζεται το πλαίσιο εφαρμογής του αλλά και ποιοι είναι οι στόχοι του και τα αναμενόμενα αποτελέσματα.

Στο 4^ο κεφάλαιο γίνεται ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων. Αρχικά παρουσιάζονται τα επιμέρους τμήματα του κυκλικού συστήματος. Έπειτα παρουσιάζονται οι εξισώσεις του μοντέλου συλλογής βρόχινου νερού και του μοντέλου κομποστοποίησης. Τέλος, με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα της τελευταίας 10ετίας στην περιοχή και των επιφανειών των στεγών γίνεται η διαστασιολόγηση των επιμέρους τμημάτων.

Στο 5^ο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των εγκαταστάσεων και των αποτελεσμάτων από την λειτουργία των συστημάτων. Τέλος γίνεται η αξιολόγηση και ο σχολιασμός των δεικτών απόδοσης που υπολογίστηκαν.

Κεφάλαιο 2. Το πλαίσιο της Αστικής Γεωργίας

2.1. Εισαγωγή

Στον 21^ο αιώνα ακούγεται όλο και περισσότερο η έννοια της αστικής γεωργίας. Προτού ωστόσο αναλυθεί αυτή η έννοια, θα ήταν καλό να γίνει αναφορά στην έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης αφού πολλές από τις σύγχρονες πρακτικές της την έχουν ως κύριο άξονα. Επίσης θα παρουσιαστεί και η έννοια της κυκλικής οικονομίας η οποία είναι και αυτή ένα αρκετά σημαντικό κομμάτι αυτής της σύγχρονης μεταστροφής στην βιωσιμότητα. Στην τελευταία ενότητα θα παρουσιαστεί η αστική γεωργία στο παρελθόν αλλά και στο παρόν.

2.2. Η έννοια της Βιώσιμης Ανάπτυξης

Βιώσιμη ανάπτυξη, σύμφωνα με την Επιτροπή Brundtland, έχει μία κοινωνία η οποία καταφέρνει να ικανοποιήσει τις τωρινές ανάγκες της χωρίς να επηρεάζει την δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους (Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future p.41).

Η βιωσιμότητα με την ευρύτερη έννοια δεν είναι μόνο περιβαλλοντική. Αν και λίγο πολύ όλα τα «είδη» βιώσιμης ανάπτυξης περιλαμβάνουν το περιβάλλον διότι χωρίς την περιβαλλοντική βιωσιμότητα δεν μπορεί να επιτευχθεί καμία άλλη.

Η βιώσιμη ανάπτυξη έχει 3 μεγάλες πτυχές:

1) Οικονομική Βιωσιμότητα

Σύμφωνα με την οικονομική βιωσιμότητα πρέπει να παράγονται αγαθά και υπηρεσίες χρησιμοποιώντας μια σταθερή βάση ανθρώπινων, κοινωνικών και φυσικών πόρων ώστε να επιτυγχάνεται η ευημερία.

2) Περιβαλλοντική Βιωσιμότητα

Η σταθερή βάση φυσικών πόρων που αναφέρθηκε παραπάνω πρέπει να εξασφαλίζεται μειώνοντας την χρήση των μη ανανεώσιμων πηγών αλλά και χωρίς την υπερεκμετάλλευση των ανανεώσιμων. Η περιβαλλοντική βιωσιμότητα είναι πάρα πολύ κρίσιμος παράγοντας γιατί χωρίς αυτήν αργά ή γρήγορα δεν θα υπάρχουν πόροι για την παραγωγή και την οικονομία, για την επιβίωση και εν τέλει για την ζωή του ανθρώπου.

3) Κοινωνική Βιωσιμότητα

Σε κάθε ανθρωπογενές σύστημα πρέπει πέραν της οικονομικής και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας να επιτυγχάνεται και κοινωνική βιωσιμότητα. Αυτή περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την ισότητα μεταξύ των πολιτών, την ισονομία και την πρόσβαση όλων στην υγεία και την παιδεία.

Υπάρχουν επίσης 2 «κατηγορίες» βιωσιμότητας ως προς τον βαθμό που επιτρέπεται η υποκατάσταση του φυσικού κεφαλαίου από το ανθρωπογενές κεφάλαιο:

1) Ασθενής Βιωσιμότητα

Κατά την ασθενή βιωσιμότητα, επιτρέπεται σε μεγάλο βαθμό η υποκατάσταση του φυσικού από το ανθρωπογενές κεφάλαιο αρκεί να διατηρείται το συνολικό

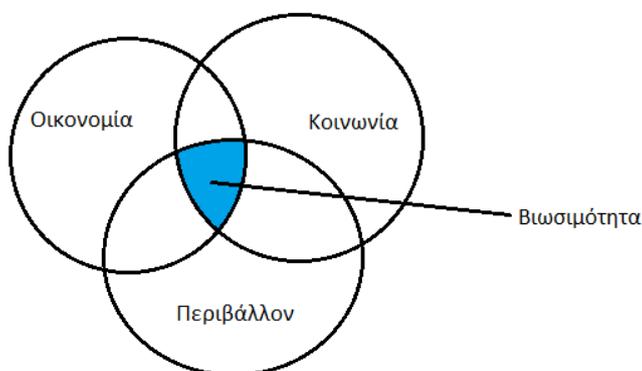
απόθεμα κεφαλαίου ακέραιο, αν όχι περισσότερο, για τις μελλοντικές γενιές. Σε απλά λόγια κατά την ασθενή βιωσιμότητα ο στόχος είναι να διατηρείται ο πλούτος (είτε αυτός είναι οικονομικός, είτε τεχνολογικός αλλά κατά κύριο λόγο ανθρωπογενής) σταθερός ή να αυξάνεται χωρίς ωστόσο για το περιβάλλον να προβλεφθεί κάποια ειδική μεταχείριση. Το περιβάλλον είναι απλά ένα ακόμα είδος κεφαλαίου που είναι προς εκμετάλλευση.

Για να γίνει ακόμα πιο σαφές αυτό, ένα παράδειγμα είναι η χρήση των ορυκτών καυσίμων σαν πηγή ενέργειας. Τα ορυκτά παρέχουν πολύ μεγάλη θερμογόνο δύναμη και ως εκ τούτου μεγάλα ποσά ενέργειας. Η χρήση τους όμως πέραν ότι τους εξαντλεί, μολύνει και το περιβάλλον. Η μόλυνση αυτή έχει να κάνει τόσο με την εξόρυξη τους όσο και με την επεξεργασία και την καύση τους. Έτσι λοιπόν δεχόμαστε το «αναγκαίο κακό» της χρήσης τους ώστε να καλύψουμε τις ολοένα και αυξανόμενες ανάγκες μας σε ενέργεια. Το φυσικό κεφάλαιο υποκαθίσταται σε αυτή την περίπτωση από το ανθρωπογενές.

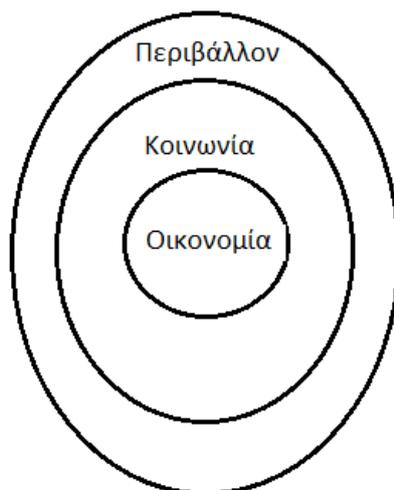
2) Ισχυρή Βιωσιμότητα

Κατά την ισχυρή βιωσιμότητα δεν επιτρέπεται η υποκατάσταση του φυσικού κεφαλαίου από το ανθρωπογενές. Αυτό συμβαίνει διότι θεωρούμε ότι υπάρχουν μερικές λειτουργίες των οικοσυστημάτων που έχουν καθοριστικό ρόλο στην υποστήριξη της ζωής στον πλανήτη οι οποίες δεν γίνεται να υποκατασταθούν από οποιασδήποτε μορφής κεφάλαιο.

Δύο κλασσικά σχήματα που έχουν επικρατήσει για να περιγράψουν την έννοια της ασθενούς και της ισχυρής βιωσιμότητας φαίνονται στις εικόνες 1 και 2 αντίστοιχα:



Εικόνα 1: Ασθενής Βιωσιμότητα



Εικόνα 2: Ισχυρή Βιωσιμότητα

2.3. Η έννοια της Κυκλικής Οικονομίας

Η Κυκλική Οικονομία σαν έννοια ξεκίνησε να υφίσταται περίπου από το 1970 όπου γενικότερα άρχισε και ο έντονος περιβαλλοντικός προβληματισμός. Έχει ως βασικό άξονα την επαναχρησιμοποίηση των διαφόρων υλών. Έτσι κάτι που έχει ολοκληρώσει τον αρχικό του σκοπό πλέον δεν απορρίπτεται αλλά εισέρχεται ξανά στην οικονομία είτε για να εξυπηρετήσει τον αρχικό του σκοπό είτε διαφορετικό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου ζωής του προϊόντος και ως συνέπεια την μείωση του ρυθμού με τον οποίο χάνει την αξία του αλλά και ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων που παράγονται. (Κουτσομήτρος, 2021)

Η επικρατούσα οικονομία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί πολύ περισσότερο ως γραμμική παρά ως κυκλική. Γραμμική οικονομία πρακτικά σημαίνει ότι τα προϊόντα ακολουθούν την εξής πορεία:

Παραγωγή -> Χρήση -> Απόρριψη

Ο λόγος που η γραμμική οικονομία θεωρείται μη βιώσιμη είναι ότι αφενός η παραγωγή απαιτεί συνέχεια νέες πρώτες ύλες (εξάντληση του φυσικού κεφαλαίου) και αφετέρου γιατί παράγεται μεγάλη ποσότητα απορριμμάτων η οποία ολοένα και αυξάνεται.

Στην Ευρώπη η Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 2019 όρισε ένα σύνολο πρωτοβουλιών για την αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης, την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία. Ο βασικός στόχος της ΕΠΣ είναι να κάνει την Ευρώπη κλιματικά ουδέτερη μέχρι το 2050. Μία πολύ σημαντική αναφορά στην ΕΠΣ είναι η μετατροπή της γραμμικής οικονομίας σε κυκλική. Αυτό θα γίνει με μία σειρά από μέτρα, μεταξύ άλλων:

- Χρήση ανακυκλούμενων συσκευασιών
- Χρήση λιπασματοποιήσιμων πλαστικών υλών
- Εξασφάλιση της κυκλικότητας των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ξεχωριστή διαλογή για τα κλωστοϋφαντουργικά απόβλητα
- Χρήση ανακυκλούμενων δομικών υλικών
- Επαναχρησιμοποίηση των υδάτων

Ειδικότερα ως προς τη χρήση του νερού, το πρόβλημα της έλλειψης νερού αποτελεί ένα πρόβλημα προς επίλυση για την κυκλική οικονομία. Ως εκ τούτου η κυκλική οικονομία συνδέεται με την αστική γεωργία αρκετά στενά. Μέθοδοι όπως ανάκτηση υδάτων από λύματα ή η χρήση βρόχινου νερού για άρδευση είναι μέθοδοι που είναι εμπνευσμένες από την κυκλική οικονομία.

2.4. Αστική Γεωργία (Urban Farming)

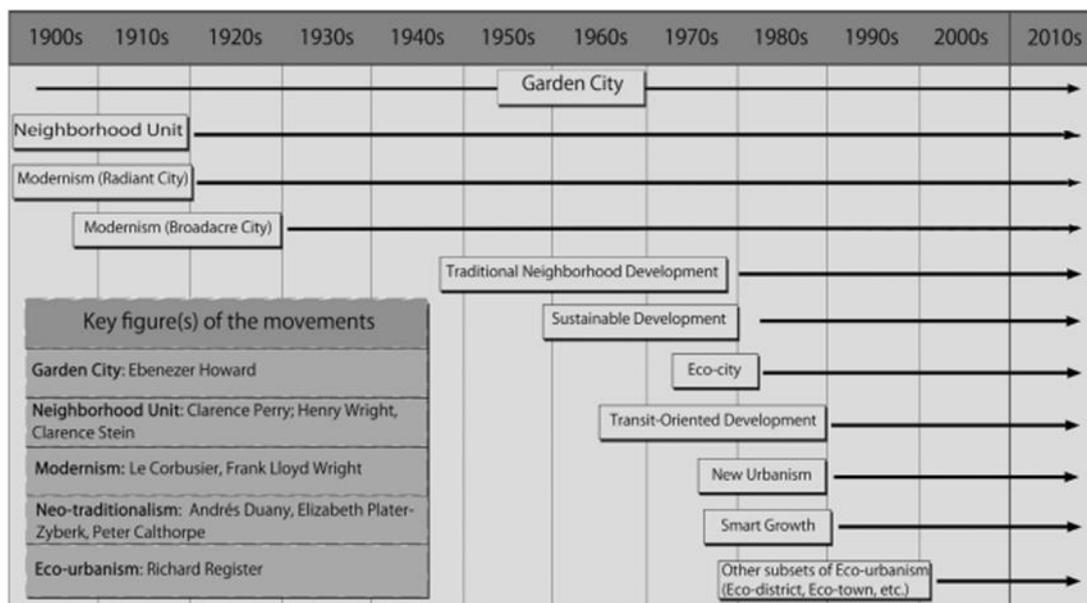
2.4.1. Η έννοια της αστικής γεωργίας

Κατά Mougeot (2000), η αστική γεωργία είναι ο κλάδος της γεωργίας που δραστηριοποιείται εντός των αστικών ή/και των περιαστικών περιοχών μίας πόλης, με στόχο την παραγωγή τροφίμων αλλά και μη διατροφικών ειδών (επανα)χρησιμοποιώντας ανθρώπινα και υλικά αγαθά και υπηρεσίες εντός της περιοχής. Σε επιστροφή, η αστική γεωργία παρέχει αγαθά και υπηρεσίες στην εν λόγω περιοχή.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον στον ορισμό έχει η χρήση της λέξης “(επανα)χρησιμοποίηση”. Ο Mougeot δεν παρέλειψε το κομμάτι της επαναχρησιμοποίησης των πρώτων υλών δίνοντας στην έννοια της αστικής γεωργίας την διάσταση της κυκλικότητας και της αειφορίας. Θα παρατηρήσουμε ότι οι σύγχρονες πρακτικές και κινήματα υπέρ της αστικής γεωργίας έχουν ως κέντρο την βιώσιμη ανάπτυξη.

2.4.2. Η αστική γεωργία στο παρελθόν

Η αστική γεωργία δεν εισήλθε πρόσφατα στο προσκήνιο. Ο 20^{ος} αιώνας πέραν των κοσμοϊστορικών γεγονότων του υπήρξε και η απαρχή της ανησυχίας των ανθρώπων σχετικά με την αποξένωση τους από τη φύση. Έτσι δημιουργήθηκαν διάφορα κινήματα που ως σκοπό είχαν την συμπερίληψη της φύσης και της γεωργίας στα σχέδια των πόλεων, άλλα σε μικρότερο (π.χ. μοντερνισμός) και άλλα σε μεγαλύτερο βαθμό (π.χ. “Κηπούπολη”), αλλά και την συνολική βελτίωση της λειτουργικότητας των πόλεων. Παρακάτω παρουσιάζονται τα κινήματα του 20^{ου} αιώνα:



Εικόνα 3: Τα κινήματα του 20^{ου} αιώνα. (Sharifi 2016)

Τα 4 μεγαλύτερα είναι: το κίνημα της “Κηπούπολης” (Garden City), ο μοντερνισμός (modernism), ο νέος ουρμπανισμός (new urbanism) και ο οικολογικός ουρμπανισμός (eco-urbanism).

1) Κίνημα Garden City

Μία πρώτη αναφορά γίνεται στο έργο του πολεοδόμου Ebenezer Howard “Garden Cities of Tomorrow” στις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Η φιλοδοξία του Howard, υπό το φως της έντονης αστικοποίησης που ακολουθούσε την 3^η Βιομηχανική Επανάσταση, ήταν να συνδυάσει τα θετικά της ζωής στην επαρχία και της ζωής στην πόλη (Sharifi 2016). Το σχέδιο της «κηπούπολης» που οραματίστηκε είχε μία κεντρική πόλη, την μητρόπολη, που είχε και τους περισσότερους κατοίκους, και γύρω από αυτή θα αναπτυσσόταν μικρότερες πόλεις-δορυφόροι. Στο κέντρο της κάθε πόλης υπήρχε πράσινο αλλά και γύρω από αυτές. Η κάθε πόλη συνδέεται με την μητρόπολη με σιδηρόδρομο. Τέλος, οι κάτοικοι θα ζούσαν σε μονοκατοικίες που θα βρισκόταν σε σχετικά μεγάλα οικοπέδα τα οποία θα αρκούσαν για να τροφοδοτήσουν μία οικογένεια 5 ατόμων (Χαραλάμπους 2017). Έτσι παρατηρείται ότι η πυκνότητα του πληθυσμού γενικά θα ήταν σχετικά χαμηλή. Η ιδέα της “Κηπούπολης” του Howard (Ebenezer Howard, Tomorrow: A Peaceful Path to Real Reform) φαίνεται στην Εικόνα 4 που ακολουθεί.

παραδοσιακού κινήματος ήταν να επανέλθει η παραδοσιακή Αμερικανική γειτονιά στον πολεοδομικό σχεδιασμό. Τα κύρια χαρακτηριστικά των νέο-παραδοσιακών κινήματων ήταν (Sharifi 2016) :

- Μικτές χρήσεις κτιρίων. (π.χ. κτίρια με κατοικίες, γραφεία κλπ.)
- Μικτά είδη κατοικιών. (π.χ. πολυώροφα κτίρια κατοικιών, μονοκατοικίες κλπ.)
- Μικρές αποστάσεις μεταξύ δουλειάς και οικίας.
- Δημόσια Συγκοινωνία.
- Ελαχιστοποίηση της ανάγκης αυτοκίνησης.
- Ανθρώπινης κλίμακας καλαίσθητο αστικό τοπίο και δρόμους περιστοιχισμένους με δέντρα.
- Περιβάλλον προσβάσιμο στους πεζούς.
- Αναγνωρίσιμα αστικά/πολιτικά κέντρα.
- Ευδιάκριτος αρχιτεκτονικός χαρακτήρας.
- Μέτρια προς υψηλή πυκνότητα πληθυσμού.

4) Το κίνημα του οικολογικού ουρμπανισμού (Eco-Urbanism)

Το παραπάνω πρόβλημα, δηλαδή απουσία περιβαλλοντικής συνείδησης και έλλειψη βιωσιμότητας, προσπαθεί να το αντιμετωπίσει ο οικολογικός ουρμπανισμός.

Αν και επίσημα με αυτό το όνομα εμφανίστηκε στην αρχή του 21^{ου} αιώνα ήδη από το 1975 υπήρχε η ιδέα της οικολογικής πόλης. Η ιδέα της οικολογικής πόλης εισήχθη από ένα μη κερδοσκοπικό οργανισμό με το όνομα Αστική Οικολογία (Urban Ecology) που ιδρύθηκε από τον φιλόσοφο Richard Register. (Tsolakis and Anthopoulos, 2015)

Η ολοένα αυξανόμενη αστικοποίηση δημιουργεί πίεση στις πόλεις όσον αφορά την επάρκεια ενέργειας και προμηθειών. Αποτελεί λοιπόν ανάγκη για τις πόλεις να αποκτήσουν ολοκληρωμένα συστήματα παραγωγής «καθαρής» ενέργειας, διαχείρισης απορριμμάτων, επεξεργασίας νερού και γενικότερα να αποκτήσει όλα αυτά που θα τις καθιστούν βιώσιμες, με μειωμένες εκπομπές και ρύπους. (Tsolakis and Anthopoulos, 2015)

Μοντέλα που ανήκουν στο κίνημα του οικολογικού ουρμπανισμού έχουν εφαρμοστεί σε χώρες όπως η Κίνα, η Γερμανία, οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Σουηδία και πολλές άλλες ανά τον κόσμο. Κάτι που διαφοροποιεί το συγκεκριμένο κίνημα σε σχέση με τα προηγούμενα είναι το ότι διαθέτει μεθόδους εκτίμησης και αποτίμησης των επιδόσεων των διάφορων εφαρμογών του (Sharifi, 2016). Έτσι γίνεται πιο εύκολος ο χαρακτηρισμός ως «επιτυχημένης» ή «αποτυχημένης» εφαρμογής.

Κάπου εδώ τελειώνει το κομμάτι των κινήματων που επηρέασαν τα διάφορα πολεοδομικά σχέδια τον 20^ο αιώνα. Άλλα κινήματα ενίσχυσαν την ιδέα της γεωργίας στην πόλη και άλλα το μείωσαν. Αν και όλα συμφωνούν στην ενίσχυση του πρασίνου στην πόλη είτε για αισθητικούς λόγους είτε για την παραγωγή τροφίμων, στην πράξη αποδείχτηκε αρκετά δύσκολο να εφαρμοστούν σε μεγάλη κλίμακα.

2.4.3. Η αστική γεωργία σήμερα

Από τις 23 Μαΐου του 2007, για πρώτη φορά στην ανθρώπινη ιστορία, περισσότερο από το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει στις πόλεις (Orsini et al., 2013). Η αστικοποίηση φέρνει και αθέμιτες συνέπειες όπως την μείωση γόνιμης γης και την αποψίλωση των δασών, μόλυνση νερού και ατμόσφαιρας, μείωση της αποστράγγισης του βρόχινου νερού και δημιουργία περι-αστικών περιοχών όπου επικρατεί φτώχεια (Orsini et al., 2013). Μέχρι και πριν από 50 χρόνια η φτώχεια εμφανιζόταν κατά κύριο λόγο στις αγροτικές περιοχές και οι πόλεις θεωρούταν μέρη με πολλές ευκαιρίες για εργασία και ανάπτυξη για τα άτομα. Ωστόσο την τελευταία 20ετία παρατηρούμε έντονη αύξηση της αστικής φτώχειας. Οι άνθρωποι που ζουν στις φτωχές περιοχές των πόλεων (slums) έχουν μεγαλύτερη εργασιακή και τροφική ανασφάλεια και είναι αρκετά πιο εκτεθειμένοι στην εγκληματικότητα. Ενώ υπάρχει επάρκεια τροφίμων στην αγορά, οι τιμές είναι αρκετά ακριβές για τα άτομα που ζουν κάτω από το όριο της φτώχειας και επηρεάζονται ακόμα παραπάνω από φαινόμενα της οικονομίας όπως οι αύξηση των τιμών και ο πληθωρισμός (Orsini et al., 2013). Τα παραπάνω φαινόμενα είναι αρκετά εντονότερα στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Είναι σαφές λοιπόν ότι απαιτείται ολοένα και μεγαλύτερος όγκος τροφίμων στην πόλη. Η αστική γεωργία αποτελεί ευκαιρία για τις πόλεις των αναπτυσσόμενων κρατών να παράξουν τρόφιμα ώστε να καλύψουν τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες τους. Όμως και για τις ανεπτυγμένες χώρες η αστική γεωργία είναι μία ευκαιρία για πιο «πράσινες», βιώσιμες και αυτάρκειες πόλεις. Επιπλέον, στις ανεπτυγμένες χώρες η αστική γεωργία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για λόγους εκπαίδευσης και αναψυχής (Eigenbrod και Gruda, 2015). Γενικά τόσο για τις αναπτυσσόμενες όσο και για τις ανεπτυγμένες χώρες τα οφέλη της αστικής γεωργίας είναι πολλά όπως (Orsini et al., 2013):

- Βελτίωση της αλυσίδας ανεφοδιασμού τροφίμων των πόλεων
- Βελτίωση των συνθηκών υγείας
- Βελτίωση της τοπικής οικονομίας
- Βελτίωση της κοινωνικής ενσωμάτωσης
- Βελτίωση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας

Ειδικότερα στο κομμάτι της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας πέραν του καθαρισμού της ατμόσφαιρας από την ύπαρξη του πρασίνου, πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι από την στιγμή που η παραγωγή θα είναι πρακτικά μέσα στην πόλη τότε οι εκπομπές ρύπων για την μεταφορά, την συσκευασία και την φύλαξη των προϊόντων μειώνονται. Επιπλέον υπάρχουν συστήματα ανακύκλωσης των αποβλήτων (π.χ. κομπόστ) που μπορούν να μειώσουν την χρήση λιπασμάτων (Orsini et al., 2013).

Κάτι το οποίο θα αναλυθεί εκτενώς στην συνέχεια είναι η χρήση του νερού για την άρδευση των αστικών κήπων. Για να επιτευχθεί επαρκής και ικανοποιητική σοδειά πρέπει πρώτα να έχει εξασφαλιστεί επαρκής άρδευση. Υπάρχουν οι εξής πηγές νερού για άρδευση (Eigenbrod και Gruda, 2015):

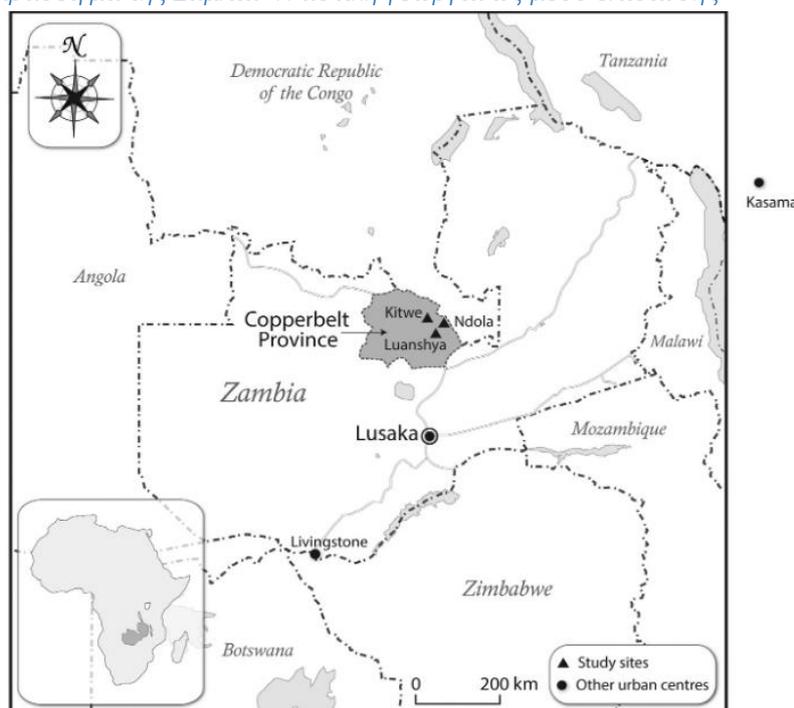
- Νερό του δικτύου
- Βροχόπτωση
- Συλλεγμένο και αποθηκευμένο βρόχινο νερό
- Νερό λυμάτων

Το νερό των λυμάτων συγκεκριμένα είναι μία συχνή πηγή για άρδευση στην Αφρική. Ωστόσο είναι αρκετά επικίνδυνη η χρήση του εάν δεν είναι επεξεργασμένο ή είναι ελλιπώς επεξεργασμένο, καθώς είναι πιθανό να δημιουργήσει μολυσμένα τρόφιμα που με τη σειρά τους φέρνουν αρρώστιες (Eigenbrod και Gruda, 2015).

2.4.4 Παραδείγματα-Εφαρμογές της Αστικής Γεωργίας

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται 3 παραδείγματα αστικής γεωργίας ανά τον κόσμο. Το ένα είναι στη Ζάμπια, μία αναπτυσσόμενη χώρα, ενώ τα άλλα δύο σε Ισπανία και Ιταλία, δύο αναπτυγμένες χώρες. Η επιλογή των συγκεκριμένων παραδειγμάτων είναι για να τονιστεί η διαφορά της αστικής γεωργίας σε αναπτυγμένες και σε αναπτυσσόμενες χώρες.

2.4.4.1. Το Παράδειγμα της Ζάμπια- Η αστική γεωργία ως μέσο επιβίωσης



Εικόνα 5: Η Ζάμπια. Με γκρι είναι η περιοχή μελέτης. (Smart et al., 2015)

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η αστική γεωργία στον αναπτυσσόμενο κόσμο είναι συχνά πολύ σημαντική μέθοδος για να επιτευχθεί επισιτιστική ασφάλεια (Mougeot 2005).

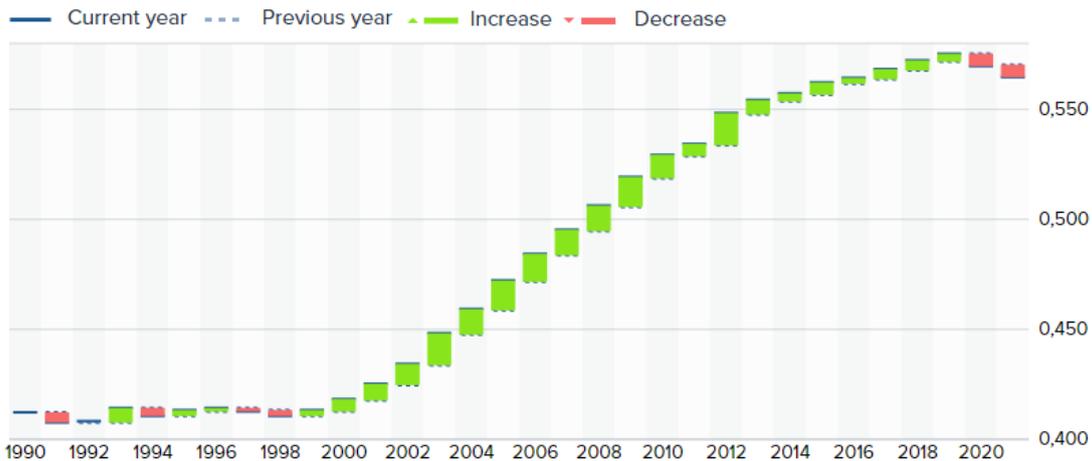
Κατά τη διάρκεια του 1970, η Ζάμπια αντιμετώπισε σοβαρή οικονομική κρίση που προκάλεσε την άμεση παραγωγή τροφίμων στις κατοικίες. Μέχρι το 1994 γύρω στο 80% των οικογενειών στις κοινότητες με χαμηλά εισοδήματα κατέφυγε σε κάποια μορφή αστική καλλιέργεια.

Για να γίνει κατανοητό το πλαίσιο της αστικής γεωργίας στη Ζάμπια και γιατί αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο της χώρας ενάντια στην πείνα πρέπει να μελετηθούν κάποια οικονομικά-ιστορικά στοιχεία της χώρας. Δεδομένου ότι κάποια από τα στοιχεία αναφέρονται σε έρευνα του 2015 ενδεχομένως να έχουν αλλάξει. Ειδικότερα έχουν συλλεχθεί τα εξής δεδομένα (Smart et al., 2015)(UNDP 2021)

1) Η Ζάμπια είναι κυρίως γνωστή για τα πλούσια αποθέματα μετάλλων που έχει και ειδικότερα του χαλκού.

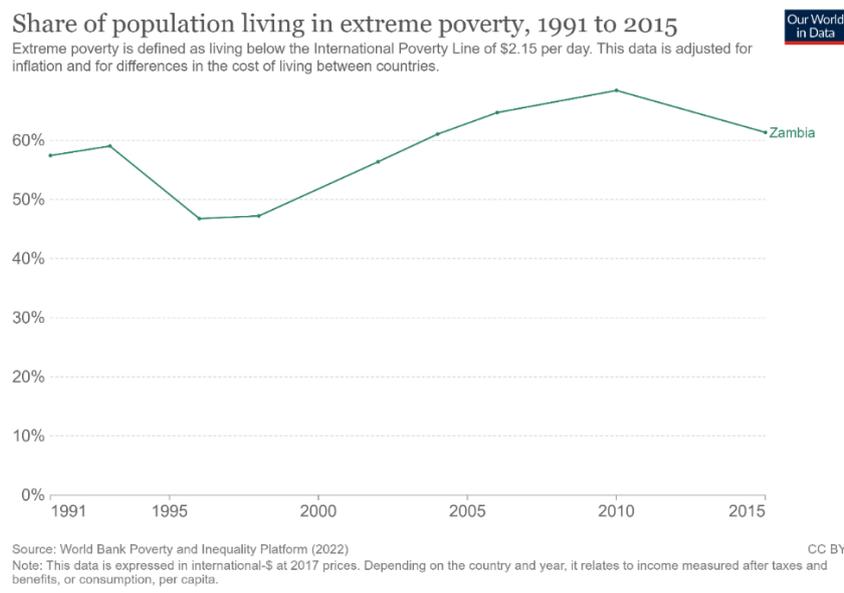
2) Το 2021 η χώρα παρουσιάζει δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης (Human Development Index-HDI) 0.565 και βρίσκεται στη θέση 154 από τις 191 χώρες. Για σύγκριση, τον μεγαλύτερο HDI έχει η Ελβετία με τιμή 0.962 και είναι πρώτη στην κατάταξη ενώ η Ελλάδα έχει HDI 0.887 και βρίσκεται στην 33 θέση. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ένα γράφημα της πορείας του HDI στη Ζάμπια από το 1990 και μετά (UNDP 2021):

Trends in Zambia's HDI 1990 – 2021



Σχήμα 1: HDI στη Ζάμπια μετά το 1990 (Πηγή: UNDP, 2021)

3) Η πορεία του ποσοστού του πληθυσμού που βρίσκεται κάτω από το όριο της φτώχειας από το 1991 μέχρι το 2015 φαίνεται παρακάτω (Our World in Data, 2023):



Σχήμα 2: Πορεία της φτώχειας στη Ζάμπια στο διάστημα 1991-2015 (Πηγή: Our World in data, 2023)

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι ο δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης δεν σχετίζεται πάντα με τη φτώχεια. Όπως παρατηρείται στο διάστημα 1990-2015 ενώ υπάρχει γενικά άνοδος του δείκτη HDI, αυτό δεν φαίνεται και στο επίπεδο φτώχειας το οποίο φαίνεται σχετικά σταθερό, αν και με διακυμάνσεις, σε αυτά τα 25 χρόνια.

Στη Ζάμπια ένα πολύ σημαντικό κέντρο οικονομικό και βιομηχανικό είναι η επαρχία Copperbelt με πρωτεύουσα την Ντόλα (Ndola). Εκεί βρίσκονται οι σημαντικότερες ποσότητες χαλκού της χώρας. Άλλες δύο μεγάλες σχετικά πόλεις αυτής της επαρχίας είναι το Κίτουε (Kitwe) και η Λουάνσιγια (Luanshya). Και οι 3 πόλεις αυτές χτυπήθηκαν κατά το 1990 από ένα κύμα απολύσεων που ήρθε από την ιδιωτικοποίηση των εργοστασίων χαλκού και γενικά τα εργοστάσια παραγωγής της συγκεκριμένης επαρχίας (Smart κ.ά. 2015). Οι κάτοικοι λοιπόν των συγκεκριμένων πόλεων στράφηκαν προς την αστική γεωργία. Έπειτα από έρευνα που διεξήχθη στη περιοχή προέκυψαν οι παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 1 : Νοικοκυριά που εφαρμόζουν αστική γεωργία. (Smart et al., 2015)

Νοικοκυριά που εφαρμόζουν αστική γεωργία				
Πόλη	Αριθμός νοικοκυριών που εφαρμόζουν αστική γεωργία	Αριθμός νοικοκυριών που δεν εφαρμόζουν αστική γεωργία	Συνολικός αριθμός νοικοκυριών στα οποία έγινε έρευνα	Ποσοστό (%) που εφαρμόζει αστική γεωργία
Λουάνσιγια	187	15	202	93
Κίτουε	196	41	237	83
Ντόλα	188	52	240	78
Σύνολο	571	108	679	84

Πίνακας 2: Δεκαετία κατά την οποία οι κάτοικοι του δείγματος άρχισαν πρώτα να φτιάχνουν αστικές καλλιέργειες στους κήπους τους. (Smart et al., 2015)

	Δεκαετία κατά την οποία ξεκίνησε να εφαρμόζεται αστική γεωργία από τους ερωτηθέντες					
	Λουάνσιγια(%)	Κίτουε(%)	Ντόλα(%)	Χαμηλή πυκνότητα(%)	Υψηλή πυκνότητα(%)	Σύνολο(%)
2000	38	77	83	71	54	65
1990	35	19	17	21	28	24
1980	18	3	0	6	10	7
1970	8	0	0	1	6	3

Πίνακας 3: Μέση καλλιεργούμενη επιφάνεια σε εκτάρια στους κήπους των κατοικιών αλλά και εκτός των οικοπέδων. (Smart et al., 2015)

	Μέση καλλιεργούμενη επιφάνεια σε εκτάρια					
	Λουάνσιγια	Κίτουε	Ντόλα	Χαμηλή πυκνότητα	Υψηλή πυκνότητα	Σύνολο
Κήποι στις αυλές	0.16	0.01	0.02	0.15	0.01	0.09
Εκτός σχεδίου αστική γεωργία	4.8	4.6	1.1	7.9	1.7	3.8

Πίνακας 4: Ποσοστά της ετήσιας παροχής τροφίμων μέσω αστικής γεωργίας. (Smart et al., 2015)

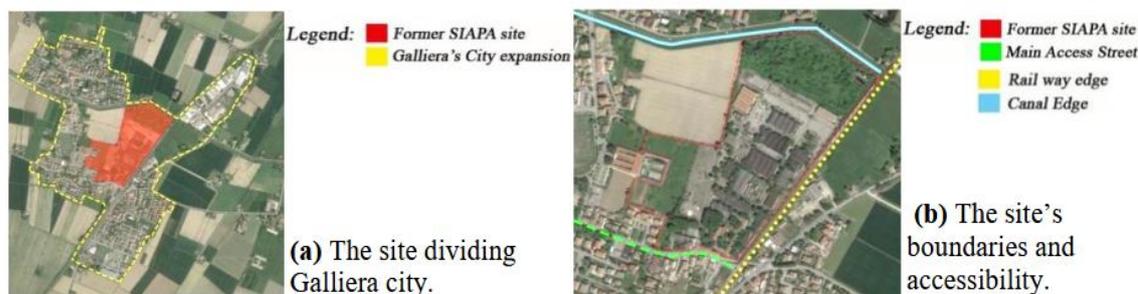
Ποσοστό ετήσιας παροχής τροφίμων μέσω αστικής γεωργίας						
Τύπος τροφίμων	Λουάνσιγια (%)	Κίτουε (%)	Ντόλα (%)	Χαμηλή πυκνότητα (%)	Υψηλή πυκνότητα (%)	Σύνολο(%)
Καλαμπόκι	61	42	31	45	44	45
Λαχανικά	49	42	56	56	42	49
Σιτηρά	4	6	1	4	4	4
Φρούτα	13	1	1	9	2	5
Ζωικά Προϊόντα	6	4	3	5	3	4
Βότανα και φαρμακευτικά φυτά	4	0	0	3	0	1

Σχολιασμός των αποτελεσμάτων:

- Από τον πίνακα 1 προκύπτει ότι τα ποσοστά συμμετοχής στην αστική γεωργία είναι αρκετά υψηλά. Στην Λουάνσιγια είναι 93%, στο Κίτουε 83% και στη Ντόλα είναι 78%. Αυτά τα ποσοστά αν και ενδεικτικά, είναι τα υψηλότερα στην Αφρική (Smart et al., 2015). Όπως φαίνεται η τεράστια οικονομική πίεση που δέχτηκαν αυτές οι πόλεις ώθησαν τους κατοίκους σε εναλλακτικούς τρόπους να αποκτήσουν την τροφή τους.
- Από τον πίνακα 2 παρατηρείται ότι οι οικονομικές διαταραχές στην επαρχία Copperbelt σχετίζονται αρκετά με την έναρξη της αστικής γεωργίας. Στην πόλη Λουάνσιγια συγκεκριμένα φαίνεται μία δυναμική έναρξη της αστικής γεωργίας στο 1980 (ποσοστό περίπου 20% των ερωτηθέντων νοικοκυριών της πόλης) , το οποίο συμβαίνει και γιατί γενικά η Λουάνσιγια είναι πιο αδύναμη οικονομικά από το Κίτουε και την Ντόλα. (Smart et al., 2015)
Ωστόσο καθώς η ύφεση προχώρησε ανάγκασε και τους κατοίκους στις πιο «ισχυρές» πόλεις να προχωρήσουν στην αυτοσυντήρησή τους.
- Στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται αρχικά το είδος των καλλιεργειών. Σε μεγαλύτερο ποσοστό ετησίως παράγονται λαχανικά και καλαμπόκι. Είναι εντυπωσιακό το γεγονός ότι περίπου το 50% της παροχής λαχανικών και καλαμποκιού σε αυτά τα νοικοκυριά προέρχεται από την αστική γεωργία.
- Γενικά πληροφορίες για το τρόπο που γίνεται η αστική καλλιέργεια δεν αναφέρονται στην έρευνα. Πιθανόν είναι με τα κλασικά συστήματα γεωργίας που είναι γνωστά ειδικότερα από τη στιγμή που έγινε «ξαφνικά» αυτή η στροφή προς τη γεωργία. Εξάλλου, όπως ειπώθηκε και παραπάνω, για τις αναπτυσσόμενες χώρες η αστική γεωργία αποτελεί μέσο επιβίωσης.
- Τέλος, όπως αναφέρουν και οι Smart et al. το αν η αστική γεωργία αποτελεί τρόπο για την αποτροπή της φτώχειας είναι ένα άλυτο θέμα μέχρι στιγμής. Ωστόσο είναι αδιαμφισβήτητο ότι τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δείχνουν ότι ήταν μονόδρομος για τους κατοίκους της επαρχίας Copperbelt. Ακόμα και αν η έρευνα αναφέρεται σε μόλις 679 νοικοκυριά το γεγονός ότι επιτυγχάνονται τέτοια ποσοστά επάρκειας σε τρόφιμα σημαίνει ότι η αστική γεωργία είναι μία μέθοδος που πρέπει να ενισχυθεί περαιτέρω στο μέλλον.

2.4.4.2. Το παράδειγμα της Ιταλίας- Η Αστική Γεωργία ως βιώσιμη λύση για την ανάπτυξη εγκαταλελειμμένων αστικών περιοχών

Αυτό το παράδειγμα βρίσκεται στην Μπολόνια της Ιταλίας και συγκεκριμένα στο δήμο Γκαλλιέρα. Στο κέντρο αυτού του μικρού δήμου βρίσκεται ένα εγκαταλελειμμένο εργοστάσιο με το ακρωνύμιο SIAPA (Società Italo Americana Prodotti Antiparassitari). Το εργοστάσιο στο παρελθόν παρήγαγε φυτοφάρμακα από το τέλος της δεκαετίας του 1940 μέχρι και το 1999 που έκλεισε. Η έλλειψη συντήρησης έκτοτε οδήγησε στην στατική και λειτουργική του επιδείνωση. Η έκταση του εργοστασίου είναι 194000 m². Παρακάτω φαίνεται η θέση του σε σχέση με την πόλη:



Σχήμα 3: Τα όρια του εργοστασίου σε σχέση με τη πόλη (Elbardisy et al., 2021)

Ο σκοπός του project των Elbardisy et al. είναι να αναπλάσουν το εγκαταλελειμμένο εργοστάσιο με όσο το δυνατόν πιο βιώσιμο τρόπο.

Ενδεικτικά η ανάπλαση που προτείνουν περιλαμβάνει 3 μεγάλες ενότητες:

- 1) Την ανάπλαση των αχρησιμοποίητων χώρων.
- 2) Την δημιουργία νέων κτιρίων.
- 3) Την περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Παρακάτω λίγα λόγια για την κάθε μία:

1) Ανάπλαση των αχρησιμοποίητων χώρων

Οι αχρησιμοποίητοι χώροι θα αποτελούνται από 4 ζώνες.

α) «Περιβαλλοντικός» Δρόμος (Environmental Street)

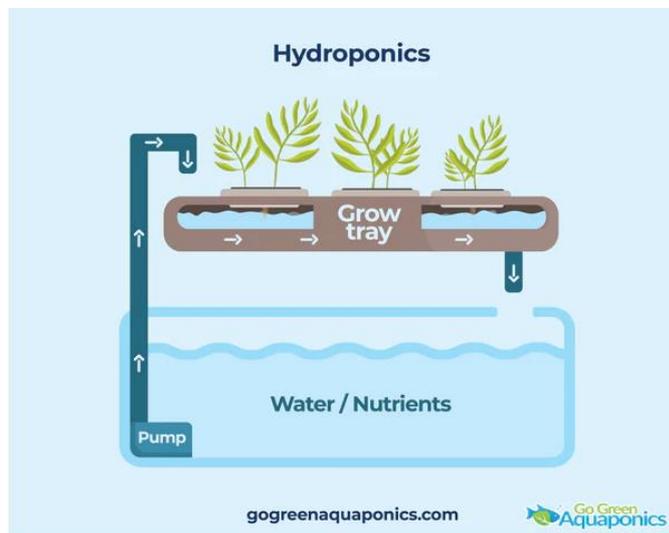
Θα είναι η ραχοκοκαλιά του έργου αφού θα ενώνει τις δύο πλευρές της πόλης. Οι κάτοικοι θα μπορούν να κάνουν ποδήλατο σε αυτόν, να τρέξουν ή να απολαύσουν τους ανοιχτούς χώρους και τις φάρμες.

β) Κοινοτικός Κήπος (Community Garden)

Ένας αχρησιμοποίητος χώρος του εργοστασίου που θα μετατραπεί σε κήπο. Η μέθοδος που θα ακολουθηθεί είναι η υδροπονική (hydroponics).

Υδροπονική είναι μία μέθοδος καλλιέργειας που δεν απαιτεί χώμα για να μεγαλώσουν τα φυτά. Στην ουσία οι ρίζες των φυτών είναι ελεύθερες στο νερό το οποίο εμπλουτίζονται με τα κατάλληλα ιχνοστοιχεία. Με την υδροπονική επιτυγχάνεται εξοικονόμηση νερού, παραγωγή τροφίμων σε περιοχές που δεν θα ήταν δυνατόν αλλιώς είτε λόγω εδάφους είτε λόγω κλίματος και η ανάπτυξη των φυτών είναι ταχύτερη αφού τα θρεπτικά συστατικά είναι άμεσα διαθέσιμα ανά πάσα στιγμή. Ωστόσο οι εγκαταστάσεις υδροπονικής απαιτούν αντλίες το οποίο σημαίνει ότι έχουν

μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ενέργεια σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους, τα φυτά είναι πιο ευαίσθητα σε ασθένειες και γενικά το κόστος εγκατάστασης είναι υψηλό σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους. Στην παρακάτω εικόνα γίνεται αναπαράσταση του συστήματος υδροπονικής (Πηγή: Aquaponics and Hydroponics: What's the Difference? gogreenaquaponics.com):

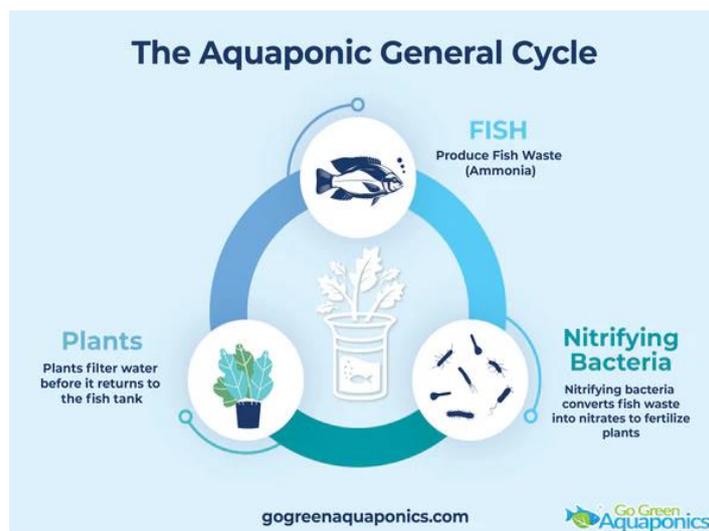


Εικόνα 6: Υδροπονική (Πηγή: gogreenaquaponics.com, 2023)

γ) Πλωτός Κήπος (Floating Garden)

Μία πράσινη περιοχή κοντά στο κανάλι που θα μετατραπεί σε έναν δημόσιο χώρο με κάμποσες μικρές λίμνες με ψάρια και φυτά. Τα φυτά θα καλλιεργηθούν με την μέθοδο της ενυδρειοπονικής (Aquaponics). Το φινίρισμα των μονοπατιών αλλά και των νερόλακκων θα γίνει με ανακυκλωμένο σκυρόδεμα από τα κατεδαφισμένα κτίρια.

Η ενυδρειοπονική είναι μία υποκατηγορία της υδροπονικής κατά την οποία τα θρεπτικά συστατικά για τα φυτά δεν τροφοδοτούνται από τον άνθρωπο αλλά από τα απόβλητα των ψαριών. Τα απόβλητα των ψαριών είναι πλούσια σε αμμωνία. Με την βοήθεια βακτηρίων η αμμωνία μετατρέπεται σε νιτρώδη και έπειτα σε νιτρικά τα οποία αποτελούν θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών. Έτσι το πλούσιο σε θρεπτικά νερό τροφοδοτείται στα φυτά και τα φυτά με τη βοήθεια των ριζών τους καθαρίζουν το νερό το οποίο διοχετεύεται πάλι στο ενυδρείο. Τόσο τα πλεονεκτήματα όσο και τα μειονεκτήματα της ενυδρειοπονικής είναι παρεμφερή με την υδροπονική. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα βέβαια της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι ο τρόπος τροφοδοσίας των φυτών με θρεπτικά είναι ως επί το πλείστον φυσικός. Παρακάτω παρατίθεται ένα σχεδιάγραμμα της ενυδρειοπονικής (Πηγή: Aquaponics and Hydroponics: What's the Difference? gogreenaquaponics.com):



Εικόνα 7: Ενυδριοπονική (Πηγή: gogreenaquaponics.com, 2023)

δ) Αγορά (Market Street)

Μικρές αποθήκες που βρίσκονται σε κακή κατάσταση θα γκρεμιστούν και θα αντικατασταθούν με μία αγορά όπου θα πουλάει τα λαχανικά που παράχθηκαν μέσω της αστικής γεωργίας.

2) Νέα Κτίρια

Πέραν των αναπλάσεων των υπάρχοντων χώρων θα χτιστούν και νέοι. Επειδή το πλαίσιο της εργασίας αυτής είναι η αστική γεωργία δεν θα γίνει ανάπτυξη σε αυτό το κομμάτι.

3) Επίτευξη της βιωσιμότητας της ανάπτυξης

Η βιωσιμότητα όπως αναφέρουν οι Elbardisy et al. επιτυγχάνεται σε πολλαπλά επίπεδα.

Ως προς την ελαχιστοποίηση της χρήσης νερού:

α) Χρήση συστήματος επεξεργασίας γκρίζου νερού για την ενυδριοπονία.

Η ενυδριοπονία από μόνη της είναι μία λύση που εξοικονομεί αρκετό νερό. Σύμφωνα με τους ερευνητές η επιλογή αυτού του συστήματος είναι αρκετά «ταιριαστή» με το σκοπό του έργου αφού είναι εφικτή η λειτουργία του με μικρή χρήση νερού και ενέργειας. Ειδικότερα με τη χρήση του γκρίζου νερού μειώνεται περαιτέρω η χρήση του καθαρού νερού αλλά υπάρχει και πρόσθετο κέρδος. Το επεξεργασμένο γκρίζο νερό έχει και αυτό θρεπτικά συστατικά για τα φυτά (Elbardisy et al., 2021). Εφαρμόζοντας αυτό το σύστημα, σύμφωνα με τους ερευνητές, θα ανακυκλώνονται 30000 λίτρα γκρίζου νερού για κάθε 1000 επισκέπτες καθημερινά.

β) Χρήση της υδροπονίας.

Η υδροπονία είναι μία μέθοδος που χρησιμοποιεί 97% λιγότερο νερό σε σχέση με έναν συμβατικό κήπο διότι το νερό ανακυκλοφορεί (Elbardisy et al., 2021). Τα περισσότερα λαχανικά που θα επιλεγθούν για τους αστικούς κήπους θα μπορούν να καλλιεργηθούν

όλο τον χρόνο και ενδεικτικά θα είναι μαρούλι, ντομάτες, σπανάκι, πιπεριές κ.α. Αυτά χρειάζονται περίπου 50-90 μέρες για την ωρίμανση τους.

Ως προς την κυκλική οικονομία:

Γενικά το όλο project των Elbardisy et al. βασίζεται στην έννοια της κυκλικής οικονομίας. Οι πόροι που εισέρχονται στο σύστημα (νερό, υλικά και απορρίμματα) μπαίνουν σε έναν κύκλο επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και επισκευής (Elbardisy et al., 2021). Έτσι από κάθε πόρο εξάγεται το μέγιστο όφελος.

Ένα παράδειγμα στο συγκεκριμένο project είναι η χρήση του γκρίζου νερού το οποίο αποτελεί το 40% της συνολικής χρήσης νερού της ενυδρειοπονίας ενώ το 60% των νέων κτιρίων θα αποτελείται από ανακυκλωμένα υλικά από την κατεδάφιση των παλιών κτιρίων (Elbardisy et al., 2021).

Σκέψεις στα πρώτα παραδείγματα

Μέχρι στιγμής παρουσιάστηκαν δύο εντελώς διαφορετικές προσεγγίσεις της αστικής γεωργίας. Στην περίπτωση της Ζάμπια η αστική γεωργία είχε την συμβατική μορφή γεωργίας με στόχο την επισιτιστική ασφάλεια των οικογενειών και προέκυψε σαν μία αυθόρμητη αντίδραση στην συνεχόμενη οικονομική ύφεση. Στην περίπτωση του παλιού εργοστασίου στην Ιταλία η αστική γεωργία εμφανίζεται με αρκετά προχωρημένες μεθόδους ως μία πολύ καλή εναλλακτική για την ανάπλαση ενός εγκαταλελειμμένου χώρου.

Είναι σίγουρα σημαντική η διαφορά των κινήτρων στις δύο περιπτώσεις. Η επιλογή τους έγινε ακριβώς για να τονιστεί αυτή η αντίθεση. Το ερώτημα αυτής της εργασίας αλλά και πολλών επιστημόνων με τις έρευνες τους είναι το κατά πόσο η αστική γεωργία μπορεί να καλύψει τις ολοένα και αυξανόμενες ανάγκες των πόλεων σε τρόφιμα αλλά και με ποιους τρόπους και σε ποιο βαθμό μπορούν να ανακουφιστούν οι πόλεις από το πρόσθετο φορτίο που θα αποτελούσαν οι κήποι μέσα στην πόλη από άποψη ζήτησης νερού και ενέργειας. Άλλα σημαντικά ερωτήματα είναι το κατά πόσο μπορεί να γίνει παραγωγή τροφίμων μέσω της αστικής γεωργίας σε αντίστοιχα επίπεδα με την επαρχία και το που θα γίνουν οι αστικές καλλιέργειες δεδομένου ότι ο χώρος για καλλιέργεια ολοένα και μειώνεται.

2.4.4.3. Αυξανόμενες ανάγκες σε μειούμενο χώρο- Το παράδειγμα της Ισπανίας

Οι τιμές της γης και των ακινήτων αυξάνονται. Αυτό ενδεχομένως να αποτελέσει πρόβλημα στην ανάπτυξη της αστικής γεωργίας. Ως αποτέλεσμα έχουν αρχίσει να αξιοποιούνται αχρησιμοποίητοι χώροι στην πόλη όπως οι οροφές κατοικιών και εμπορικών κτιρίων (Appolloni et al., 2021). Υπάρχουν 5 βασικά είδη project γεωργίας στις οροφές των κτιρίων με βάση τους στόχους τους (Appolloni et al., 2021):

- 1) Εμπορικά
- 2) Κοινωνικο-εκπαιδευτικά
- 3) Μορφής (Image)
- 4) Ερευνητικά
- 5) Ποιότητας διαβίωσης στη πόλη

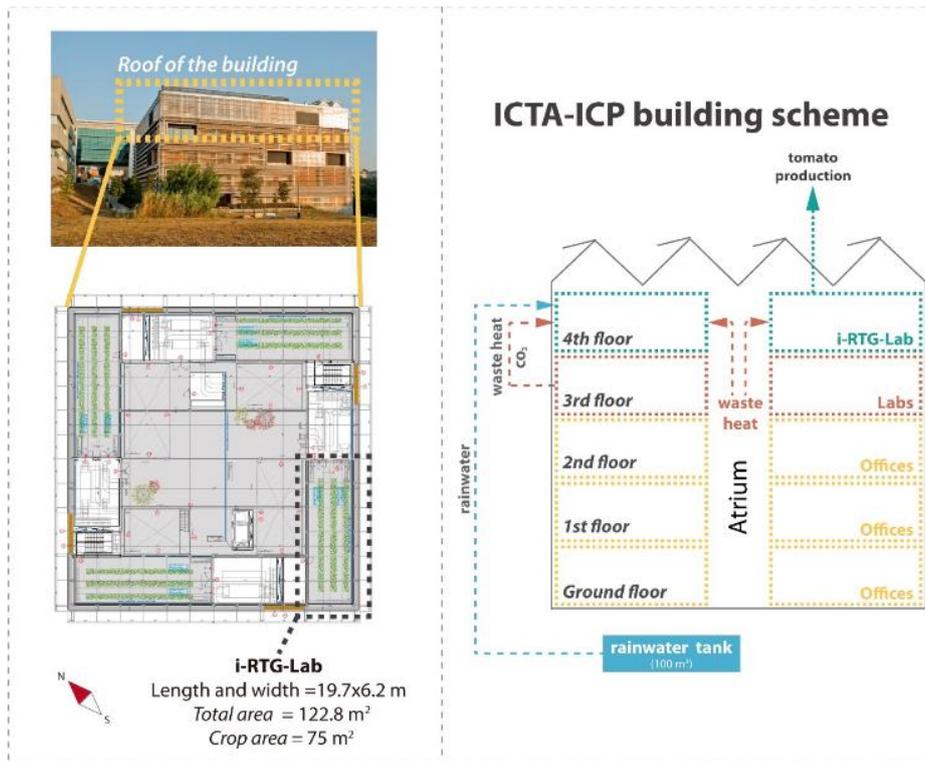
Σε σχέση με την αστική γεωργία που γίνεται στο έδαφος ή την γεωργία στην επαρχία, η γεωργία στις οροφές έχει μερικά ιδιότυπα χαρακτηριστικά. Αρχικά, η εφαρμογή της επηρεάζεται από την στατικότητα του κτιρίου και την φέρουσα ικανότητα του αλλά και από την προσβασιμότητα του δώματος. Επίσης οι κλιματικές συνθήκες στις οροφές είναι συνήθως αρκετά εντονότερες σε σχέση με το έδαφος. Έτσι δημιουργούνται προκλήσεις τόσο στην εφαρμογή όσο και στην απόδοση τους. Ωστόσο η αστική γεωργία των οροφών βελτιώνει την απόδοση των κτιρίων με τους κήπους της οροφής να λειτουργούν ως μόνωση ή βοηθώντας στην ανάπτυξη συστημάτων συλλογής του βρόχινου νερού και χρησιμοποιώντας παραπροϊόντα του κτιρίου όπως γκρίζο νερό, διοξείδιο του άνθρακα, ζέστη και οργανικά υπολείμματα. Έτσι μειώνεται και το αποτύπωμα του κτιρίου αλλά και της καλλιέργειας πάνω σε αυτό (Appolloni et al., 2021).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αστικής γεωργίας σε οροφή, αποτελεί η παρακάτω μελέτη θερμοκηπίου στην οροφή ενός κτιρίου του Αυτόνομου Πανεπιστημίου της Βαρκελώνης (Universitat Autònoma de Barcelona- UAB).

Το κτίριο είναι το Ινστιτούτο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας (Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals- ICTA) και είναι εξώροφο με συνολική επιφάνεια 7500 m². Έχει καλυμμένη οροφή με 4 περιοχές οι οποίες μπορούν να φιλοξενήσουν καλλιέργειες (Sanjuan-Delmás et al., 2018).

Η μία από αυτές είναι και το επίκεντρο της μελέτης. Το project αυτό έχει τεράστιο ενδιαφέρον τόσο για το κομμάτι της αστικής γεωργίας αλλά και για την τεχνολογία που παρουσιάζεται.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται το κτίριο ICTA και ένα σχεδιάγραμμα των βασικών τροφοδοσιών του θερμοκηπίου i-RTG από την μελέτη των Sanjuan-Delmás et.al:



Σχήμα 4: Το κτίριο ICTA και οι κύριες τροφοδοσίες του θερμοκηπίου (Sanjuan-Delmás et al., 2018)

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το διάγραμμα που παρουσιάζεται δεξιά. Εκεί παρατηρείται ότι το θερμοκήπιο συνδέεται με μία δεξαμενή βρόχινου νερού αλλά και κάποιες ροές του θερμού αέρα του κτιρίου προς τα θερμοκήπια.

Περιγραφή του συστήματος Κτίριο-Θερμοκήπιο-Περιβάλλον:

Το εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από πάνελ πολυανθρακίτη τα οποία μπορούν να ανοίγουν και να κλείνουν για λόγους εξαερισμού. Το άνοιγμα και το κλείσιμο γίνονται αυτόματα με βάση την θερμοκρασία και τους διάφορους εξωτερικούς παράγοντες. Το θερμοκήπιο είναι φτιαγμένο με παρόμοιο τρόπο αλλά επιπλέον έχει εσωτερικά φιλμ από πολυαιθυλένιο τα οποία ανεβαίνουν ή κατεβαίνουν συνδέοντας ή απομονώνοντάς το από το υπόλοιπο κτίριο. Ο περισσευούμενος αέρας από τους χώρους που ελέγχεται η θερμοκρασία στο κτίριο (20-24 °C) διαχέεται στο θερμοκήπιο προσφέροντας κατάλληλη θερμοκρασία τόσο τον χειμώνα όσο και το καλοκαίρι αλλά και υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα που βοηθάει την ανάπτυξη των φυτών.

Επιπλέον το κτίριο έχει ένα σύστημα συλλογής βρόχινου νερού που συλλέγει την βροχή προφανώς από την οροφή του ίδιου του κτιρίου αλλά και από την οροφή ενός γειτονικού του. Το νερό περνάει από φίλτρα ώστε να καθαριστεί κατά το δυνατόν από τα στερεά και διοχετεύεται σε μία δεξαμενή 100 m³. Το νερό αυτό χρησιμοποιείται για το πότισμα των φυτών του κτιρίου και του θερμοκηπίου. Το κτίριο έχει διαθέσιμη επιφάνεια για συλλογή νερού 900 m².

Συνολικά φυτεύτηκαν 171 ντοματιές και εφαρμόστηκε η μέθοδος της υδροπονικής.

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τη σοδειά, το νερό και την ενέργεια:

Πίνακας 5: Αποτελέσματα για τη σοδειά, το νερό και την ενέργεια (Sanjuan-Delmás et al., 2018)

		Μονάδες	E1	E2	X
Τροφή	Συνολική σοδειά	kg ντοματών/m ²	15.3	10.5	4.4
	Μέση διάμετρος ντομάτας	mm	-	78.3	579
	Μέσο βάρος ντομάτας	g	176	188	119
	Βαθμοί Brix	Bx	-	5.1	4.7
Νερό	Χρήση Νερού	L/ kg ντοματών	63.8	47.3	103.8
	Ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού	%	82	90	88
Ενέργεια	Μέση θερμοκρασία θερμοκηπίου	Βαθμοί Κελσίου	21.3	21.2	19.5
	Μέση εξωτερική θερμοκρασία	Βαθμοί Κελσίου	16.2	16.1	11.8
	Μέγιστη θερμοκρασία θερμοκηπίου	Βαθμοί Κελσίου	34.6	29.2	26
	Ελάχιστη θερμοκρασία θερμοκηπίου	Βαθμοί Κελσίου	11.8	13.9	14.6

E1: Εαρινή καλλιέργεια 1 E2: Εαρινή καλλιέργεια 2 X: Χειμερινή καλλιέργεια

Το πιλοτικό θερμοκήπιο παρήγαγε 30.2 κιλά ντομάτες ανά τετραγωνικό μέτρο δηλαδή 2540 kg φαγητού. Αυτό περίπου αντιστοιχεί σε 1660 κιλά ντομάτες περίπου ενώ ο μέσος κάτοικος στην Ισπανία καταναλώνει γύρω στις 13.5 ντομάτες. Αυτό σημαίνει ότι το πιλοτικό αυτό θερμοκήπιο θα μπορούσε να θρέψει γύρω στα 110 άτομα (Sanjuan-Delmás et al., 2018).

Το ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού είναι αρκετά υψηλό αγγίζοντας και το 90% τη θερινή περίοδο E2.

Γενικά υπάρχουν πολλά τα οποία προκύπτουν και από αυτόν τον πίνακα αλλά και από άλλους από την έρευνα των Sanjuan-Delmas et al., όμως δεν θα αναλυθούν εκτενώς. Το σημαντικό είναι ότι ένα τέτοιο σύστημα στην πιλοτική του μορφή μπορεί να δώσει τροφή σε 110 άτομα ετησίως και αυτό δείχνει την τεράστια δυναμική της αστικής γεωργίας και δη της κατακόρυφης γεωργίας.

Βέβαια, οι συνθήκες για να πραγματοποιηθεί αυτό το εγχείρημα ήταν ιδανικές. Το κτίριο είχε μετακινούμενα πάνελ κάτι το οποίο δίνει τεράστιες δυνατότητες για τον έλεγχο του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου, υπήρχαν άφθονοι χώροι και όλες οι πτυχές του κτιρίου γενικότερα αξιοποιήθηκαν στο έπακρο. Αυτό είναι κάτι που δεν θα αποτελέσει τον κανόνα στην περίπτωση της μαζικής στροφής προς την αστική και την κατακόρυφη γεωργία. Ωστόσο είναι ένα δείγμα της απόδοσης τέτοιων συστημάτων όταν γίνει προσεκτική εφαρμογή τους.

Κεφάλαιο 3. Η μελέτη περίπτωσης των Τρικάλων και το έργο CIRC4fooD

Το CIRC4fooD είναι ένα ερευνητικό πρόγραμμα το οποίο στοχεύει στην δημιουργία συστημάτων αστικής γεωργίας με κύριο άξονα την κυκλική οικονομία. Τα συστήματα αυτά συνδυάζουν την χρήση κομπόστ και την συλλογή βρόχινου νερού με παράλληλη χρήση τεχνολογιών IoT (Internet of Things) ώστε να υπάρχει παρακολούθηση ανά πάσα στιγμή των αναγκών του κήπου από τον χρήστη. Έτσι ο τελικός στόχος του έργου είναι η μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, αφού με την χρήση κομπόστ μειώνεται η χρήση λιπασμάτων και με την χρήση βρόχινου νερού μειώνεται η κατανάλωση του καθαρού πόσιμου νερού του δικτύου. Περισσότερα για το τρόπο που θα επιτευχθεί αυτό θα τα αναφέρουμε στο κεφάλαιο 4.

Η εφαρμογή του έργου πραγματοποιείται στα Τρίκαλα του δήμου Τρικκαίων , σε πιλοτική μορφή αρχικά, σε 27 οικιακούς λαχανόκηπους, ένα σχολείο και σε μικρούς αστικούς δημόσιους λαχανόκηπους. Η κλίμακα εφαρμογής του έργου στους δημόσιους λαχανόκηπους (μικροί κήποι. πανέρια κτλ.) είναι μικρή και κύριο στόχο έχει την ευαισθητοποίηση των πολιτών στα περιβαλλοντικά θέματα, στην οικιακή χρήση είναι μεσαία ενώ στα σχολεία είναι μεγάλη.

Το τυπικό σύστημα που εφαρμόζεται περιέχει τα ακόλουθα στοιχεία: ένα σύστημα συλλογής βρόχινου νερού, ένα χώρο φύτευσης καλλιεργειών, ένα κάδο κομποστοποίησης και ένα έξυπνο σύστημα διαχείρισης κήπων και κομπόστ. Στους δημόσιους λαχανόκηπους δεν υπάρχει το σύστημα συλλογής βρόχινου νερού και ο κάδος κομποστοποίησης.

Οι οικιακές εφαρμογές αναπτύχθηκαν σε οικίες πολιτών οι οποίοι ανταποκρίθηκαν σε πρόσκληση της e-Τρίκαλα που συμμετέχει στο πρόγραμμα. Οι βασικές απαιτήσεις που τέθηκαν στην πρόσκληση προκειμένου να γίνει εγκατάσταση του συστήματος σε μία οικία είναι οι ακόλουθες:

Βασικές απαιτήσεις για την εγκατάσταση του συστήματος σε κατοικίες

1. Στο κτίριο χρειάζεται να υπάρχει επιφάνεια κήπου τουλάχιστον 10m² που μπορεί να διατεθεί για λαχανόκηπο (το ακριβές μέγεθος της απαιτούμενης επιφάνειας λαχανόκηπου σχετίζεται με την ποσότητα νερού που μπορεί να συλλεχθεί.). Απαιτείται να υπάρχει λαχανόκηπος ή να δημιουργηθεί από τον ιδιοκτήτη του κτιρίου.
2. Στο κτίριο χρειάζεται να υπάρχει στέγη ή ταράτσα για τη συλλογή του νερού (για λαχανόκηπο της τάξης των 10m² απαιτείται επιφάνεια περίπου 40-50m²). Απαιτούνται επίσης κάτοψη ταράτσας ή στέγης του κτιρίου.
3. Καθώς πρόκειται να τοποθετηθεί δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού μεγέθους περίπου μισού κυβικού, για την τοποθέτησή της απαιτείται ο ανάλογος χώρος κοντά στο κτίριο και την υδρορροή.
4. Το σημείο τοποθέτησης της δεξαμενής νερού πρέπει να είναι κοντά σε παροχή νερού από το δίκτυο καθώς σε περίπτωση που είναι άδεια η δεξαμενή πρέπει να ποτίζουμε από το δίκτυο.
5. Στο σημείο τοποθέτησης της δεξαμενής συλλογής του νερού πρέπει να υπάρχει σύστημα συγκέντρωσης βρόχινου νερού (υδρορροές) και αποχέτευση όπου θα οδηγείται το νερό υπερχείλισης.
6. Στο σημείο τοποθέτησης της δεξαμενής συλλογής του νερού πρέπει να υπάρχει και παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για την λειτουργία του πιεστικού/αντλίας.
7. Η εφαρμογή παρακολούθησης απαιτεί τη διαθεσιμότητα υπολογιστή/laptop ή κινητού
8. Τέλος, στον κήπο θα τοποθετηθεί και κάδος κομποστοποίησης διαμέτρου περίπου 80cm και ύψους έως 1m.

Τα μέρη του συστήματος όπως δεξαμενές, οι τροποποιήσεις των υδρορροών ώστε να γίνεται η μεταφορά του βρόχινου νερού, οι κομποστοποιητές, οι αισθητήρες κτλ. καλύπτονται από το έργο.

Τα οφέλη που αναμένονται από την εφαρμογή του συστήματος είναι πολλά. Μεταξύ άλλων είναι:

1) Κοινωνικά Οφέλη

Τα κοινωνικά οφέλη συναντώνται κυρίως στους κοινοτικούς λαχανόκηπους. Οι κοινοτικοί κήποι αποτελούν μέρη κοινωνικοποίησης και ηρεμίας για ορισμένα άτομα και δημιουργούν την αίσθηση ότι οι άνθρωποι ανήκουν σε μία κοινότητα.

2) Οφέλη για την υγεία

Πέραν του προφανούς, που είναι η κατανάλωση των βιολογικών προϊόντων, η ενασχόληση με τους κήπους απαιτεί σωματική άσκηση. Αλλά και πέραν της σωματικής υγείας, η απασχόληση του ανθρώπου με την φύση και η αποκατάσταση της χαμένης σύνδεσης του με αυτή επιφέρει και βελτίωση της ψυχικής υγείας του.

3) Οικονομικά Οφέλη

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2, οι αστικοί λαχανόκηποι γενικά μπορούν να βοηθήσουν στην κάλυψη των επισιτιστικών αναγκών των κατοίκων της πόλης. Σαφώς, να καλυφθούν εξολοκλήρου οι ανάγκες σε λαχανικά για τους κατοίκους μόνο μέσω της αστικής γεωργίας είναι αρκετά δύσκολο, ωστόσο σίγουρα μπορεί τους ελαφρύνει.

4) Περιβαλλοντικά Οφέλη

Η αύξηση του πρασίνου στην πόλη θα βοηθήσει στο φιλτράρισμα του αέρα και στην δημιουργία πιο υγιούς ατμόσφαιρας. Γενικά τα Τρίκαλα έχουν το πρόβλημα της αιθαλομίχλης κατά τους χειμερινούς μήνες οπότε αυτό το έργο θα μπορούσε να αποτελέσει μία καλή ευκαιρία για ενίσχυση του πρασίνου. Επιπλέον τα Τρίκαλα είναι γνωστά για τα πλημμυρικά φαινόμενα. Οι χώροι πρασίνου θα βοηθήσουν στην μείωση της απορροής των υδάτων.

Ο στόχος του CIRC4food τουλάχιστον ως προς την χρήση νερού είναι μείωση τουλάχιστον 30% στη χρήση πόσιμου νερού για άρδευση.

Κεφάλαιο 4. Περιγραφή και σχεδιασμός του συστήματος

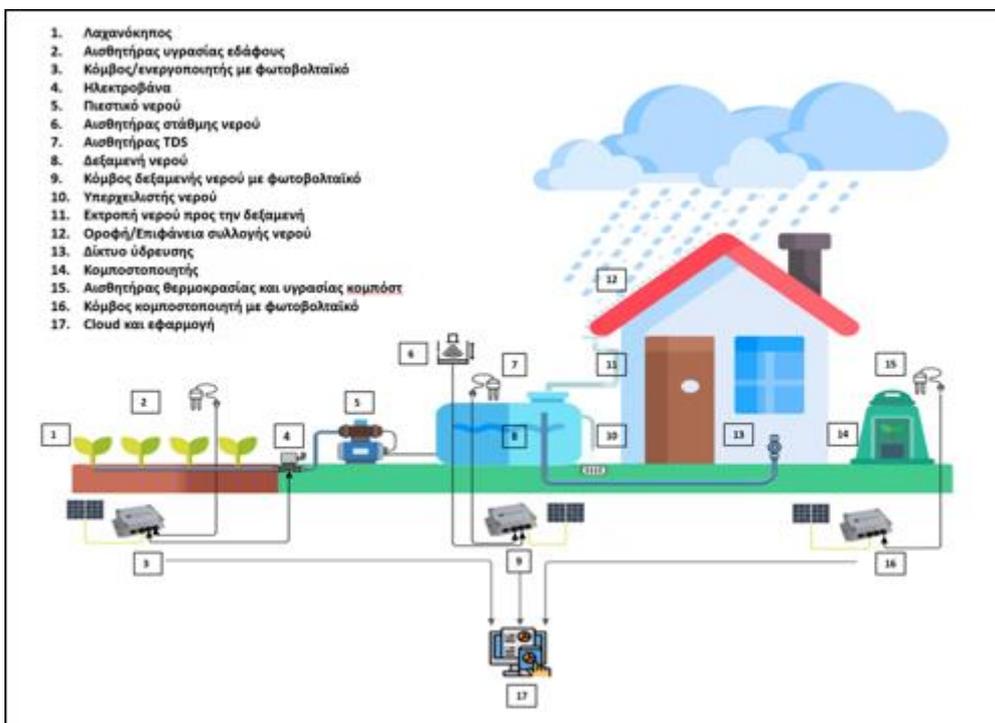
4.1. Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μία λεπτομερής περιγραφή της εγκατάστασης. Στη συνέχεια αναλύεται η μεθοδολογία με την οποία υπολογίζονται και επιλέγονται τα τελικά τμήματα της εγκατάστασης.

4.2. Περιγραφή του συστήματος

Εν συντομία το σύστημα αποτελείται από το υποσύστημα συλλογής νερού, το υποσύστημα κομποστοποίησης και τον οικιακό λαχανόκηπο.

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται το βασικό σχεδιάγραμμα του συστήματος:



Σχήμα 5: Κυκλικό σύστημα οικιακής χρήσης

Το παραπάνω σχεδιάγραμμα πρακτικά χωρίζεται σε 4 μέρη.

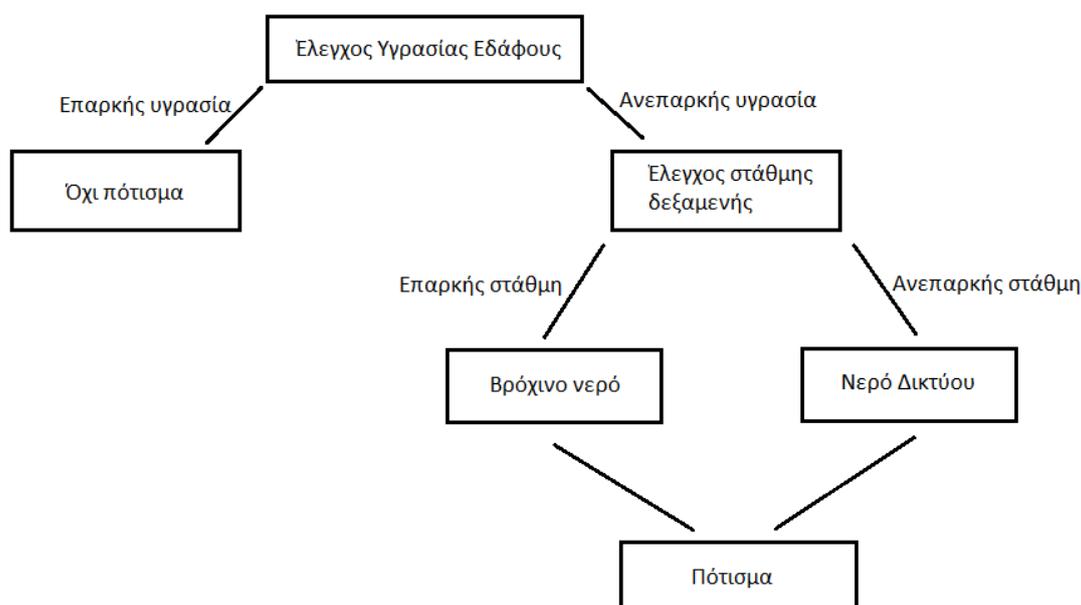
1) Συλλογή Βρόχινου Νερού

Για να γίνει η συλλογή του βρόχινου νερού τοποθετείται στην αυλή του σπιτιού μία δεξαμενή νερού (No 8). Τα κατακρημνίσματα διευθετούνται από την οροφή (No 12) προς τις υδρορροές (No 11) και από εκεί μέσα στην δεξαμενή. Κατόπιν η δεξαμενή συνδέεται με πίεστικό μηχάνημα (No 5) το οποίο τροφοδοτεί τον λαχανόκηπο. Σε περίπτωση που η στάθμη στη δεξαμενή είναι χαμηλότερη από την απαιτούμενη για να πραγματοποιηθεί η άρδευση, υπάρχει η δυνατότητα χρήσης νερού του δικτύου ύδρευσης (No 13). Η δεξαμενή είναι εφοδιασμένη με αισθητήρα στάθμης νερού (No 6) και αισθητήρα TDS (TDS-Total Dissolved Solids= Ολικά Διαλυμένα Στερεά) (No 7) οι οποίοι με την σειρά τους συνδέονται με έναν κόμβο (No 9) ο οποίος ενημερώνει την εφαρμογή και κατά συνέπεια τον χρήστη για τις συνθήκες που επικρατούν μέσα στη

δεξαμενή. Τέλος, στην δεξαμενή υπάρχει υπερχειλιστής (No 10) ώστε το νερό να μην ξεπερνά μία συγκεκριμένη στάθμη.

2) Οικιακός Λαχανόκηπος

Ο λαχανόκηπος έχει ό,τι λαχανικά επιθυμεί να καλλιεργήσει ο χρήστης. Εφοδιάζεται με σωλήνες στάθμης άρδευσης (Στάθμης Άρδευση: Άρδευση όπου το νερό φεύγει με τη μορφή σταγόνες από τους σταλακτήρες των αγωγών. Με αυτό τον τρόπο ελαχιστοποιείται η επιφανειακή απορροή και επιτυγχάνεται μεγαλύτερος βαθμός απορρόφησης του νερού από το έδαφος) και με αισθητήρες υγρασίας εδάφους (No 2) οι οποίοι συνδέονται με κόμβο (No 3) και ηλεκτροβάννα (No 4). Η λειτουργία λοιπόν της εγκατάστασης βασίζεται στον εξής «αλγόριθμο»:



Σχήμα 6: Απλοϊκή αναπαράσταση του συστήματος ποτίσματος

Για να πραγματοποιηθεί το παραπάνω απαιτείται η ορθή λειτουργία και συνεργασία των αισθητήρων εδάφους και στάθμης δεξαμενής, των κόμβων και της ηλεκτροβάννας.

Η χρήση του νερού δικτύου πρέπει να αναφερθεί ότι δεν γίνεται αυτόματα αλλά από τον χρήστη. Επίσης η χρήση του νερού δικτύου δεν γίνεται απευθείας στην καλλιέργεια αλλά μέσω της δεξαμενής. Δηλαδή μπαίνει το νερό στη δεξαμενή και από τη δεξαμενή πηγαίνει στην καλλιέργεια. Οπότε το νερό που υπάρχει στη δεξαμενή ανά πάσα στιγμή δεν είναι γνωστό με ακρίβεια σε τι ποσοστό προέρχεται από την βροχή και σε τι ποσοστό από το δίκτυο. Ως εκ τούτου η παραπάνω απλοποίηση δεν είναι ορθή. Αλλά δίνει μία εικόνα της φιλοσοφίας του έργου. Η διαδικασία διαχωρισμού βρόχινου νερού από νερό δικτύου είναι μία διαδικασία που απαιτεί συνδυασμό πολλών δεδομένων και θα αναλυθεί στο κεφάλαιο 4.

3) Κάδος Κομποστοποίησης

Στον κάδο κομποστοποίησης ο χρήστης εναποθέτει μία πληθώρα οργανικών απορριμμάτων. Μέσα στην σωρό υπάρχει ένας αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας κομπόστ (No 15) που συνδέεται με κόμβο (No 16) ο οποίος ενημερώνει την

εφαρμογή για τις συνθήκες μέσα στον κομποστοποιητή, η οποία με τη σειρά της προτείνει λύσεις στον χρήστη για τη βελτίωση της ποιότητας του κομπόστ.

4) Κεντρική εφαρμογή διαχείρισης συστήματος (No 17)

Όλη αυτή η αυτοματοποίηση δεν θα ήταν εύκολη χωρίς την δημιουργία της πλατφόρμας CIRC4fooD. Η εφαρμογή αυτή πρακτικά ενημερώνεται με τα δεδομένα από τους αισθητήρες της εκάστοτε εγκατάστασης και ενημερώνει τον χρήστη για τις καταλληλότερες πρακτικές που θα τον βοηθήσουν να κρατήσει το σύστημα του αποδοτικό αλλά και να τηρεί την κυκλικότητα του CIRC4fooD.

4.3. Μεθοδολογία σχεδιασμού

Για να γίνει ο βέλτιστος σχεδιασμός των συστημάτων συλλογής νερού, άρδευσης και κομποστοποίησης χρειάστηκε να καταστρωθεί κατάλληλο μαθηματικό μοντέλο. Το μοντέλο αποτελείται από 2 υπομοντέλα:

- Υπομοντέλο συλλογής βρόχινου νερού
- Υπομοντέλο κομποστοποίησης

Γενικά το μαθηματικό μοντέλο βασίζεται στα υδρολογικά δεδομένα της αντίστοιχης περιοχής στην οποία γίνεται η μελέτη αλλά και των χαρακτηριστικών της κάθε οικίας (π.χ εμβαδόν στέγης).

4.3.1. Το υπομοντέλο συλλογής βρόχινου νερού

Εξισώσεις και δεδομένα

Για να γίνει ο βέλτιστος σχεδιασμός του συστήματος συλλογής βρόχινου νερού (π.χ ο όγκος των δεξαμενών) έχει καταστρωθεί ένα μοντέλο μαθηματικής προσομοίωσης του ισοζυγίου νερού. Ο όγκος ελέγχου στον οποίο καταστρώνεται η εξίσωση του ισοζυγίου είναι πρακτικά η δεξαμενή. Σαν εισροή στον όγκο ελέγχου θεωρείται η απορροή ενός επεισοδίου βροχής ενώ σαν εκροή θεωρούνται η άρδευση και η υπερχειλίση της δεξαμενής.

Η απορροή ενός επεισοδίου βροχής (Q_{rain} σε m^3) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_{rain} = \frac{C \cdot A \cdot R}{1000} \quad (1)$$

όπου:

C: ο συντελεστής απόδοσης της απορροής που εξαρτάται από το υλικό της οροφής

A: η επιφάνεια της οροφής που συμμετέχει στη συλλογή νερού (m^2)

R: το ύψος βροχής του επεισοδίου (mm)

Η άρδευση πρακτικά εξαρτάται από τις απαιτήσεις της καλλιέργειας σε νερό. Δεδομένου ότι το πότισμα θα στηρίζεται στις ενδείξεις των αισθητήρων υγρασίας εδάφους, οι ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό (που προκύπτει μέσω εξισώσεων σαν και αυτή που θα παρουσιαστεί παρακάτω) και η πραγματοποιούμενη άρδευση θα έχουν παρεμφερείς τιμές. Άρα για απορροή σχεδιασμού μπορεί να ληφθεί η απαίτηση της

καλλιέργειας σε νερό. Για τον υπολογισμό των απαιτήσεων της καλλιέργειας σε νερό χρησιμοποιείται η εμπειρική μέθοδος των Blaney-Criddle (Blaney et.al, 1952) που γενικά δίνει καλές προσεγγίσεις για την εξατμισοδιαπνοή των φυτών:

$$ET_c = k_c \cdot \frac{(1.8 \cdot T_{mean} + 32) \cdot p}{3.94} \quad (2)$$

όπου:

ET_c : η δυνητική εξατμισοδιαπνοή (mm)

k_c : συντελεστής καλλιέργειας (εμπειρικός συντελεστής για κάθε καλλιέργεια)

T_{mean} : η μέση θερμοκρασία του ανέμου (°C)

p : το ποσοστό της διάρκειας της ημέρας ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος

Η απαιτούμενη άρδευση, Q_{demand} (m^3), υπολογίζεται από το γινόμενο της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, ET_c (mm) και της επιφάνειας καλλιέργειας, A_c (m^2):

$$Q_{demand} = \frac{ET_c \cdot A_c}{1000} \quad (3)$$

Το ισοζύγιο μάζας γενικά σε έναν όγκο ελέγχου ως προς κάποιο ρευστό έχει την εξής μορφή:

$$\text{Μεταβολή Όγκου Ρευστού} = \text{Εισροή} - \text{Εκροή} \quad (4)$$

Η μεταβολή όγκου ρευστού είναι η διαφορά του όγκου του ρευστού που περιέχεται στον όγκο ελέγχου μεταξύ δύο χρονικών στιγμών. Έτσι αν συμβολίσουμε με V_i τον όγκο του ρευστού την χρονική στιγμή i και με V_{i+1} τον όγκο του την χρονική στιγμή $i+1$, η μεταβολή ΔV είναι:

$$\Delta V = V_{i+1} - V_i \quad (5)$$

Η εισροή την χρονική στιγμή i είναι όπως ειπώθηκε και προηγουμένως η απορροή του επεισοδίου βροχής, έτσι:

$$\text{Εισροή} = Q_{rain,i} \quad (6)$$

Η εκροή την χρονική στιγμή i είναι οι απαιτήσεις σε άρδευση και οι υπερχειλίσεις, $Q_{overflow}$:

$$\text{Εκροή} = Q_{demand,i} + Q_{overflow,i} \quad (7)$$

Αντικαθιστώντας τις εξισώσεις 5,6,7 στην εξίσωση 4, έχουμε:

$$V_{i+1} - V_i = Q_{rain,i} - (Q_{demand,i} + Q_{overflow,i})$$

και λύνοντας ως προς V_{i+1} παίρνουμε:

$$V_{i+1} = V_i + Q_{rain,i} - Q_{demand,i} - Q_{overflow,i} \quad (8)$$

Έτσι λοιπόν το δυνητικά συλλεγόμενο βρόχινο νερό δίνεται από την σχέση 8.

Οι υπερχειλίσεις, $Q_{overflow}$, δίνονται από τη σχέση:

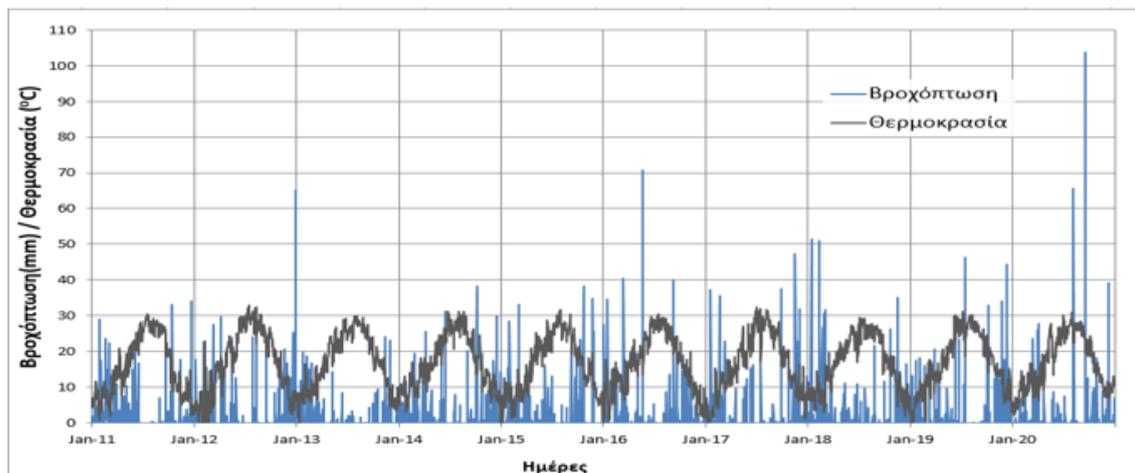
$$Q_{overflow,i} = V_i + Q_{rain,i} - Q_{demand,i} - V_{\delta\epsilon\chi} \quad (9)$$

όπου:

$V_{\delta\epsilon\chi}$: ο μέγιστος διαθέσιμος όγκος της δεξαμενής (m^3)

Αξίζει να παρατηρηθεί ότι στις παραπάνω σχέσεις υπάρχουν μόλις δύο μεταβλητές που δεν είναι γνωστές από την αρχή του σχεδιασμού του συστήματος συλλογής νερού. Αυτές είναι η βροχόπτωση, R , και η θερμοκρασία, T_{mean} , των σχέσεων (1) και (2) αντίστοιχα οι οποίες αποτελούν και τα δεδομένα εισόδου του μοντέλου.

Χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες τιμές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας κατά την περίοδο 2011-2020 από τον μετεωρολογικό σταθμό Τρικάλων του Διεθνούς Αστεροσκοπείου Αθηνών. Στο Σχήμα 7 παρουσιάζονται οι χρονοσειρές της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης και στον Πίνακα 7 μερικά στατιστικά στοιχεία για τα έτη 2011-2020:



Σχήμα 7: Βροχόπτωση και Θερμοκρασία την τελευταία δεκαετία στα Τρίκαλα (Πηγή: <http://penteli.meteo.gr/stations/trikala/>)

Πίνακας 7: Στατιστικά στοιχεία βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΣΥΝΟΛΟ
Μηνιαία βροχόπτωση mm/month	60.1	87.5	77.9	44.7	43.7	36.0	19.9	20.8	52.7	61.4	76.8	72.4	653.9
Μέση ημερήσια βροχόπτωση mm/d	1.9	3.1	2.5	1.5	1.4	1.2	0.6	0.7	1.8	2.0	2.6	2.3	1.8
Μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση mm/d	25.4	22.6	24.6	14.3	17.9	14.4	13.7	14.7	29.8	23.8	24.4	29.3	29.8
Μέση ημερήσια θερμοκρασία °C	5.7	8.6	11.6	15.6	20.0	24.7	27.4	27.0	23.0	17.0	11.7	7.3	16.6
Μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία °C	11.3	14.5	17.2	21.3	25.1	29.6	30.9	29.9	27.5	22.6	17.3	12.8	30.9

Οι δείκτες απόδοσης του συστήματος

Κάτι που πρέπει επίσης να είναι γνωστό πριν εφαρμοστεί το μοντέλο είναι ο μέγιστος διαθέσιμος όγκος της δεξαμενής. Η επιλογή του δεν γίνεται τυχαία. Γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει βελτιστοποίηση στο σύστημα. Έτσι λοιπόν για να γίνει ο βέλτιστος σχεδιασμός κάθε συστήματος χρησιμοποιήθηκαν δύο δείκτες απόδοσης, ο δείκτης “Reliability” και ο δείκτης “Losses”.

Ο δείκτης αξιοπιστίας “Reliability” καταγράφει το ποσοστό του χρόνου που το σύστημα είναι αξιόπιστο. Εν προκειμένω, αξιόπιστο σημαίνει ότι οι απαιτήσεις της άρδευσης είτε καλύπτονται απευθείας από τη βροχή είτε από την δεξαμενή με το αποθηκευμένο βρόχινο νερό. Εάν δεν καλύπτονται οι ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό είτε με τον ένα είτε με τον άλλο τρόπο τότε απαιτείται νερό από το δίκτυο και το σύστημα «χάνει» αξιοπιστία, ήτοι ο δείκτης αξιοπιστίας μειώνεται. Προφανώς αφού πρόκειται για ποσοστό έχει ελάχιστη τιμή το 0 που σημαίνει ότι δεν αξιοποιήθηκε καθόλου βρόχινο νερό και μέγιστη τιμή το 100 που σημαίνει ότι χρησιμοποιήθηκε μόνο βρόχινο νερό.

Ο δείκτης απωλειών “Losses” καταγράφει την αδυναμία του συστήματος να αξιοποιήσει πλήρως την δυναμικότητα της οροφής σε παροχή βρόχινου νερού. Πρακτικά δίνει το ποσοστό, ή/και κυβικά, του νερού που υπερχειλίσε από τη δεξαμενή επειδή δεν είχε αρκετή χωρητικότητα.

Στόχος του σχεδιασμού είναι να μεγιστοποιηθεί ο δείκτης αξιοπιστίας και να ελαχιστοποιηθεί ο δείκτης απωλειών. Αυτό γίνεται με την κατάλληλη επιλογή του ωφέλιμου όγκου της δεξαμενής. Οριακές τιμές των δεικτών θέτονται οι εξής:

- Δείκτης Αξιοπιστίας “Reliability” $\geq 70\%$
- Δείκτης Απωλειών “Losses” $\leq 60\%$

4.3.2. Υπομοντέλο κομποστοποίησης

Εξισώσεις και δεδομένα

Αρχικά και για τον σχεδιασμό του συστήματος κομποστοποίησης καταστρώθηκε κατάλληλο μαθηματικό μοντέλο προσομοίωσης της λειτουργίας του κομποστοποιητή. Στόχος του μοντέλου και εδώ είναι ο υπολογισμός του βέλτιστου όγκου της δεξαμενής κομποστοποίησης. Επιπλέον από το μοντέλο προκύπτει ο παραγόμενος όγκος κομποστ από τα βιοαπόβλητα ενός νοικοκυριού.

Εισροή στον κομποστοποιητή είναι ο όγκος των βιοαποβλήτων του νοικοκυριού και εκροή είναι ο όγκος παραγόμενου κομποστ αλλά και ο όγκος των βιοαποβλήτων που λόγω χωρητικότητας του κομποστοποιητή δεν επεξεργάστηκαν.

Τα βιοαπόβλητα που καταλήγουν στον κομποστοποιητή είναι ως επί το πλείστον νεκρή οργανική ύλη όπως φύλλα, γρασίδι κτλ αλλά και απόβλητα τροφίμων. Η ποσότητα όλων αυτών υπολογίζεται ως ένα κλάσμα των αστικών αποβλήτων. Έτσι λοιπόν από το Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Απορριμμάτων Περιφέρειας Θεσσαλίας έγινε εκτίμηση των αστικών αποβλήτων αλλά και η κλασματοποίηση τους. Ειδικότερα τα πράσινα απόβλητα κλασματοποιούνται σε απορρίμματα λαχανικών (25%), κλαδιά

(30%), αποκόμματα χόρτου (15%) και φύλλα (30%). Αυτά τα ποσοστά ελήφθησαν από το Cornell Waste Management Institute. Στους Πίνακες 8 και 9 φαίνονται τα παραπάνω.

Πίνακας 8: Κλασματοποίηση Αστικών Αποβλήτων στα Τρίκαλα

Παράμετρος	Τιμή
Αστικά στερεά απόβλητα ανά κάτοικο (kg/έτος/κατ)	375
Απόδοση διαλογής στην πηγή	80.0%
Βιοαπόβλητα/ΑΣΑ	42.6%
Υπολείμματα τροφίμων / Βιοαπόβλητα	87.0%
Πράσινα/Βιοαπόβλητα	10.0%

Πίνακας 9: Σύσταση Κλασμάτων Πράσινων Αποβλήτων (Cornell Waste Management Institute)

	Υγρασία (%)	Διασπώμενο (%)	Ειδικό βάρος (kg/m ³)	C/N	%N (ξηρό βάρος)	% C (ξηρό βάρος)
Υπολείμματα Τροφίμων	0.70	0.82	930	15	2.50%	37.50%
Υπολείμματα λαχανικών κήπου	0.75	0.72	600	12	3.25%	39.00%
Κλαδιά	0.60	0.50	700	16	3.00%	48.00%
Χόρτα	0.75	0.60	210	20	2.15%	43.00%
Φύλλα	0.25	0.65	190	54	0.90%	48.60%
Πριονίδι	0.05	0.20	300	500	0.10%	50.00%

Με τα ισοζύγια μαζών του μοντέλου υπολογίζονται επίσης η υγρασία του μίγματος και ο λόγος Άνθρακα προς Άζωτο (C/N) καθώς αυτές οι μεταβλητές διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή καλής ποιότητας κομπόστ.

Η υγρασία του κομπόστ δίνεται από την σχέση:

$$\text{Υγρασία}(\%) = \frac{\sum m_{wet}}{\sum m_{tot}}$$

Όπου:

m_{wet} : η υγρή μάζα του μίγματος σε kg

m_{tot} : η συνολική μάζα του μίγματος σε kg

Ο λόγος άνθρακα προς άζωτο (C/N) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\frac{C}{N} = \frac{\sum m_C}{\sum m_N}$$

Όπου:

m_C : μάζα άνθρακα στο μίγμα σε kg

m_N : μάζα αζώτου στο μίγμα σε kg

Για ένα καλό δείγμα κομπόστ απαιτούνται:

C/N=30-40

Υγρασία= 40-60%

Στο μοντέλο θεωρούμε μέγιστη πληρότητα κομποστοποιητή 80% του όγκου του και χρόνο χώνευσης κομπόστ ίσο με 60 ημέρες.

Οι δείκτες απόδοσης του συστήματος

Όπως και στο σύστημα συλλογής νερού έτσι και εδώ για τον καθορισμό των όγκων των κομποστοποιητών επιλέγονται κάποιοι δείκτες οι οποίοι πρέπει ως επί το πλείστο να είναι σε καθορισμένα όρια για να επιτευχθεί ο βέλτιστος σχεδιασμός. Οι δείκτες αυτοί είναι:

- Ο δείκτης “Compost” ο οποίος δίνει το ποσοστό των βιοαποβλήτων που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή κομπόστ.
- Ο δείκτης “Waste” που δίνει το ποσοστό των βιοαποβλήτων που έμειναν ανεκμετάλλευτα σε σχέση με τα συνολικά βιοαπόβλητα που παράγονται ετησίως από ένα νοικοκυριό.

Οι οριακές τιμές των δύο δεικτών είναι οι εξής:

- Δείκτης παραγόμενου κομπόστ "Compost" $\geq 65\%$
- Δείκτης ανεκμετάλλευτων βιοαποβλήτων "Waste" $\leq 35\%$

4.4. Εφαρμογή μοντέλου σχεδιασμού και αποτελέσματα

4.4.1. Εισαγωγή

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου. Όπως αναφέρθηκε γενικά το μοντέλο παίρνει σαν είσοδο τα μετεωρολογικά δεδομένα της δεκαετίας 2011-2020. Επιπλέον εισάγεται η ωφέλιμη επιφάνεια στέγης (δηλαδή η επιφάνεια της στέγης που μπορεί να συλλέξει νερό) για τον προσδιορισμό της απορροής και την επιφάνεια του κήπου για τον προσδιορισμό της απαιτούμενης άρδευσης. Στη συνέχεια γίνονται δοκιμές διάφορων τιμών για τον όγκο των δεξαμενών και γίνεται η τελική διαστασιολόγηση με βάση τους δείκτες απόδοσης. Τα αποτελέσματα για την κάθε οικία παρουσιάζονται παρακάτω.

4.4.2. Οικία 1

Η 1^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στην περιοχή Λογγάκι των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 1 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 180 m².
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 80 m².
- Διαθέσιμη επιφάνεια λαχανόκηπου: 15 m².

Στην Εικόνα 8 φαίνεται μία άποψη της οικίας.



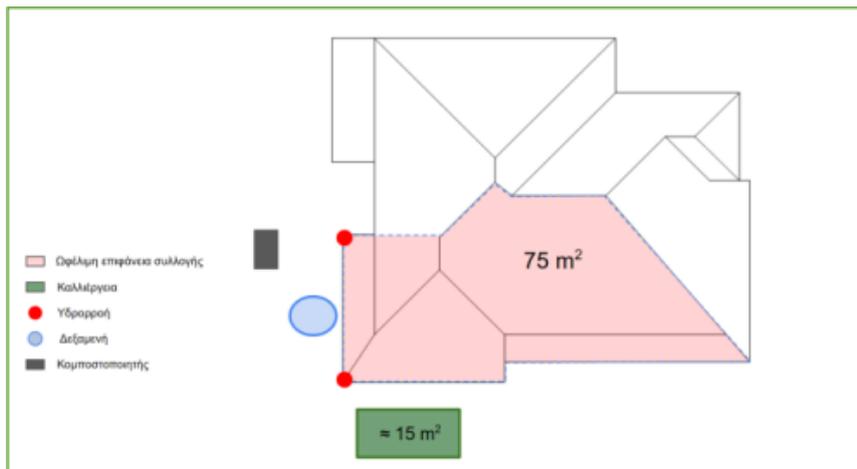
Εικόνα 8: Άποψη Οικίας 1

Ο υπολογισμός της ωφέλιμης επιφάνειας αλλά και η τοποθέτηση της δεξαμενής εξαρτώνται από τη θέση των υφιστάμενων υδρορροών της οικίας που θα χρησιμοποιηθούν για τη μεταφορά του νερού από την οροφή στη δεξαμενή. Η Εικόνα 9 είναι η αεροφωτογραφία της οικίας 1.



Εικόνα 9: Αεροφωτογραφία Οικίας 1

Στο Σχήμα 8 γίνεται μία παρουσίαση της οροφής με τα επιμέρους τμήματα που συμμετέχουν στην απορροή του νερού προς τις υδρορροές, καθώς και η χωροθέτηση των υπόλοιπων τμημάτων της εγκατάστασης.



Σχήμα 8: Ανάλυση στέγης Οικίας 1

Εφαρμόζοντας το μοντέλο που παρουσιάστηκε στην υποενότητα 4.3 καθώς και με βάση μετεωρολογικά δεδομένα προκύπτουν τα δεδομένα του Πίνακα 10.

Πίνακας 10: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 1

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 01	
Τοποθεσία	Λογγάκι Τρικάλων (1)	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	172	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	75	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	76	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	15	m ²

Έτσι ο όγκος της δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 76%.

4.4.3. Οικία 2

Η 2^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στη περιοχή Μεγάρχη των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 2 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 192 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 70 m²
- Επιφάνεια κήπου: 45 m²

Στην Εικόνα 10 φαίνεται η άποψη της οικίας.



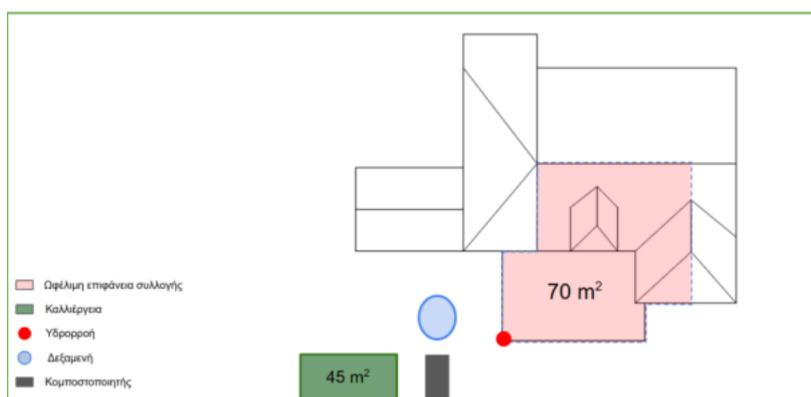
Εικόνα 10: Άποψη Οικίας 2

Στην Εικόνα 11 παρουσιάζεται μία αεροφωτογραφία της οικίας 2.



Εικόνα 11: Αεροφωτογραφία Οικίας 2

Στο Σχήμα 9 παρουσιάζεται η ανάλυση της στέγης της οικίας 2.



Σχήμα 9: Ανάλυση στέγης Οικίας 2

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου φαίνονται στον Πίνακα 11

Πίνακας 11: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 2

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 02	
Τοποθεσία	Μεγάρχη Τρικάλων	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	192	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	70	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	57	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	45	m ²

Έτσι ο όγκος της δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 57%.

4.4.4. Οικία 3

Η 3^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στην οδό Πλατανιστού 5 στα Τρίκαλα.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 3 είναι:

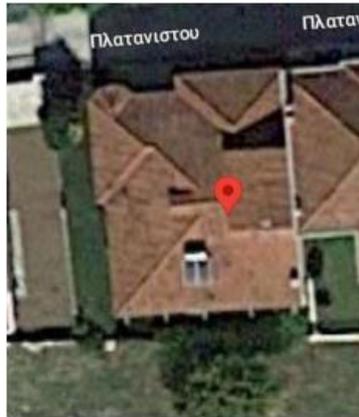
- Επιφάνεια στέγης: 172 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 47 m²
- Επιφάνεια κήπου: 10 m²

Η άποψη της οικίας φαίνεται στην Εικόνα 12:



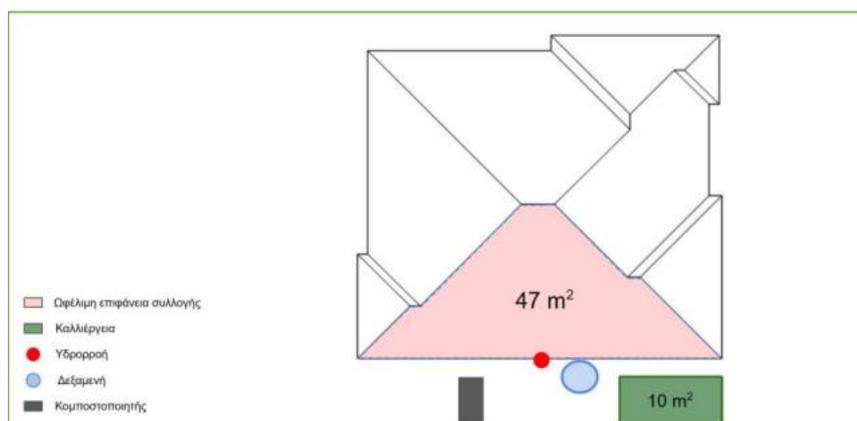
Εικόνα 12: Άποψη Οικίας 3

Στην Εικόνα 13 παρουσιάζεται μία αεροφωτογραφία της οικίας 3



Εικόνα 13: Αεροφωτογραφία Οικίας 3

Στο Σχήμα 10 γίνεται ανάλυση της στέγης



Σχήμα 10: Ανάλυση στέγης Οικίας 3

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 12

Πίνακας 12: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 3

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 03	
Τοποθεσία	Πλατανιστού 5, Τρίκαλα	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	172	m ²
Οφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	47	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	84	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	10	m ²

Έτσι ο όγκος της δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 84%.

4.4.5. Οικία 4

Η 4^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στην οδό Παπαγεωργίου 2 στα Τρίκαλα.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 4 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 192 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 52 m²

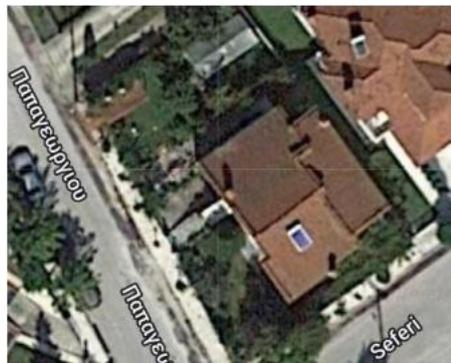
- Επιφάνεια κήπου: 20 m²

Η άποψη της οικίας 4 φαίνεται στην Εικόνα 14.



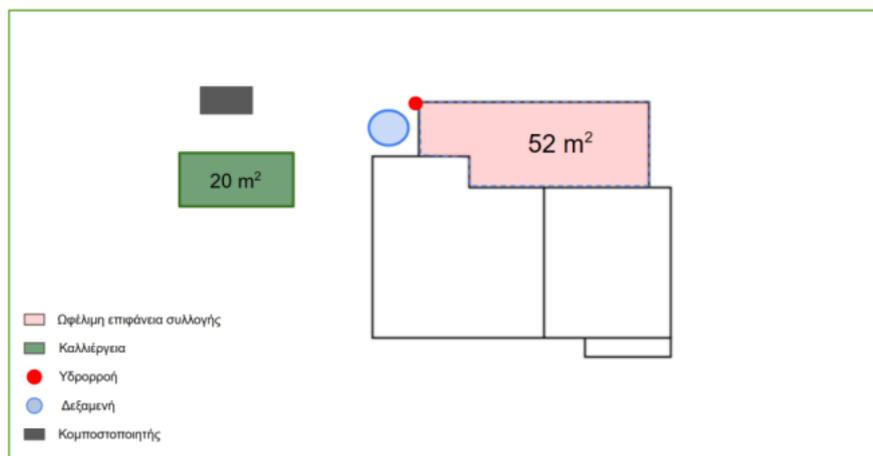
Εικόνα 14: Άποψη Οικίας 4

Στην Εικόνα 15 φαίνεται μία αεροφωτογραφία της οικίας 4.



Εικόνα 15: Αεροφωτογραφία Οικίας 4

Στο Σχήμα 11 γίνεται η ανάλυση της στέγης.



Σχήμα 11: Ανάλυση στέγης Οικίας 4

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 13.

Πίνακας 13: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 4

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 04	
Τοποθεσία	Παπαγεωργίου 2, Τρίκκη	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	192	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	52	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	72	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	20	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 72%.

Χάριν οικονομίας χώρου της εργασίας στις υπόλοιπες οικίες γίνεται μία σύμπτυξη των παραπάνω.

4.4.6. Οικία 5

Η 5^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στην οδό Γ.Σεφέρη 18 των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 5 είναι:

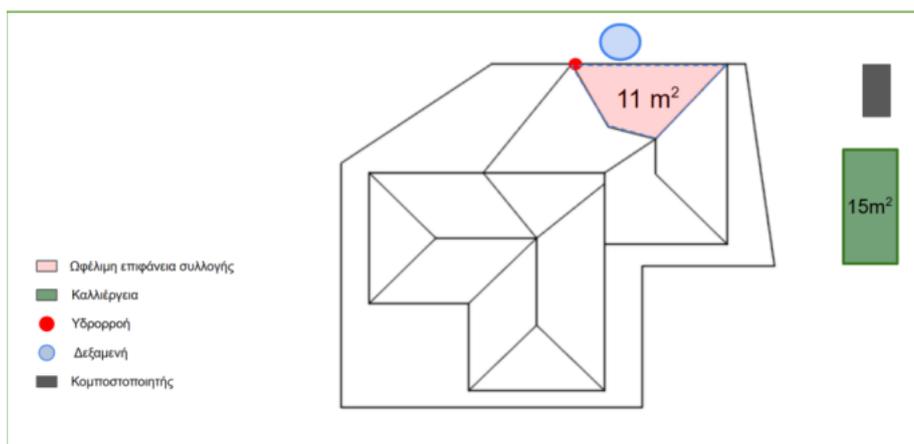
- Επιφάνεια στέγης: 173 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 11 m²
- Επιφάνεια κήπου: 15 m²



Εικόνα 16: Άποψη Οικίας 5



Εικόνα 17: Αεροφωτογραφία Οικίας 5



Σχήμα 12: Ανάλυση στέγης Οικίας 5

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 14.

Πίνακας 14: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 5

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 05	
Τοποθεσία	Γ. Σεφέρη 18, Τρίκη	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	173	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	11	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	60	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	15	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 60%.

4.4.7. Οικία 6

Η 6^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στη περιοχή Λογγάκι των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 6 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 110 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 35 m²

- Επιφάνεια κήπου: 25 m²

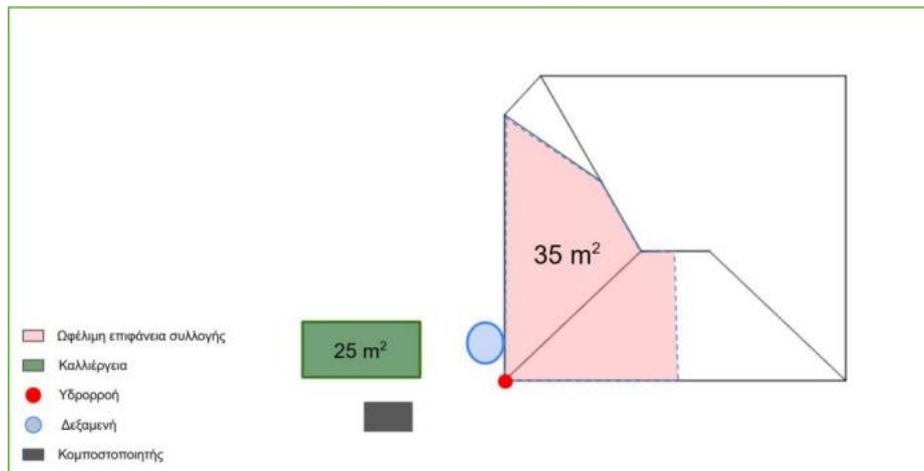
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 18: Άποψη Οικίας 6



Εικόνα 19: Αεροφωτογραφία Οικίας 6



Σχήμα 13: Ανάλυση στέγης Οικίας 6

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 15.

Πίνακας 15: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 6

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 06	
Τοποθεσία	Λογγάκι Τρικάλων (2)	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	110	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	35	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	65	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	25	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 65%.

4.4.8. Οικία 7

Η 7^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στη περιοχή Ριζάριο των Τρικάλων στην οδό Αρχιμήδη 7.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 7 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 246 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 63 m²
- Επιφάνεια κήπου: 25 m²

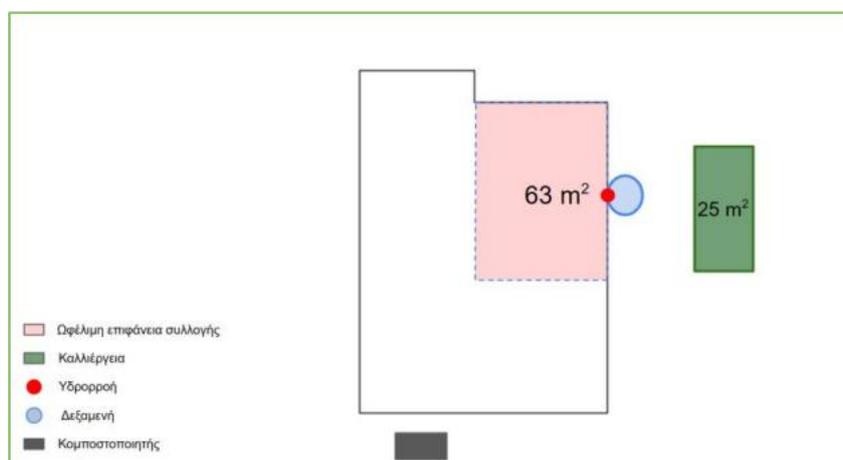
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 20: Άποψη Οικίας 7



Εικόνα 21: Αεροφωτογραφία Οικίας 7



Σχήμα 14: Ανάλυση στέγης Οικίας 7

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 16.

Πίνακας 16: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 7

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 07	
Τοποθεσία	Αρχιμήδη 7, Ριζαριό Τρικάλων	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	246	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	63	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	69	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	25	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 69%.

4.4.9. Οικία 8

Η 8^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στην οδό Ι.Βερναρδάκη 2 των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 8 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 168 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 10 m²
- Επιφάνεια κήπου: 12 m²

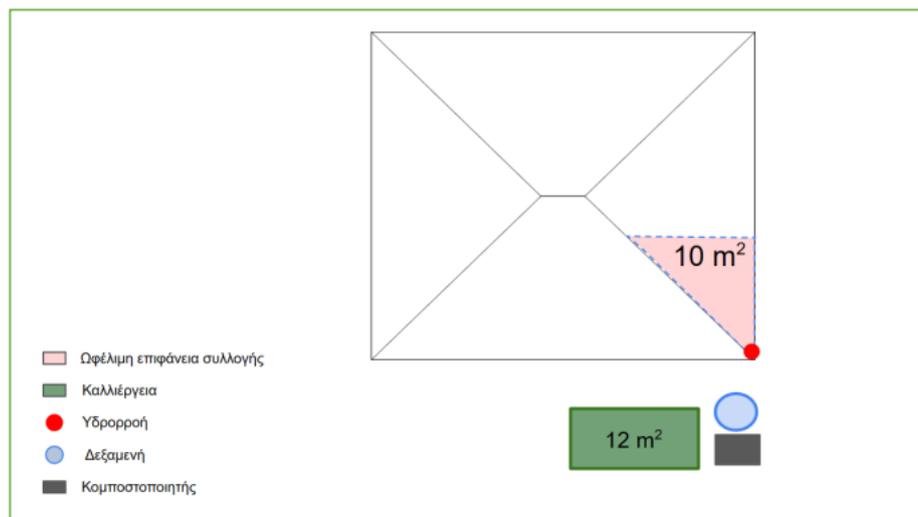
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 22: Άποψη Οικίας 8



Εικόνα 23: Αεροφωτογραφία Οικίας 8



Σχήμα 15: Ανάλυση στέγης Οικίας 8

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 17.

Πίνακας 17: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 8

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 08	
Τοποθεσία	Ι. Βερναρδάκη 2, Τρίκαλα	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	168	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	10	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	63	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	12	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 63%.

4.4.10. Οικία 9

Η 9^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στην οδό Σοφαδιτικού και Λάδωνος των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 9 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 100 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 18 m²
- Επιφάνεια κήπου: 20 m²

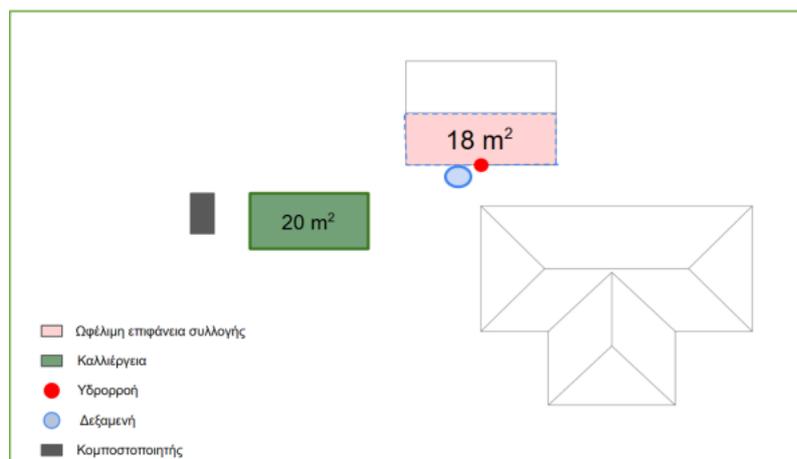
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 24: Άποψη Οικίας 9



Εικόνα 25: Αεροφωτογραφία Οικίας 9



Σχήμα 16: Ανάλυση στέγης Οικίας 9

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 18.

Πίνακας 18: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 9

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 09	
Τοποθεσία	Σοφαδιτικού και Λάδωνος, Τρίκαλα	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	100	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	18	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	62	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	20	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 62%.

4.4.11. Οικία 10

Η 10^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στη περιοχή Μεγάλα Καλύβια των Τρικάλων.

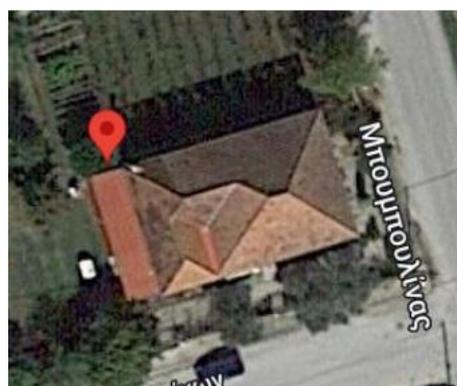
Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 10 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 210 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 27 m²
- Επιφάνεια κήπου: 15 m²

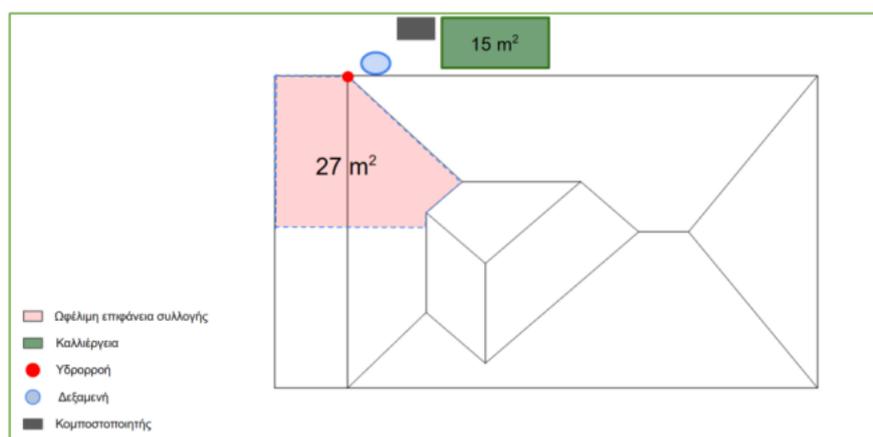
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 26: Άποψη Οικίας 10



Εικόνα 27: Αεροφωτογραφία Οικίας 10



Σχήμα 17: Ανάλυση στέγης Οικίας 10

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 19.

Πίνακας 19: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 10

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 10	
Τοποθεσία	Μεγάλα Καλύβια	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	210	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	27	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	72	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	15	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 72%.

4.4.12. Οικία 11

Η 11^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στη περιοχή Κηπάκι Δέλτα στην Καλαμπάκα.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 11 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 195 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 62 m²
- Επιφάνεια κήπου: 40 m²

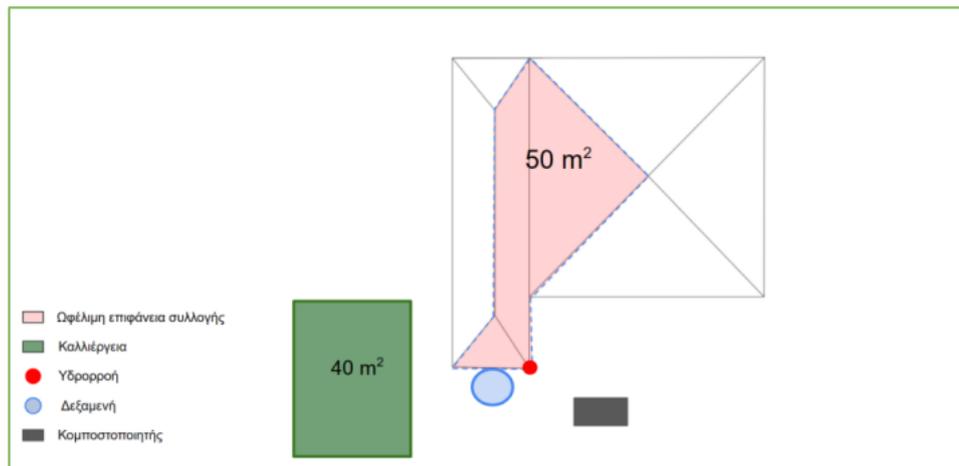
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας



Εικόνα 28: Αποψη Οικίας 11



Εικόνα 29: Αεροφωτογραφία Οικίας 11



Σχήμα 18: Ανάλυση στέγης Οικίας 11

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 20.

Πίνακας 20: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 11

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 11	
Τοποθεσία	Κηπάκι Δέλτα Καλαμπάκας	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	195	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	62	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	59	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	40	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 59%.

4.4.13. Οικία 12

Η 12^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στη περιοχή Μεγάλο Κεφαλόβρυσο των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 12 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 200 m²

- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 22 m²
- Επιφάνεια κήπου: 10 m²

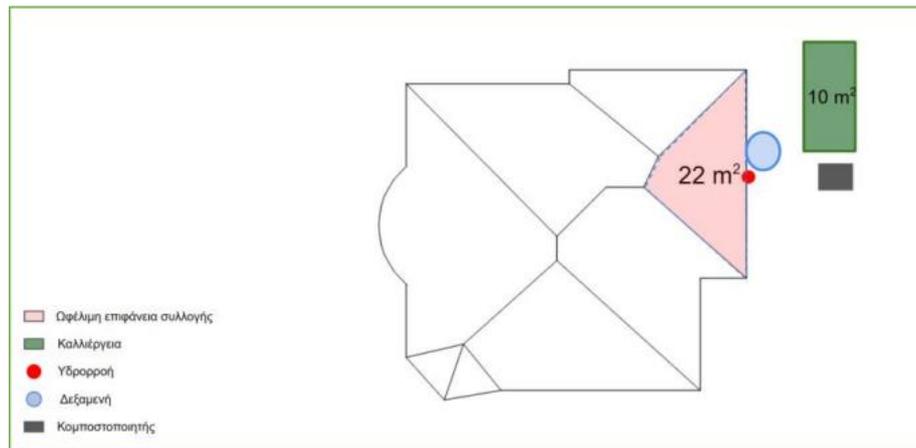
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας



Εικόνα 30: Άποψη Οικίας 12



Εικόνα 31: Αεροφωτογραφία Οικίας 12



Σχήμα 19: Ανάλυση στέγης Οικίας 12

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 21.

Πίνακας 21: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 12

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 12	
Τοποθεσία	Μεγάλο Κεφαλόβρυσο	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	200	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	22	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	78	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	10	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 78%.

4.4.14. Οικία 13

Η 13^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στην οδό Κρήνης 10 των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 13 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 160 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 45 m²
- Επιφάνεια κήπου: 13 m²

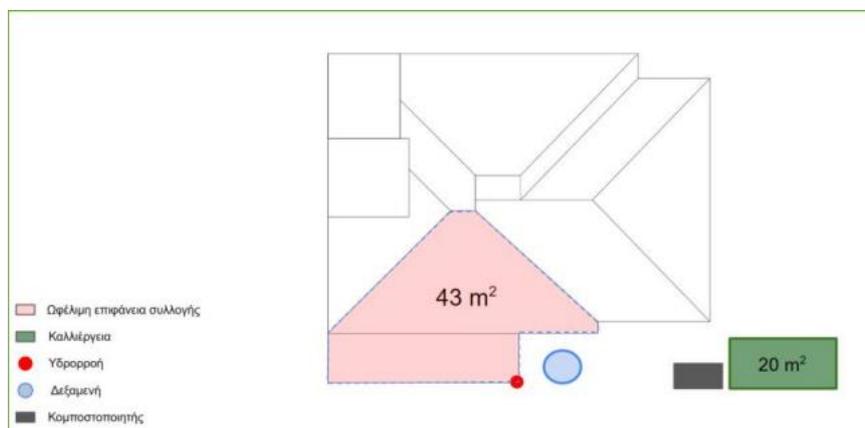
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 32: Άποψη Οικίας 13



Εικόνα 33: Αεροφωτογραφία Οικίας 13



Σχήμα 20: Ανάλυση στέγης Οικίας 13

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 22.

Πίνακας 22: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 13

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 13	
Τοποθεσία	Κρήνης 10, Τρίκαλα	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	160	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	45	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	79	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	13	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 79%.

4.4.15. Οικία 14

Η 14^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στη περιοχή Ρόγγια των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 14 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 176 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 55 m²
- Επιφάνεια κήπου: 20 m²

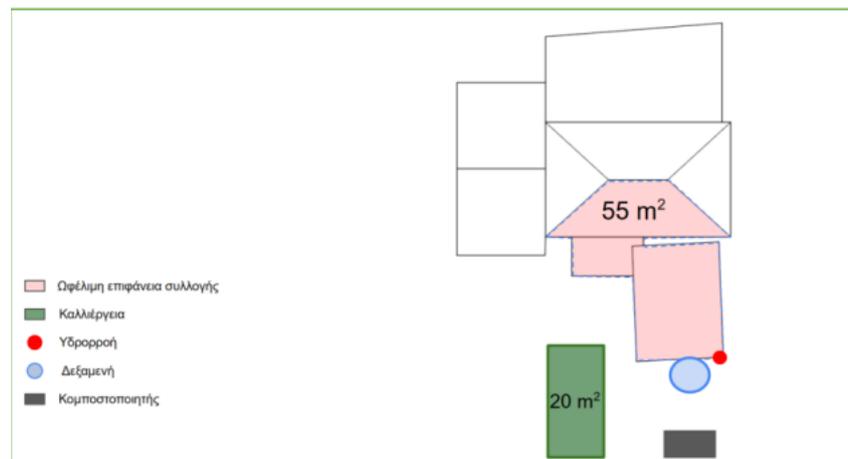
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 34: Άποψη Οικίας 14



Εικόνα 35: Αεροφωτογραφία Οικίας 14



Σχήμα 21: Ανάλυση στέγης Οικίας 14

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 23.

Πίνακας 23: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 14

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 14	
Τοποθεσία	Ρόγγια Τρικάλων (1)	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	176	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	55	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	68	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	20	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 68%.

4.4.16. Οικία 15

Η 15^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στη περιοχή Ρόγγια των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 15 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 350 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 40 m²

- Επιφάνεια κήπου: 20 m²

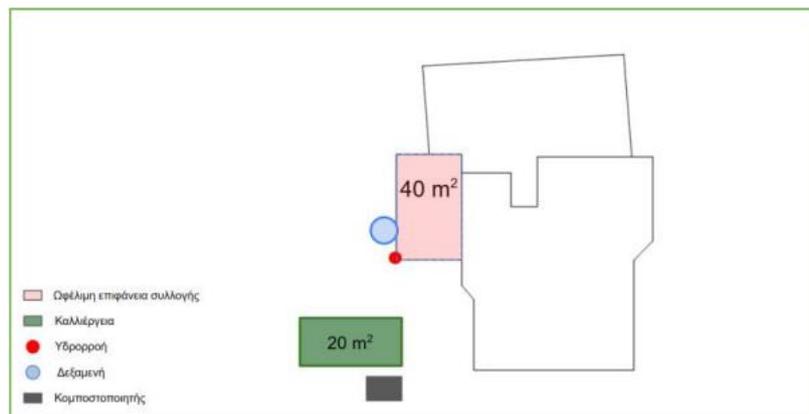
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 36: Άποψη Οικίας 15



Εικόνα 37: Αεροφωτογραφία Οικίας 15



Σχήμα 22: Ανάλυση στέγης Οικίας 15

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 24.

Πίνακας 24: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 15

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 15	
Τοποθεσία	Ρόγγια Τρικάλων (2)	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	350	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	40	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	70	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	20	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 70%.

4.4.17. Οικία 16

Η 16^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στην οδό Λευκάδας 3 των Τρικάλων.

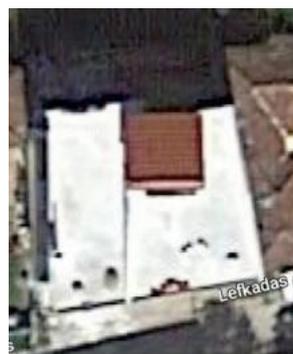
Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 16 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 120 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 30 m²
- Επιφάνεια κήπου: 20 m²

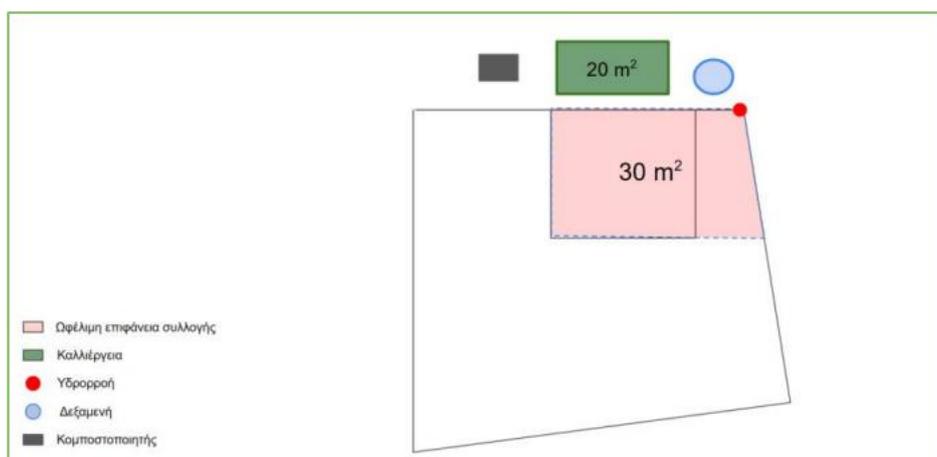
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 38: Άποψη Οικίας 16



Εικόνα 39: Αεροφωτογραφία Οικίας 16



Σχήμα 23: Ανάλυση στέγης Οικίας 16

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 25.

Πίνακας 25: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 16

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 16	
Τοποθεσία	Λευκάδας 3, Τρίκαλα	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	120	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	30	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	65	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	20	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 65%.

4.4.18. Οικία 17

Η 17^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στην οδό Βαλαωρίτου 47 των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 17 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 137 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 20 m²
- Επιφάνεια κήπου: 10 m²

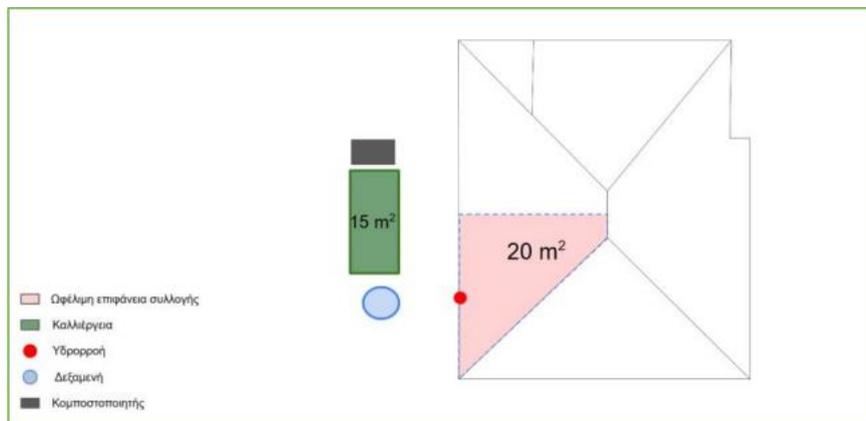
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 40: Άποψη Οικίας 17



Εικόνα 41: Αεροφωτογραφία Οικίας 17



Σχήμα 24: Ανάλυση στέγης Οικίας 17

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 26.

Πίνακας 26: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 17

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 17	
Τοποθεσία	Βαλαωρίτου 47, Τρίκαλα	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	137	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	20	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	73	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	10	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 73%.

4.4.19. Οικία 18

Η 18^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στη περιοχή Φλαμούλι των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 18 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 250 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 55 m²

- Επιφάνεια κήπου: 30 m²

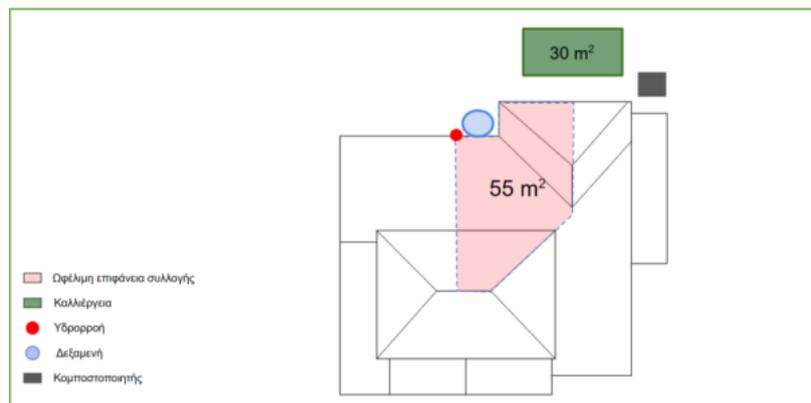
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 42: Άποψη Οικίας 18



Εικόνα 43: Αεροφωτογραφία Οικίας 18



Σχήμα 25: Ανάλυση στέγης Οικίας 18

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 27.

Πίνακας 27: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 18

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 18	
Τοποθεσία	Φλαμούλι Τρικάλων	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	250	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	55	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	60	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	30	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 60%.

4.4.20. Οικία 19

Η 19^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στην οδό Ναυαρίνου 4 των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 19 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 150 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 60 m²
- Επιφάνεια κήπου: 35 m²

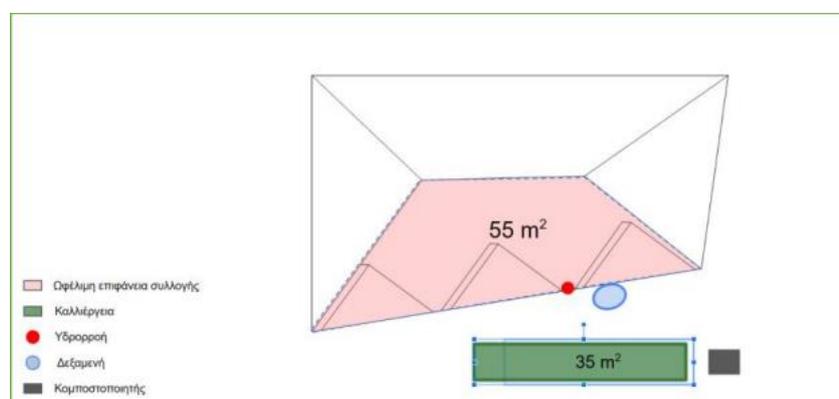
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 44: Άποψη Οικίας 19



Εικόνα 45: Αεροφωτογραφία Οικίας 19



Σχήμα 26: Ανάλυση στέγης Οικίας 19

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 28.

Πίνακας 28: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 19

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 19	
Τοποθεσία	Ναυαρίνου 4, Τρίκαλα	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	150	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	60	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	65	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	35	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 65%.

4.4.21. Οικία 20

Η 20^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στο τέρμα της οδού Μακεδονίας των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 20 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 128 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 25 m²
- Επιφάνεια κήπου: 15 m²

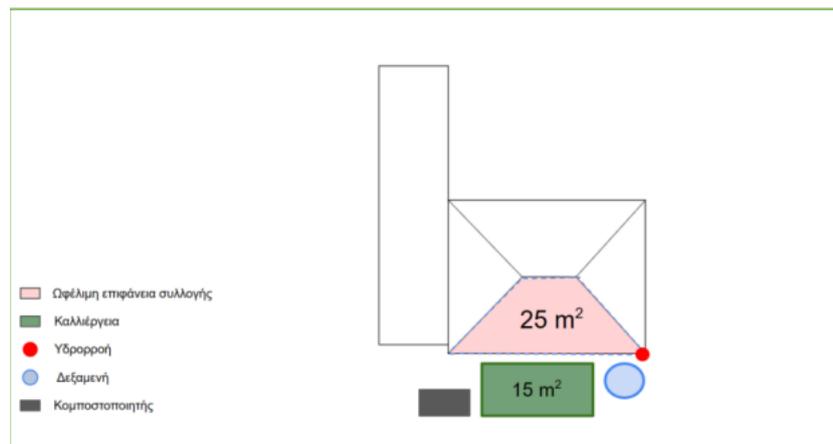
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 46: Άποψη Οικίας 20



Εικόνα 47: Αεροφωτογραφία Οικίας 20



Σχήμα 27: Ανάλυση στέγης Οικίας 20

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 29.

Πίνακας 29: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 20

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 20	
Τοποθεσία	Τέρμα Μακεδονίας	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	128	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	25	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	72	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	15	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 72%.

4.4.22. Οικία 21

Η 21^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στο τέρμα της οδού Νικολάου Πλαστήρα των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 2 είναι:

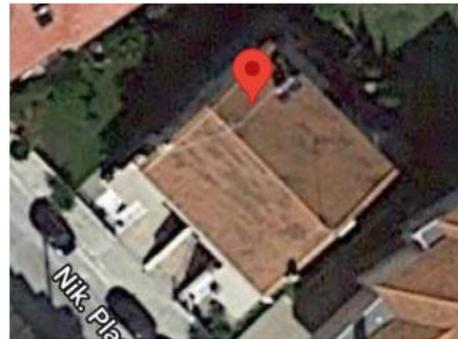
- Επιφάνεια στέγης: 110 m²

- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 35 m²
- Επιφάνεια κήπου: 25 m²

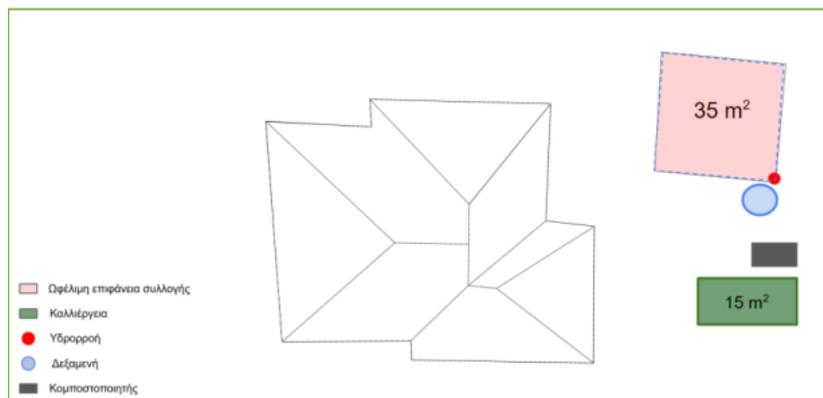
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 48: Άποψη Οικίας 21



Εικόνα 49: Αεροφωτογραφία Οικίας 21



Σχήμα 28: Ανάλυση στέγης Οικίας 21

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 30.

Πίνακας 30: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 21

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 21	
Τοποθεσία	Τέρμα Νικολάου Πλαστήρα	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	177	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	35	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	m ³
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	75	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	15	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 75%.

4.4.23. Οικία 22

Η 22^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στην οδό Γεωργίου Νάκου των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 22 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 95 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 45 m²
- Επιφάνεια κήπου: 15 m²

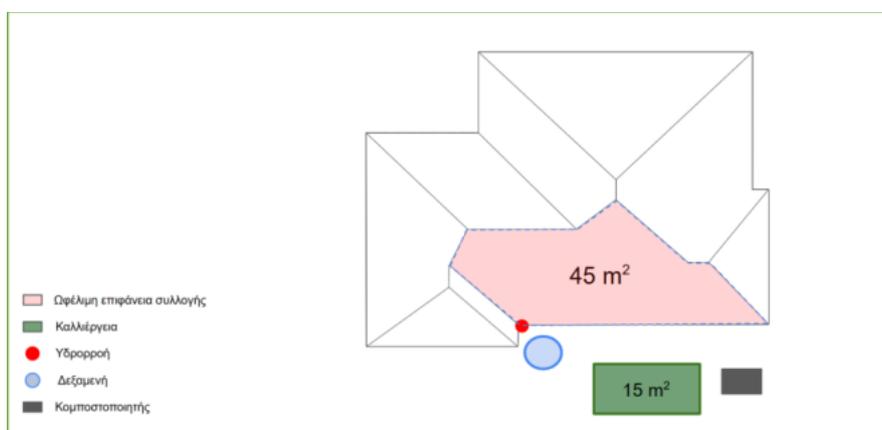
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 50: Άποψη Οικίας 22



Εικόνα 51: Αεροφωτογραφία Οικίας 22



Σχήμα 29: Ανάλυση στέγης Οικίας 22

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 31.

Πίνακας 31: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 22

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 22	
Τοποθεσία	Γεωργίου Νάκου 1, Τρίκαλα	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	95	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	45	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	77	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	15	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 77%.

4.4.24. Οικία 23

Η 23^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στη περιοχή Σωτήρα των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 23 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 160 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 45 m²
- Επιφάνεια κήπου: 35 m²

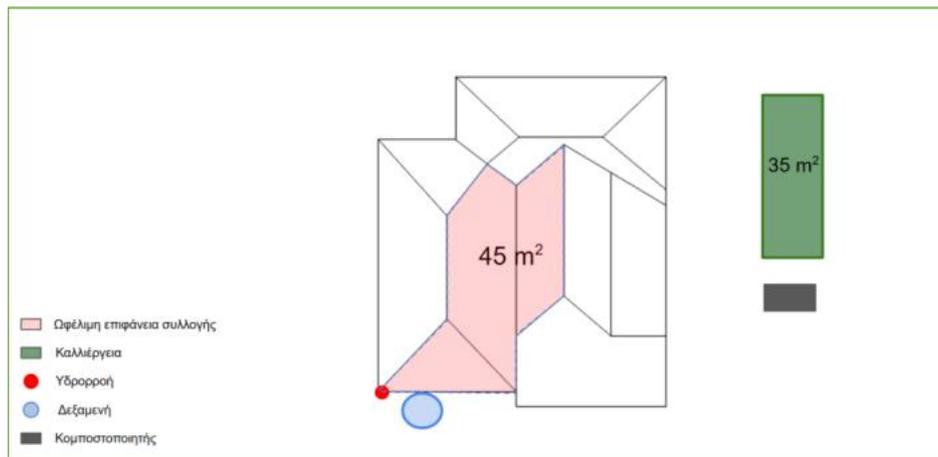
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 52: Άποψη Οικίας 23



Εικόνα 53: Αεροφωτογραφία Οικίας 23



Σχήμα 30: Ανάλυση στέγης Οικίας 23

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 32.

Πίνακας 32: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 23

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 23	
Τοποθεσία	Σωτήρα Τρικάλων	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	160	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	45	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	60	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	35	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 60%.

4.4.25. Οικία 24

Η 24^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στην συνοικία Αγίας Τριάδας των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 24 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 120 m²

- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 30 m²
- Επιφάνεια κήπου: 15 m²

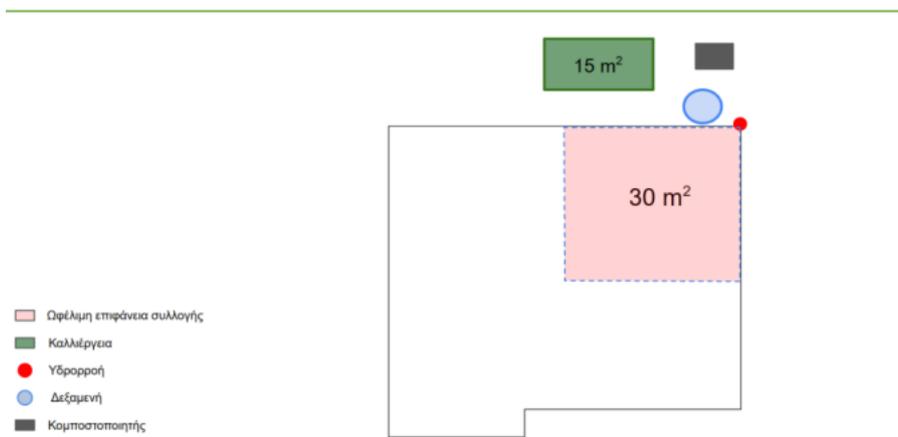
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 54: Άποψη Οικίας 24



Εικόνα 55: Αεροφωτογραφία Οικίας 24



Σχήμα 31: Ανάλυση στέγης Οικίας 24

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 33.

Πίνακας 33: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 24

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 24	
Τοποθεσία	Συνοικία Αγίας Τριάδας 163	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	120	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	30	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	74	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	15	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 74%.

4.4.26. Οικία 25

Η 25^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στην οδό Δροσίνη 5 των Τρικάλων.

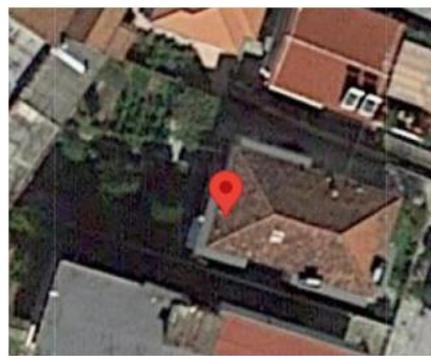
Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 25 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 150 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 30 m²
- Επιφάνεια κήπου: 40 m²

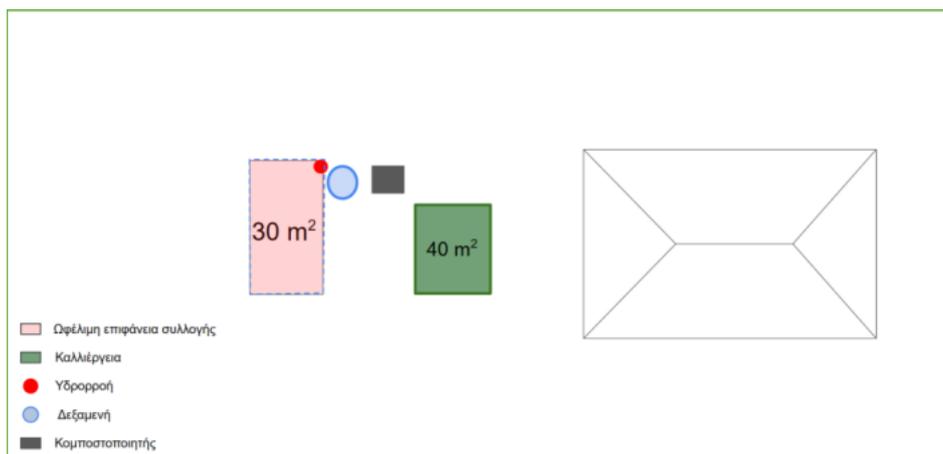
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 56: Άποψη Οικίας 25



Εικόνα 57: Αεροφωτογραφία Οικίας 25



Σχήμα 32: Ανάλυση στέγης Οικίας 25

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 34.

Πίνακας 34: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 25

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 25	
Τοποθεσία	Δροσίνη 5, Τρίκαλα	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	150	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	30	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	53	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	40	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 53%.

4.4.27. Οικία 26

Η 26^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στην οδό Σμύρνης 14 του Πυργετού Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 26 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 175 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 45 m²
- Επιφάνεια κήπου: 15 m²

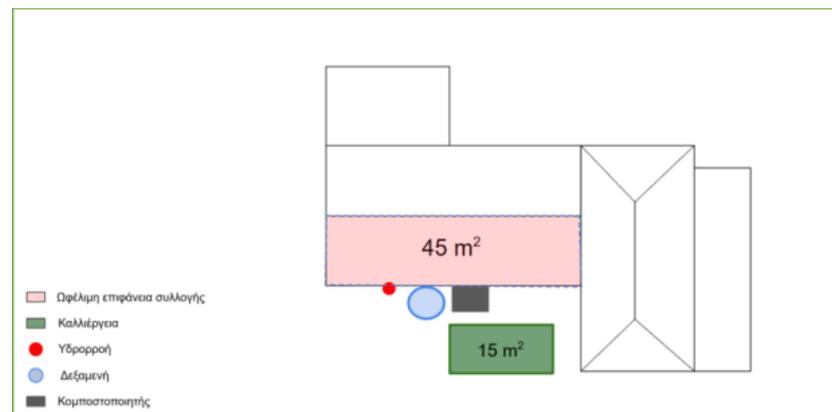
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 58: Άποψη Οικίας 26



Εικόνα 59: Αεροφωτογραφία Οικίας 26



Σχήμα 33: Ανάλυση στέγης Οικίας 26

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 35.

Πίνακας 35: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 26

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 26	
Τοποθεσία	Σμύρνης 14, Πυργετός	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	175	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	45	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	77	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	15	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 77%.

4.4.28. Οικία 27

Η 27^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή βρίσκεται στην οδό Κλεισθένη 3 των Τρικάλων.

Τα δεδομένα στέγης και κήπου της οικίας 27 είναι:

- Επιφάνεια στέγης: 128 m²
- Επιφάνεια στέγης που συλλέγει νερό: 26 m²

- Επιφάνεια κήπου: 15 m²

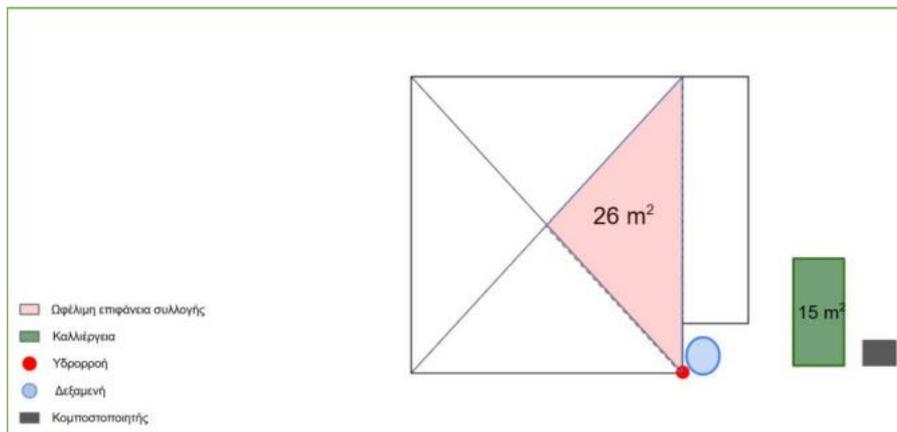
Παρακάτω παρουσιάζεται η άποψη, η αεροφωτογραφία και η ανάλυση της στέγης της οικίας.



Εικόνα 60: Άποψη Οικίας 27



Εικόνα 61: Αεροφωτογραφία Οικίας 27



Σχήμα 34: Ανάλυση στέγης Οικίας 27

Εφαρμόζοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 36.

Πίνακας 36: Αποτελέσματα Μοντέλου Οικίας 27

Κωδικός πιλοτικής εφαρμογής	House 27	
Τοποθεσία	Κλεισθένη 2, Τρίκαλα	
Εμβαδόν οροφής κτιρίου	128	m ²
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλογής νερού	26	m ²
Όγκος δεξαμενής συλλογής νερού	700	L
Αξιοπιστία συστήματος άρδευσης	72	%
Όγκος κομποστοποιητή	300	L
Επιφάνεια αστικής καλλιέργειας	15	m ²

Έτσι ο όγκος δεξαμενής συλλογής νερού προκύπτει 700 L με αξιοπιστία 72%.

Όπως φαίνεται και από την ανωτέρω , κατά την υλοποίηση των έργων εγκαταστάθηκαν δεξαμενές συλλογής βρόχινου νερού και κομποστοποιητές ίδιες σε όλες τις περιπτώσεις. Συγκεκριμένα εγκαταστάθηκαν δεξαμενές συλλογής νερού όγκου 700 L και κομποστοποιητές όγκου 300 L. Η συγκεκριμένη επιλογή γίνεται κυρίως για λόγους διαθεσιμότητας χώρου. Παρόλα αυτά παρατηρείται ότι με δεξαμενή 700 L ικανοποιείται ο περιορισμός της αξιοπιστίας άνω του 70% σε περίπου 14 από τις 27 εφαρμογές ενώ στην πλειονότητα των υπολοίπων η αξιοπιστία ανέρχεται σε ποσοστό άνω του 60%. Οπότε ο όγκος 700 L στην δεξαμενή συλλογής νερού ικανοποιεί σε μεγάλο βαθμό τις ανάγκες του έργου ως προς την άρδευση.

4.5. Μεθοδολογία αποτίμησης

4.5.1. Εισαγωγή

Για την αξιολόγηση των συστημάτων, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής χρησιμοποιήθηκαν 10 δείκτες απόδοσης συστήματος (KPI's). Η επιλογή των δεικτών βασίστηκε τόσο στους αρχικούς στόχους που τέθηκαν στο έργο CIRC4Food όσο και στον σχεδιασμό των συστημάτων. Οι δείκτες με το γράμμα «Π» αποτελούν τους περιβαλλοντικούς δείκτες ενώ οι δείκτες με το γράμμα «Ο» είναι οικονομικοί δείκτες. Στο πρόγραμμα CIRC4Food αξιολογήθηκαν επιπρόσθετα και κοινωνικοί δείκτες οι οποίοι όμως δεν αποτελούν αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

4.5.2. Δείκτες απόδοσης

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι δείκτες απόδοσης συστήματος που επιλέχθηκαν καθώς και ο τρόπος συλλογής των δεδομένων για την αποτίμηση του κάθε δείκτη.

Π1: Αστική Γεωργία

Εκφράζει τα τετραγωνικά μέτρα (m²) που αφιερώθηκαν στην αστική γεωργία είτε σε δημόσιους είτε σε ιδιωτικούς χώρους. Είναι αρκετά σημαντικός δείκτης αφού δείχνει με απλό τρόπο την ανάπτυξη των λαχανόκηπων στα Τρίκαλα.

Τα δεδομένα για τον προσδιορισμό αυτού του δείκτη προέκυψαν μέσω επιτόπιας παρατήρησης και με καταγραφή της επιφάνειας των αστικών λαχανόκηπων.

Π2: Ποσότητα βρόχινου νερού που συλλέχθηκε

Όπως γίνεται σαφές από το όνομα, ο δείκτης αυτός δείχνει πόσο βρόχινο νερό συλλέγεται από το σύστημα συλλογής νερού. Η μονάδα έκφρασης του είναι σε λίτρα ανά μήνα. Ο δείκτης Π2 πρακτικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι ποσοτικοποιεί την αποτελεσματικότητα του συστήματος συλλογής νερού και είναι αρκετά σημαντικός αφού δείχνει το κατά πόσο μπορεί να αξιοποιηθεί για άρδευση το συλλεγόμενο βρόχινο νερό. Ο στόχος είναι περί τα 500 L ανά μήνα ανά πιλοτική εφαρμογή.

Τα δεδομένα για τον προσδιορισμό αυτού του δείκτη προέκυψαν μέσω των αισθητήρων στάθμης, υγρασίας εδάφους και της ηλεκτροβάνας.

Π3: Μείωση νερού που χρησιμοποιήθηκε για παραγωγή λαχανικών

Εκφράζει το ποσοστό της ποσότητας του νερού για την άρδευση των κήπων με χρήση IoT σε σχέση με την ποσότητα νερού χωρίς IoT. Ο στόχος του έργου είναι τουλάχιστον 20% μείωσης. Η επίτευξη αυτού του στόχου θα αποδείκνυε έμπρακτα την συμβολή της τεχνολογίας και του IoT στην αειφορία της χρήσης των πόρων.

Τα δεδομένα για τον προσδιορισμό αυτού του δείκτη προέκυψαν μέσω των αισθητήρων στάθμης, υγρασίας εδάφους και της ηλεκτροβάνας.

Π4: Μείωση χρήσης πόσιμου νερού από το δίκτυο ύδρευσης

Εκφράζει το ποσοστό της μείωσης της χρήσης του πόσιμου νερού για άρδευση λόγω της χρήσης βρόχινου νερού. Ο στόχος του έργου είναι να γίνει μείωση τουλάχιστον 30%. Είναι πάρα πολύ σημαντικός δείκτης αφού αυτός είναι που τελικά ποσοτικοποιεί το κατά πόσο μειώθηκε η χρήση πόσιμου νερού για άρδευση.

Τα δεδομένα για τον προσδιορισμό αυτού του δείκτη προέκυψαν μέσω των αισθητήρων στάθμης, υγρασίας εδάφους και της ηλεκτροβάνας.

Π5: Αυτονομία συστήματος άρδευσης με βρόχινο νερό

Εκφράζει το ποσοστό των ημερών ανά μήνα που ο κήπος ποτίστηκε χωρίς την συμβολή του δικτύου ύδρευσης. Ο στόχος του έργου είναι να επιτευχθεί τουλάχιστον 70% αξιοπιστία.

Τα δεδομένα για τον προσδιορισμό αυτού του δείκτη προέκυψαν μέσω των αισθητήρων στάθμης, υγρασίας εδάφους και της ηλεκτροβάνας.

Π6: Μείωση ποσότητας τροφικών και φυτικών αποβλήτων

Εκφράζει την μάζα των οργανικών αποβλήτων που κατέληξαν στον κομποστοποιητή. Η μονάδα έκφρασης του δείκτη είναι κιλά ανά έτος (kg/έτος). Στόχος του έργου είναι μείωση της ποσότητας που πηγαίνει στους κάδους κατά 20%.

Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσω συνεντεύξεων των χρηστών, κατά τη διάρκεια των επισκέψεων πεδίου, αλλά και με ερωτηματολόγια.

Π7: Μείωση χρήσης λιπάσματος εμπορίου

Εκφράζει τη μάζα κομπόστ που παράγεται ανά έτος. Η μονάδα έκφρασης του δείκτη είναι κιλά ανά έτος (kg/έτος). Στόχος του έργου είναι να παραχθεί κομπόστ τουλάχιστον ίσο με το απαιτούμενο λίπασμα του εμπορίου.

Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσω συνεντεύξεων των χρηστών, κατά τη διάρκεια των επισκέψεων πεδίου, αλλά και με ερωτηματολόγια.

Ο1: Μείωση εξόδων κατανάλωσης νερού από το δίκτυο ύδρευσης

Εκφράζει το ποσοστό εξοικονόμησης του κόστους της χρήσης του νερού εξαιτίας της χρήσης βρόχινου νερού σε σχέση με το συνολικό κόστος νερού που απαιτείται σε κάθε πιλοτική εφαρμογή. Ο στόχος του έργου είναι να επιτευχθεί εξοικονόμηση τουλάχιστον 30%.

Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσω των αισθητήρων στάθμης, υγρασίας εδάφους και της ηλεκτροβάνας.

O2: Μείωση εξόδων αγοράς λιπασμάτων λόγω χρήσης κομπόστ

Εκφράζει το ποσοστό εξοικονόμησης στο κόστος λιπασμάτων εμπορίου εξαιτίας της χρήσης του παραγόμενου κομπόστ σε σχέση με το συνολικό κόστος για την αγορά λιπασμάτων εμπορίου.

Η συλλογή δεδομένων έγινε με συνεντεύξεις πεδίου από τους χρήστες.

O3: Μείωση συνολικού κόστους παραγωγής λαχανικών

Εκφράζει το ποσοστό εξοικονόμησης στο συνολικό κόστος παραγωγής των λαχανικών σε σχέση με το συνολικό αντίστοιχο κόστος χωρίς την χρήση του CIRC4Food. Πρακτικά αυτός ο δείκτης περιλαμβάνει και τον δείκτη O1 και τον O2.

Κεφάλαιο 5- Υλοποίηση Συστήματος και Αξιολόγηση

5.1.Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η πιλοτική λειτουργία των οικιακών συστημάτων μέσω φωτογραφικής καταγραφής των εφαρμογών στο πεδίο. Στην συνέχεια ακολουθεί η ποσοτική αποτίμηση των αποτελεσμάτων των συστημάτων μέσω της αξιολόγησης των δεικτών απόδοσης που επιλέχθηκαν.

5.2. Υλοποίηση Εφαρμογής

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω η κάθε οικιακή εφαρμογή αποτελείται από δύο μεγάλα υποσυστήματα. Το ένα είναι το σύστημα συλλογής νερού και το άλλο είναι το σύστημα κομποστοποίησης. Τα κύρια μέρη του συστήματος συλλογής νερού είναι η οροφή, η υδρορροή και η δεξαμενή συλλογής νερού. Τα κύρια μέρη του συστήματος κομποστοποίησης είναι ο κήπος και η δεξαμενή κομποστοποίησης. Όλα αυτά θα παρουσιαστούν ενδελεχώς, όπου υπάρχει διαθέσιμο φωτογραφικό υλικό, παρακάτω.

Οικία 1

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 1^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 62: Άποψη Οικίας 1



Εικόνα 63: Κήπος Οικίας 1



Εικόνα 64: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 1



Εικόνα 65: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 1

Οικία 2

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 2^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 66: Άποψη Οικίας 2



Εικόνα 67: Κήπος Οικίας 2



Εικόνα 68: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 2



Εικόνα 69: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 2

Οικία 3

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 3^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 70: Άποψη Οικίας 3



Εικόνα 71: Κήπος Οικίας 3



Εικόνα 72: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 3



Εικόνα 73: Σύστημα Κομποστοποίησης

Οικία 4

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 4^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 74: Άποψη Οικίας 4



Εικόνα 75: Κήπος Οικίας 4



Εικόνα 76: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 4



Εικόνα 77: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 4

Οικία 5

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 5^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 78: Άποψη Οικίας 5



Εικόνα 79: Κήπος Οικίας 5



Εικόνα 80: Σύστημα Συλλογής Νερού και Κομποστοποίησης Οικίας 5

Οικία 6

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 6^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 81: Άποψη Οικίας 6



Εικόνα 82: Κήπος Οικίας 6



Εικόνα 83: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 6



Εικόνα 84: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 6

Οικία 7

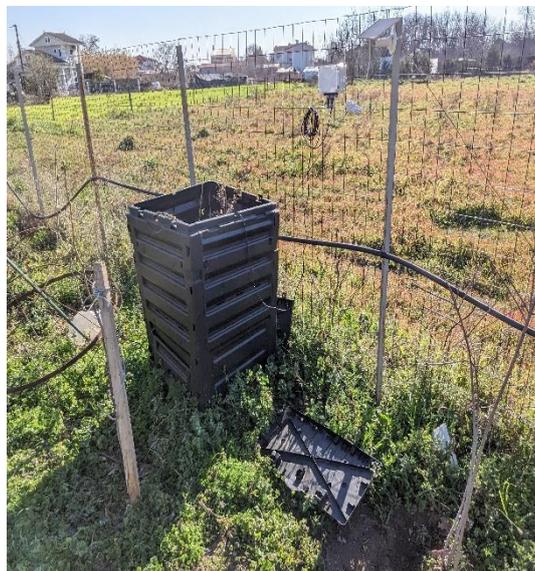
Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 7^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν τον κήπο της οικίας, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 85: Κήπος Οικίας 7



Εικόνα 86: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 7



Εικόνα 87: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 7

Οικία 8

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 8^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 88: Άποψη Οικίας 8



Εικόνα 89: Κήπος Οικίας 8



Εικόνα 90: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 8



Εικόνα 91: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 8

Οικία 9

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 9^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 92: Άποψη Οικίας 9



Εικόνα 93: Κήπος Οικίας 9



Εικόνα 94: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 9



Εικόνα 95: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 9

Οικία 10

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 10^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της και την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού.



Εικόνα 96: Άποψη Οικίας 10



Εικόνα 97: Κήπος Οικίας 10



Εικόνα 98: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 10

Οικία 11

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 11^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν τον κήπο της οικίας, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 99: Κήπος Οικίας 11



Εικόνα 100: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 11



Εικόνα 101: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 11

Οικία 12

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 12^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 102: Άποψη Οικίας 12



Εικόνα 103: Κήπος Οικίας 12



Εικόνα 104: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 12



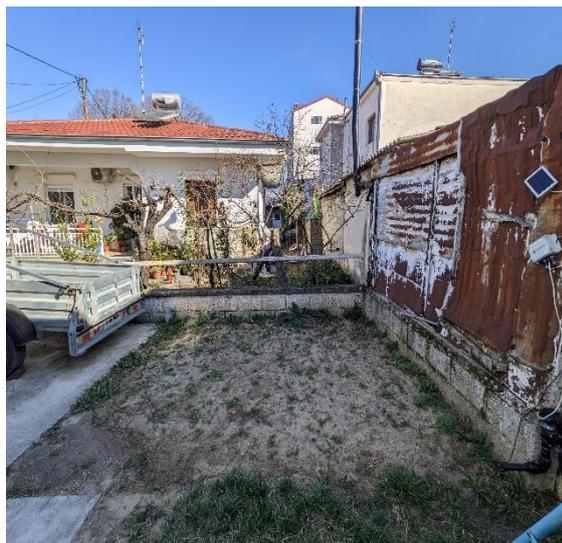
Εικόνα 105: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 12

Οικία 13

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 13^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 106: Άποψη Οικίας 13



Εικόνα 107: Κήπος Οικίας 13



Εικόνα 108: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 13



Εικόνα 109: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 13

Οικία 14

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 14^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της και την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού.



Εικόνα 110: Άποψη Οικίας 14



Εικόνα 111: Κήπος Οικίας 14



Εικόνα 112: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 14

Οικία 15

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 15^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 113: Άποψη Οικίας 15



Εικόνα 114: Κήπος Οικίας 15



Εικόνα 115: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 15



Εικόνα 116: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 15

Οικία 16

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 16^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 117: Άποψη Οικίας 16



Εικόνα 118: Κήπος Οικίας 16



Εικόνα 119: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 16



Εικόνα 120: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 16

Οικία 17

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 17^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της και την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού.



Εικόνα 121: Άποψη Οικίας 17



Εικόνα 122: Κήπος Οικίας 17



Εικόνα 123: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 17

Οικία 18

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 18^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 124: Άποψη Οικίας 18



Εικόνα 125: Κήπος Οικίας 18



Εικόνα 126: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 18



Εικόνα 127: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 18

Οικία 19

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 19^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 128: Άποψη Οικίας 19



Εικόνα 129: Κήπος Οικίας 19



Εικόνα 130: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 19



Εικόνα 131: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 19

Οικία 20

Δεν υπάρχουν διαθέσιμες φωτογραφίες του συστήματος.

Οικία 21

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 21^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 132: Άποψη Οικίας 21



Εικόνα 133: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 21



Εικόνα 134: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 21

Οικία 22

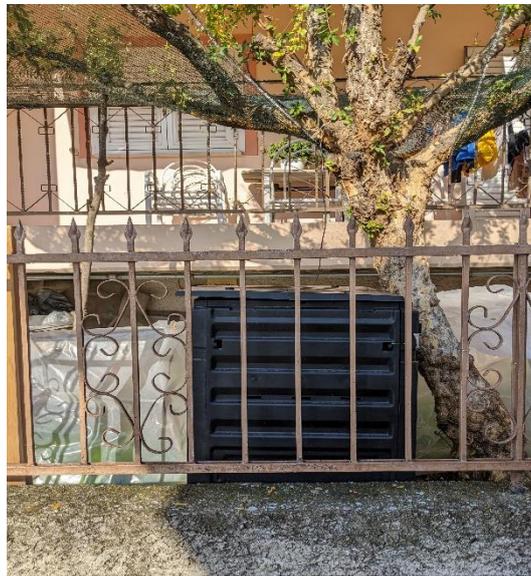
Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 22^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν τον κήπο της οικίας, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 135: Κήπος Οικίας 22



Εικόνα 136: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 22



Εικόνα 137: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 22

Οικία 23

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 23^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της και την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού.



Εικόνα 138: Άποψη Οικίας 23



Εικόνα 139: Κήπος Οικίας 23



Εικόνα 140: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 23

Οικία 24

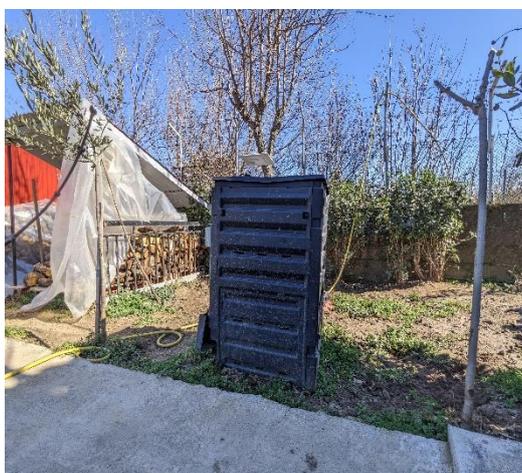
Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 24^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν τον κήπο της οικίας, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 141: Κήπος Οικίας 24



Εικόνα 142: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 24



Εικόνα 143: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 24

Οικία 25

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 25^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, τον κήπο της, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 144: Άποψη Οικίας 25



Εικόνα 145: Κήπος Οικίας 25



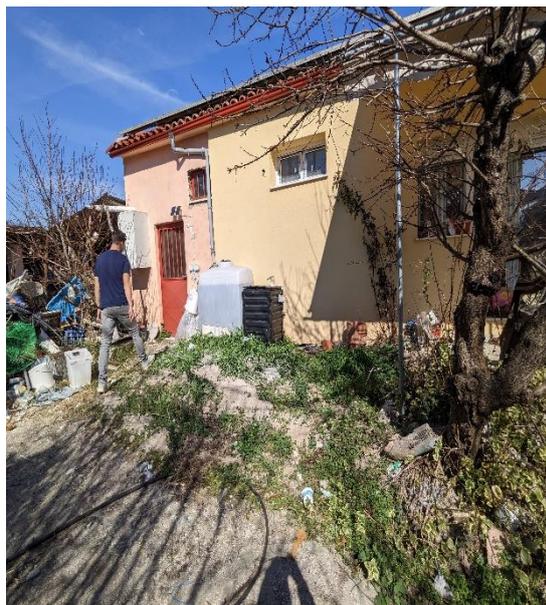
Εικόνα 146: Σύστημα Συλλογής Νερού και Κομποστοποίησης Οικίας 25

Οικία 26

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 26^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν την άποψη της οικίας, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 147: Αποψη Οικίας 26



Εικόνα 148: Σύστημα Συλλογής Νερού και Κομποστοποίησης 26

Οικία 27

Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφικό υλικό από την 27^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Περιλαμβάνουν τον κήπο της οικίας, την δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού και τον κομποστοποιητή.



Εικόνα 149: Κήπος Οικίας 27



Εικόνα 150: Σύστημα Συλλογής Νερού Οικίας 27



Εικόνα 151: Σύστημα Κομποστοποίησης Οικίας 27

5.3. Αξιολόγηση Δεικτών Απόδοσης

5.3.1. Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας ενότητας είναι η μεθοδολογία επεξεργασίας των δεδομένων κάθε οικιακού συστήματος που αντλήθηκαν από την ψηφιακή πλατφόρμα του έργου, ενδεικτικά για την 1^η πιλοτική οικιακή εφαρμογή. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών των δεικτών απόδοσης και των υπόλοιπων οικιακών εφαρμογών και αξιολογούνται. Για τους δείκτες των οποίων ο υπολογισμός δεν μπορεί να γίνει με βάση τα δεδομένα από τους αισθητήρες (π.χ Δείκτης Π6), συλλέχθηκαν δεδομένα με ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις με τους κατοίκους. Τέλος, στις περιπτώσεις που τα δεδομένα των αισθητήρων κρίθηκαν αναξιόπιστα, είτε γιατί είχαν κάποιο σφάλμα είτε γιατί μπορεί και να μην είχαν ακόμα τοποθετηθεί οι ίδιοι οι αισθητήρες, έγινε χρήση του μοντέλου σχεδιασμού που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4.

5.3.2. Επεξεργασία δεδομένων πλατφόρμας

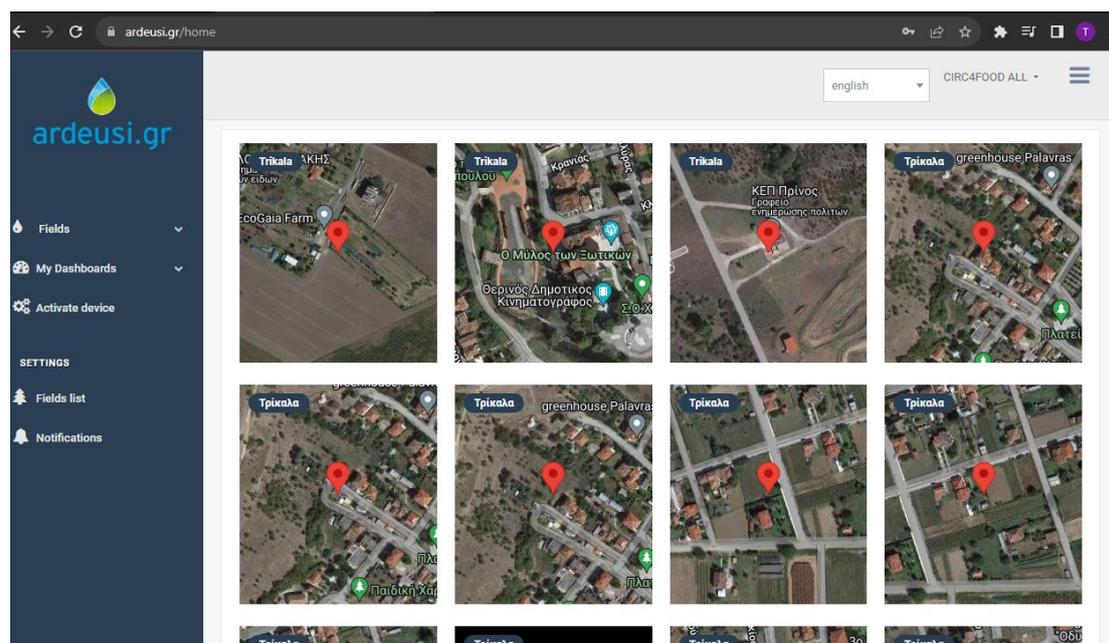
Τα δεδομένα για κάποιους από τους δείκτες απόδοσης λαμβάνονται από τους αισθητήρες. Οι καταγραφές των αισθητήρων αποθηκεύονται στην διαδικτυακή πλατφόρμα του CIRC4food όπου οι ιδιοκτήτες και βασικοί συντελεστές του έργου έχουν πρόσβαση. Η εν λόγω ιστοσελίδα είναι η ardeusi.gr.

Στην Εικόνα 18 παρουσιάζεται η αρχική οθόνη του site.



Εικόνα 152: Αρχική Οθόνη της ιστοσελίδας ardeusi.gr

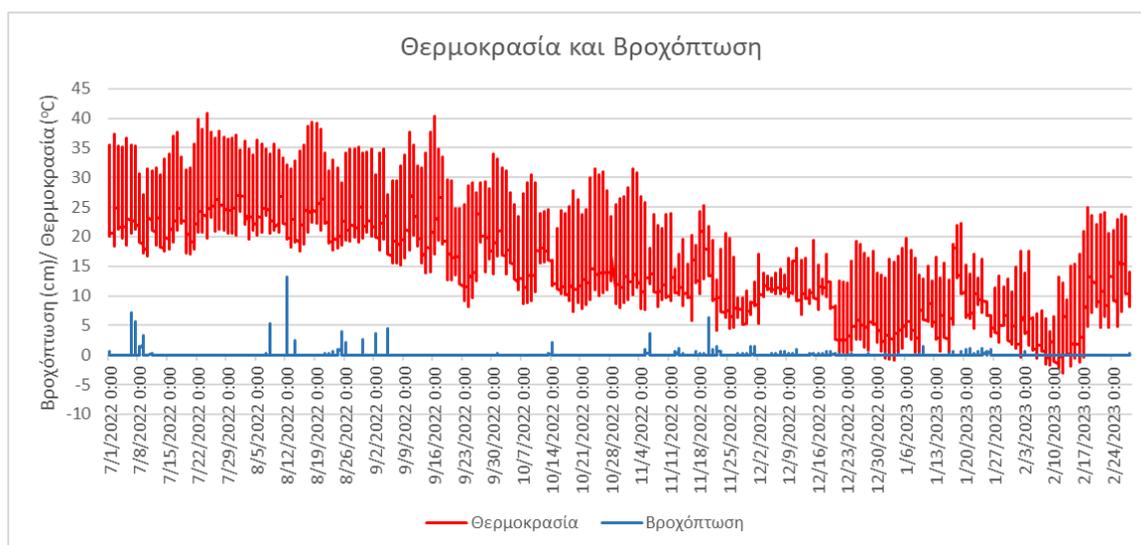
Αφού καταχωρηθούν το e-mail και το password τότε ο χρήστης αποκτάει πρόσβαση στα δεδομένα του έργου. Στην Εικόνα 19 παρουσιάζεται η αρχική οθόνη κατόπιν της πρόσβασης.



Εικόνα 153: Αρχική σελίδα κατόπιν πρόσβασης

Στο πλαίσιο αριστερά στην οθόνη ο χρήστης μπορεί να επιλέξει είτε να δει τα δεδομένα στην εγκατάσταση του, είτε να δει μετεωρολογικά δεδομένα και έχει επίσης και την δυνατότητα να ενεργοποιήσει κάποια από τις ηλεκτροβάνες του έργου.

Για να γίνει η αξιολόγηση του έργου αρχικά έπρεπε να συλλεχθούν τα μετεωρολογικά δεδομένα. Τα μετεωρολογικά δεδομένα που επιλέγονται είναι η θερμοκρασία και η βροχόπτωση όπως αυτά συλλέχθηκαν από τον Μύλο Ματσόπουλου. Το διάστημα μελέτης είναι από την 1^η Ιουλίου του 2022 έως την 28^η Φλεβάρη του 2023. Στο Σχήμα 35 είναι τα γραφήματα βροχής και θερμοκρασίας.



Σχήμα 35: Βροχόπτωση και Θερμοκρασία

Οι ακρότατες τιμές θερμοκρασίας σε αυτή την περίοδο είναι -3 και 40.8 °C με μέση θερμοκρασία 16.7 °C. Η μέγιστη βροχόπτωση είναι 13.2 mm.

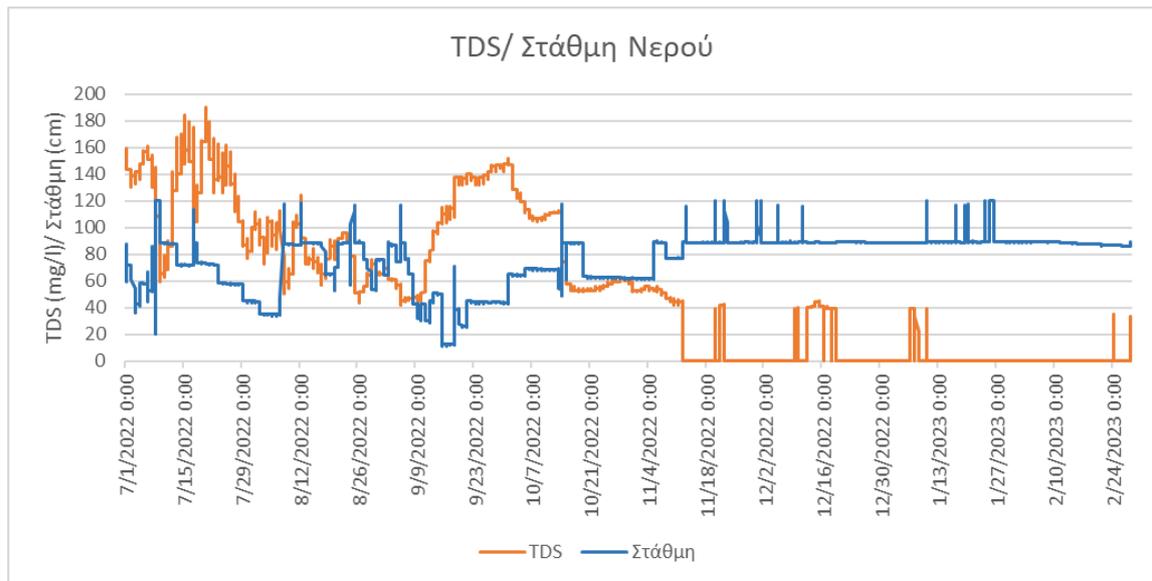
Στη συνέχεια συλλέχθηκαν τα δεδομένα από τους αισθητήρες της Οικίας 1. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 4, υπάρχουν αισθητήρες στη δεξαμενή και στον κήπο μέσα στο έδαφος. Από τους αισθητήρες στη δεξαμενή συλλέγονται τα δεδομένα για:

- Τη στάθμη του νερού στη δεξαμενή
- Τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) στο νερό της δεξαμενής
- Την κατάσταση της ηλεκτροβάνας. Δηλαδή εάν ποτίζουμε ή όχι. Ειδικά ο τελευταίος δείκτης έχει κάποιες ιδιαιτερότητες που θα συζητηθούν παρακάτω.

Από τους αισθητήρες στο έδαφος συλλέγονται τα δεδομένα για:

- Την υγρασία του εδάφους

Στο Σχήμα 36 παρακάτω παρουσιάζονται τα δεδομένα TDS και στάθμης νερού στη δεξαμενή.



Σχήμα 36: Γράφημα Ολικών Διαλυμένων Στερεών (TDS) και Στάθμης (cm)

Οι ακρότατες τιμές των TDS είναι 0 και 190 mg/L με μέση τιμή 59 mg/L.

Οι ακρότατες τιμές της στάθμης νερού είναι 11.2 cm και 120 cm με μέση τιμή 74.6 mg/L.

Κάτι στο οποίο πρέπει να δοθεί προσοχή είναι τα όρη στο διάγραμμα στάθμης νερού. Θα μπορούσαν να οφείλονται σε βροχόπτωση αλλά όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η άνοδος της στάθμης στη δεξαμενή μπορεί να οφείλεται και σε γέμισμα από το νερό του δικτύου. Ο διαχωρισμός αυτών των δύο περιπτώσεων είναι και η πρόκληση για την αξιολόγηση της εφαρμογής καθώς μία λάθος εκτίμηση μπορεί είτε να υπερεκτιμήσει τις δυνατότητες του συστήματος είτε να τις υποεκτιμήσει. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει και την χρήση των υπόλοιπων δύο δεδομένων: Της υγρασίας εδάφους και της λειτουργίας της ηλεκτροβάνας.

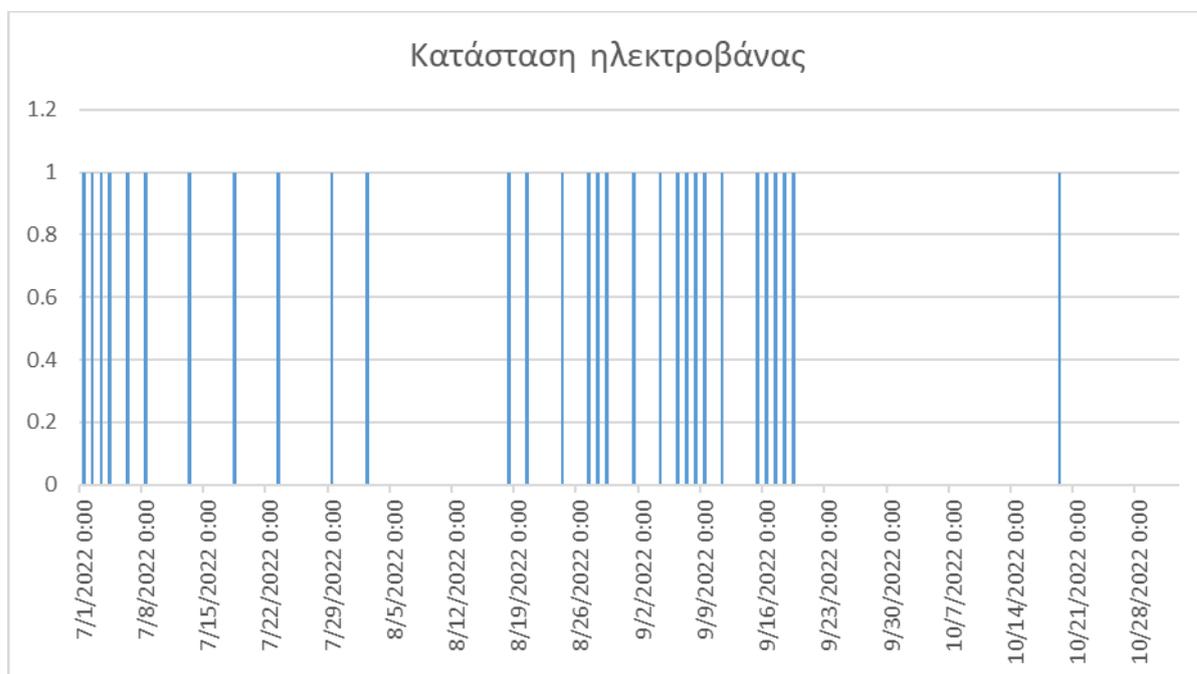
Στο Σχήμα 37 παρουσιάζεται η υγρασία εδάφους.



Σχήμα 37: Υγρασία Εδάφους

Οι ακρότατες τιμές της υγρασίας εδάφους είναι 43 και 51% με μέση υγρασία 34.4%

Στο Σχήμα 38 παρουσιάζεται η κατάσταση της ηλεκτροβάνας (πρακτικά δείχνει τα ποτίσματα):



είναι σχεδόν πανομοιότυπα με τα πρωτότυπα. Το νέο κοινό χρονικό βήμα είναι περίπου 10 λεπτά.

Όπως ειπώθηκε και προηγουμένως μία «δουλειά» που πρέπει να γίνει πριν ξεκινήσουμε τον υπολογισμό του νερού άρδευσης είναι να μειωθούν, εάν αυτό πρέπει, οι τιμές που η ηλεκτροβάννα είναι ψευδώς ενεργοποιημένη.

Έγινε μία ταξινόμηση στα δεδομένα της ηλεκτροβάννας και επιλέχθηκαν όλες οι φορές που είχε την τιμή 1. Εάν σε λιγότερο από μισή ώρα παρουσιαζόταν περισσότερες από μία ενδείξεις τότε οι επιπλέον ενδείξεις προφανώς αφού ήταν ψευδείς αφαιρέθηκαν. Έτσι έγινε μείωση των κύκλων που εμφανιζόταν από 254 σε μόλις 82.

Στο Σχήμα 39 φαίνεται το καινούργιο σχεδιάγραμμα της κατάστασης της ηλεκτροβάννας.



Σχήμα 39: Διορθωμένο σχήμα κατάστασης ηλεκτροβάννας

Αφού έγινε αυτό μετά υπολογίστηκε το βρόχινο νερό. Για να υπολογιστεί το βρόχινο νερό επιλέχθηκαν όλες οι μέρες που καταγράφεται βροχή στα μετεωρολογικά δεδομένα και αθροίστηκαν όλες οι θετικές μεταβολές της στάθμης σε κάθε βρόχινο επεισόδιο. Δηλαδή εφαρμόστηκαν οι σχέσεις:

$$\Delta H_{i+1} = H_{i+1} - H_i$$

όπου:

i = αρχή του επεισοδίου βροχής

$i+1$ = πέρασ του επεισοδίου βροχής

H_{i+1} = στάθμη στο πέρασ

H_i = στάθμη στην αρχή

ΔH_{i+1} = μεταβολή στάθμης στο πέρασ

Το άθροισμα όλων των μεταβολών στάθμης των επεισοδίων βροχής, j , που δίνει το συνολικό ύψος βρόχινου νερού που μπήκε στη δεξαμενή (H_{in} σε cm), δίνεται από τη σχέση:

$$H_{in} = \sum_j \Delta H_{i+1}(j)$$

Ακολουθώντας αυτή τη διαδικασία προέκυψε ότι στην δεξαμενή λόγω βροχής μπήκαν στο διάστημα Ιουλίου-Φεβρουαρίου 264.16 cm=2.6416 m νερού.

Η μετατροπή σε όγκο νερού γίνεται από τη σχέση:

$$V_{in} = H_{in} \cdot A$$

όπου:

A: εμβαδόν δεξαμενής (m^2)

Αφού οι διαστάσεις σε κάτοψη της δεξαμενής είναι 0.55 m πλάτος x 1.2 m μήκος το εμβαδόν της είναι $0.7975 m^2$.

Άρα προκύπτει όγκος βρόχινου νερού $V_{in}=2.1 m^3$.

Έχοντας προσδιορίσει τον όγκο του βρόχινου νερού, στη συνέχεια υπολογίζεται ο συνολικός όγκος νερού που χρησιμοποιήθηκε για πότισμα.

Ο υπολογισμός του όγκου νερού άρδευσης θα ήταν μία αρκετά επίπονη διαδικασία με βάση τα συγκεκριμένα δεδομένα. Ίσως η μεγαλύτερη ακρίβεια θα απαιτούσε ένα συνδυασμό των δεδομένων βροχής, υγρασίας εδάφους, της λειτουργίας της ηλεκτροβάνας και των αρνητικών μεταβολών στάθμης της δεξαμενής. Δηλαδή κατά κάποιο τρόπο να βρεθούν όλες εκείνες οι στιγμές όπου:

- Δεν καταγράφεται βροχόπτωση
- Η υγρασία του εδάφους αυξάνεται
- Η ηλεκτροβάννα λειτουργεί
- Υπάρχει μείωση της στάθμης της δεξαμενής

Και αφού βρεθούν όλες οι στιγμές που ισχύουν ταυτόχρονα και οι 4 συνθήκες να ακολουθηθεί ακριβώς η ίδια διαδικασία με τον υπολογισμό του ύψους του βρόχινου νερού. Η διαφορά στην πολυπλοκότητα των δύο περιπτώσεων είναι ότι όταν γινόταν υπολογισμός του βρόχινου νερού αρκούσε να υπάρχει βροχόπτωση και να υπάρχει αύξηση της στάθμης κάτι που προφανώς ήταν και συχνό να συμβαίνει. Έτσι είναι μόνο 2 συνθήκες που έπρεπε να ικανοποιούνται.

Άρα λοιπόν οι ανάλυση με 4 ταυτόχρονους περιορισμούς είναι αρκετά επίπονη και ίσως και πιο επιρρεπής σε σφάλματα. Αντί αυτού και κατόπιν συζήτησης και με κατοίκους εμπειρικά λαμβάνεται ότι κάθε κύκλος άρδευσης απαιτεί $0.1 m^3$ νερού για τις συγκεκριμένες καλλιέργειες. Έτσι αφού βρέθηκαν 82 κύκλοι άρδευσης, η συνολική ποσότητα νερού που αρδεύτηκε ανέρχεται στα $0.1 \times 82 = 8.2 m^3$.

Αφού το νερό που αρδεύτηκε συνολικά είναι 8.2 m^3 και το βρόχινο νερό υπολογίστηκε στα 2.1 m^3 , αυτό σημαίνει ότι το νερό δικτύου που χρησιμοποιήθηκε είναι: $8.2 \text{ m}^3 - 2.1 \text{ m}^3 = 6.1 \text{ m}^3$.

Έτσι το ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού ανέρχεται στα 26%.

Στον Πίνακα 37 παρουσιάζονται συνοπτικά οι τελευταίοι υπολογισμοί.

Πίνακας 37: Συνοπτικά Αποτελέσματα Ανάλυσης Συλλογής Νερού

Rainwater in (m^3)	2.1
Valve openings	82
Irrigation/opening(m/cycle)	0.12
Tank area(m^2)	0.80
Irrigation/cycle(m^3)	0.10
Irrigated water(m^3)	8.2
Network water(m^3)	6.1
Rainwater(%)	26
Network(%)	74

Ένα τελευταίο ερώτημα που προκύπτει ως προς την αξιοπιστία της μεθόδου είναι το αν οι 82 κύκλοι άρδευσης είναι σωστή εκτίμηση, διότι όπως αναφέρθηκε είναι κυρίως οπτική διαδικασία: Εάν παρατηρηθούν πολλά ανοίγματα της ηλεκτροβάνας διαδοχικά σε μικρό χρονικό διάστημα απορρίπτονται τα περισσευόμενα και διατηρείται μόνο 1. Το εάν είναι σωστή η εκτίμηση προκύπτει συγκρίνοντας τα διαγράμματα βροχόπτωσης και υγρασίας εδάφους. Εάν στο διάγραμμα παρατηρείται ότι δεν υπάρχει βροχόπτωση αλλά υπάρχει άνοδος της υγρασίας τότε σημαίνει ότι είναι ανοιχτή η ηλεκτροβάνα εκείνη τη στιγμή. Εάν μετρώντας τις κορυφές το διαγράμματος υγρασίας εκτός βροχοπτώσεων προκύψει αριθμός κοντά στο 80 αυτό σημαίνει ότι η υπόθεση είναι σωστή και ότι επίσης και οι αισθητήρες λειτουργούν σωστά.

Στο Σχήμα 40 παρουσιάζεται το διάγραμμα της υγρασίας σε σχέση με τη βροχόπτωση:



Σχήμα 40: Διάγραμμα Βροχόπτωσης και Υγρασίας Εδάφους

Αν μετρηθούν οι κορυφές στα χρονικά διαστήματα που δεν υπάρχει βροχόπτωση προκύπτει ότι είναι γύρω στις 85-90. Αρκετά κοντά στο 82 που προέκυψε με τη μέθοδο που εφαρμόστηκε.

Έτσι η μείωση στη χρήση πόσιμου νερού του δικτύου ανέρχεται γύρω στο 25-26%.

5.3.3. Αξιολόγηση Δεικτών Οικιακών Εφαρμογών

Με την παραπάνω διαδικασία προέκυψε ο δείκτης Π4 για την Οικία 1 ο οποίος είναι ίσως ο πιο κρίσιμος δείκτης. Κατάλληλες διαδικασίες, που περιγράφονται και στο κεφάλαιο 4 στην ανάλυση των δεικτών, εφαρμόστηκαν και για τους υπόλοιπους δείκτες της Οικίας 1 αλλά και των υπόλοιπων πιλοτικών εφαρμογών και προέκυψε ο Πίνακας 40 ο οποίος βρίσκεται στο τέλος του 5.3.3.

Δείκτης Π1: Αστική Γεωργία

Ο δείκτης Π1 εκφράζει τους χώρους που μετατράπηκαν σε αστικούς λαχανόκηπους. Προκύπτει από την επιφάνεια των λαχανόκηπων.

Στο σύνολο η επιφάνεια των οικιακών λαχανόκηπων είναι 550 m². Το εύρος τους είναι από 10 έως 45 m² ενώ η μέση επιφάνεια τους είναι περίπου 20 m².

Δεν υπάρχει ξεκάθαρος στόχος για τον δείκτη Π1 ωστόσο είναι αρκετά σημαντικός γιατί δείχνει το γενικό ενδιαφέρον του κόσμου να στραφεί προς την αστική γεωργία. Έτσι ο γενικός στόχος είναι η μεγιστοποίηση της επιφάνειας.

Ακολουθεί στο Σχήμα 41 η απεικόνιση της έκτασης κήπου για την κάθε εφαρμογή.



Σχήμα 41: Έκταση κήπου για την κάθε εφαρμογή

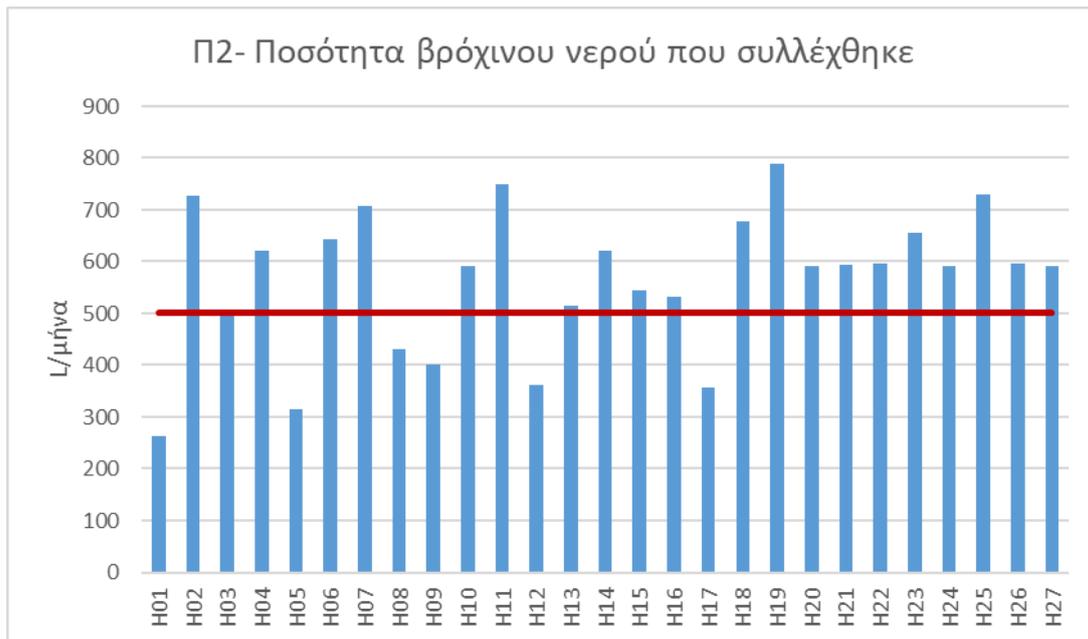
Δείκτης Π2: Ποσότητα βρόχινου νερού που συλλέχθηκε

Ο δείκτης Π2 εκφράζει τον όγκο του βρόχινου νερού που συλλέγεται κάθε μήνα στην δεξαμενή. Η αποτίμηση έγινε με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τους αισθητήρες στάθμης, υγρασίας εδάφους και της ηλεκτροβάννας.

Συνολικά στο σύνολο των εφαρμογών συλλέγονται 15291 L ή αλλιώς 15.3 m³ βροχής κάθε μήνα. Το εύρος της ποσότητας είναι από 263 L/μήνα έως 788 L/μήνα και η μέση ποσότητα που συλλέχθηκε είναι 566 L/μήνα.

Ο στόχος ήταν τα 500 L/μήνα κάτι που φαίνεται ότι επιτυγχάνεται αφού στις 21 από τις 27 οικιακές φαίνεται ότι έχει καλυφθεί ο στόχος. Είναι επίσης ένας σημαντικός δείκτης αφού δείχνει την ικανότητα των εγκαταστάσεων να συλλέγουν ικανοποιητικές ποσότητες νερού με σκοπό την αξιοποίησή τους.

Ακολουθεί στο Σχήμα 42 απεικόνιση των αποτελεσμάτων της κάθε εφαρμογής σε σχέση με τον στόχο που τέθηκε στο έργο.



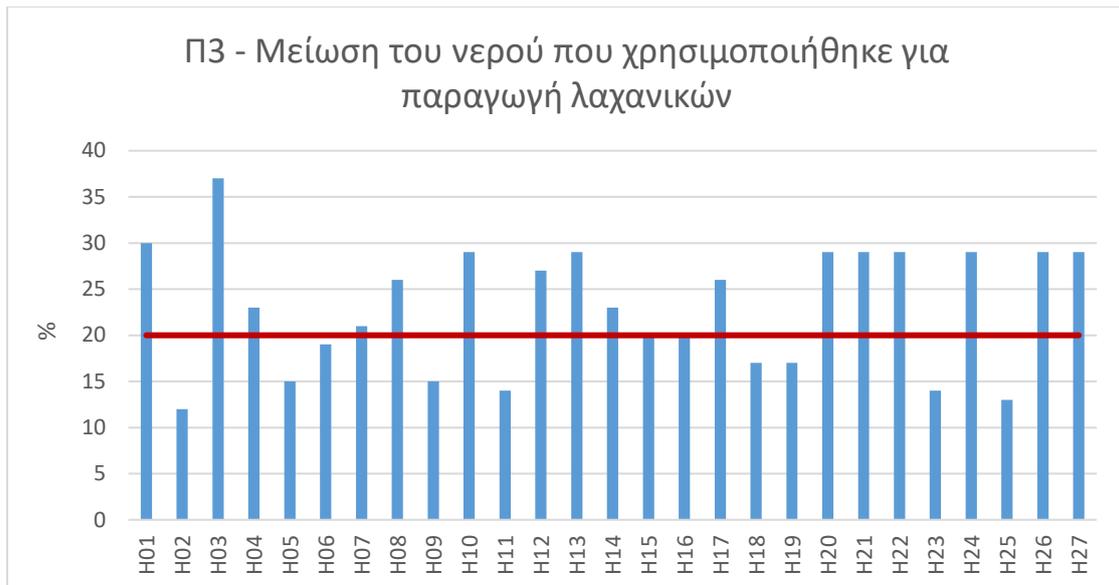
Σχήμα 42: Αποτελέσματα δείκτη Π2 για την κάθε εφαρμογή σε σχέση με το στόχο του έργου

Δείκτης Π3: Μείωση του νερού που χρησιμοποιήθηκε για παραγωγή λαχανικών

Ο δείκτης Π3 εκφράζει το ποσοστό της μείωσης του πόσιμου νερού για άρδευση λόγω της χρήσης IoT. Άρα πρακτικά είναι ο λόγος του νερού που καταναλώνεται με τη χρήση IoT προς το νερό που καταναλώνεται χωρίς τη χρήση IoT. Τα δεδομένα για τον δείκτη αυτόν προκύπτουν από τους αισθητήρες στάθμης, υγρασίας εδάφους και της ηλεκτροβάνας.

Το εύρος των τιμών του δείκτη είναι από 12% μέχρι 37% με μέσο ποσοστό 23%.

Ο στόχος του έργου είχε τεθεί στο 20%. Στις 18 από τις 27 εφαρμογές τηρείται το όριο του 20% ενώ το μέσο ποσοστό είναι επίσης πάνω από το στόχο. Αυτό δείχνει γενικά ότι η εφαρμογή της τεχνολογίας IoT έχει θετική επίδραση στην κατανάλωση του νερού. Ακολουθεί στο Σχήμα 43, απεικόνιση των αποτελεσμάτων της κάθε εφαρμογής σε σχέση με τον στόχο που τέθηκε στο έργο.



Σχήμα 43: Αποτελέσματα δείκτη Π3 για την κάθε εφαρμογή σε σχέση με τον στόχο του έργου

Δείκτης Π4: Μείωση χρήσης πόσιμου νερού από το δίκτυο ύδρευσης

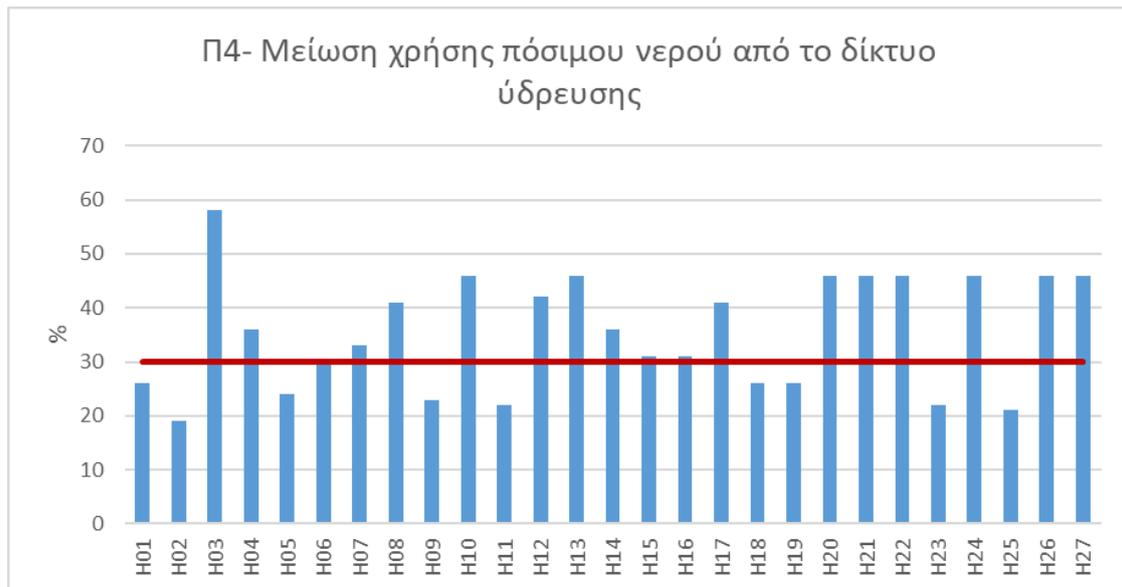
Ο δείκτης Π4 εκφράζει το ποσοστό της μείωσης της κατανάλωσης του πόσιμου νερού από το δίκτυο ύδρευσης για άρδευση. Η αποτίμηση του δείκτη έγινε με συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες στάθμης, υγρασίας εδάφους και της ηλεκτροβάνας.

Το εύρος του δείκτη είναι από 19% έως 47%. Η μέση τιμή του δείκτη στις 27 εφαρμογές είναι 35.4%.

Ο στόχος του έργου ήταν να επιτευχθεί μείωση 30%. Η μέση τιμή είναι σίγουρα αρκετά παραπάνω από το αρχικό όριο. Στις επιμέρους εφαρμογές ο στόχος επιτυγχάνεται 18 από τις 27 εφαρμογές.

Ο δείκτης Π4 είναι ίσως ο κρισιμότερος δείκτης για την εξέταση της απόδοσης των συστημάτων. Για αυτό και παρουσιάστηκε λεπτομερώς στο προηγούμενο κεφάλαιο ο υπολογισμός του μεταξύ άλλων. Είναι πρακτικά ο δείκτης που δείχνει με τον πιο ξεκάθαρο τρόπο την επίδραση όλων των μερών του συστήματος συλλογής βρόχινου νερού. Η επίτευξη του στόχου είναι μία ένδειξη ότι οι πρακτικές που προτείνονται από το CIRC4Food είναι πράγματι βιώσιμες.

Ακολουθεί στο Σχήμα 44, απεικόνιση των αποτελεσμάτων της κάθε εφαρμογής σε σχέση με τον στόχο που τέθηκε στο έργο.



Σχήμα 44: Αποτελέσματα δείκτη Π4 για την κάθε εφαρμογή σε σχέση με το στόχο του έργου

Δείκτης Π5: Αυτονομία συστήματος άρδευσης με βρόχινο νερό

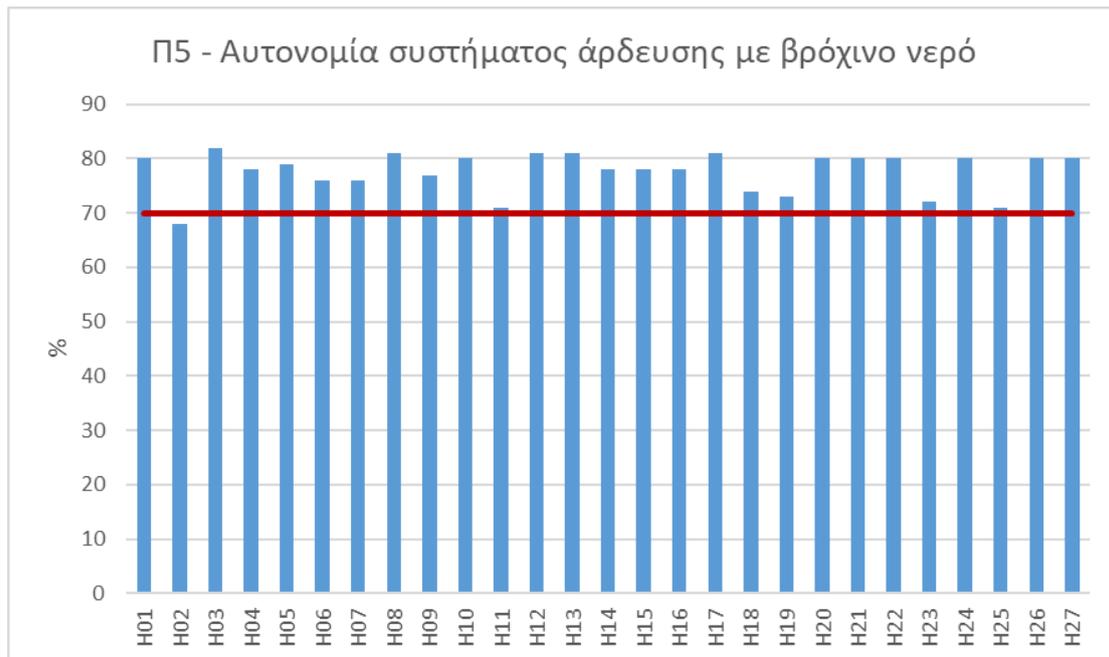
Ο δείκτης Π5 εκφράζει το ποσοστό των ημερών λειτουργίας του συστήματος κατά το οποίο οι ανάγκες νερού καλύπτονται εξ'ολοκλήρου από το σύστημα. Η αποτίμηση του δείκτη έγινε με συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες στάθμης, υγρασίας εδάφους και της ηλεκτροβάνας.

Το εύρος του δείκτη είναι από 68% έως 82%. Η μέση τιμή για τις 27 εφαρμογές είναι 75%.

Ο στόχος του έργου ήταν η επίτευξη αυτονομίας 70%. Η μέση τιμή πληροί το όριο. Στις επιμέρους εφαρμογές, μόνο στην οικιακή εφαρμογή H02 δεν επιτυγχάνεται η επιζητούμενη αυτονομία για 2 μονάδες. Γενικά η πιλοτική οικιακή εφαρμογή 2 παρουσιάζει χαμηλότερους δείκτες απόδοσης σε σχέση με τις υπόλοιπες οικιακές εφαρμογές και αυτό γιατί έχει αρκετά μεγάλη έκταση λαχανόκηπου. Η μεγάλη έκταση του λαχανόκηπου απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες νερού που, όπως είναι φυσικό, είναι δυσκολότερο να ικανοποιηθούν αμιγώς από το αποθηκευμένο νερό.

Ωστόσο είναι αρκετά ικανοποιητικές οι αυτονομίες των συστημάτων βρόχινου νερού επιβεβαιώνοντας ότι έχουν σχεδιαστεί σωστά.

Ακολουθεί στο Σχήμα 45, απεικόνιση των αποτελεσμάτων της κάθε εφαρμογής σε σχέση με τον στόχο που τέθηκε στο έργο.



Σχήμα 45: Αποτελέσματα δείκτη Π5 για την κάθε εφαρμογή σε σχέση με το στόχο του έργου

Δείκτης Π6: Μείωση ποσότητας τροφικών και φυτικών αποβλήτων

Ο δείκτης Π6 εκφράζει την ποσότητα των οργανικών αποβλήτων που καταλήγουν στον κάδο κομποστοποίησης. Η μονάδα μέτρησης του δείκτη είναι το κιλό ανά έτος (kg/έτος). Η αποτίμηση του δείκτη έγινε με χρήση δεδομένων που συλλέχθηκαν από συνεντεύξεις κατά τη διάρκεια επισκέψεων πεδίου καθώς και μέσω ενός 2^{ου} ερωτηματολογίου που υποβλήθηκε στους χρήστες.

Το εύρος τιμών του δείκτη είναι από 15 kg/έτος έως 475 kg/έτος. Συνολικά τα οργανικά απόβλητα και από τις 27 οικίες είναι 3020 kg/έτος και μέση τιμή 112 kg/έτος.

Επιτυγχάνεται έτσι μία μείωση γύρω στο 30% των συνολικών οργανικών αποβλήτων σε σχέση με τις συνηθισμένες μεθόδους διαχείρισης αποβλήτων.

Ο στόχος του έργου ήταν να επιτευχθεί μείωση 20% οπότε το 30% που επετεύχθη είναι αρκετά ικανοποιητικό.

Ακολουθεί στο Σχήμα 46, απεικόνιση των αποτελεσμάτων της κάθε εφαρμογής.



Σχήμα 46: Αποτελέσματα δείκτη Π6 για την κάθε εφαρμογή

Δείκτης Π7: Μείωση χρήσης λιπάσματος εμπορίου

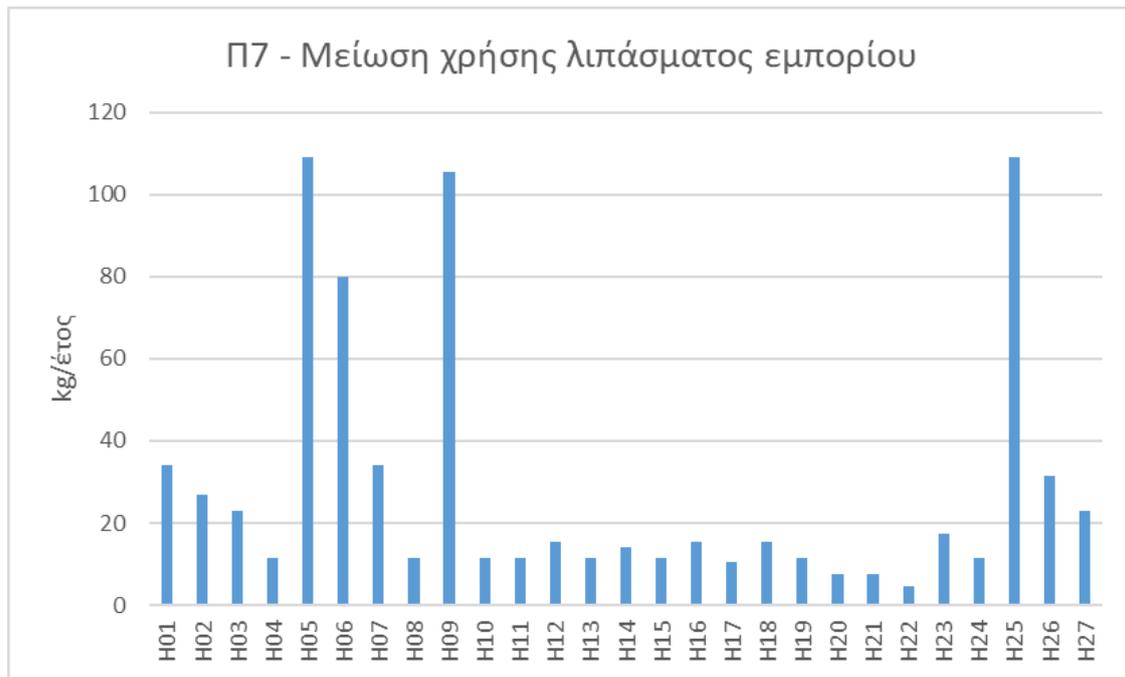
Ο δείκτης Π7 εκφράζει τη μάζα του κομπόστ που παράγεται σε ένα έτος μέσω της οικιακής κομποστοποίησης. Η αποτίμηση του δείκτη έγινε με συλλογή δεδομένων από συνεντεύξεις κατά τη διάρκεια επισκέψεων πεδίου.

Το εύρος τιμών του δείκτη είναι από 4.5 kg/έτος έως 109 kg/έτος. Συνολικά παράχθηκαν 776 kg κομπόστ στο έτος με μέση τιμή 29 kg/έτος.

Μία πρώτη παρατήρηση εδώ είναι η μεγάλη διακύμανση τιμών. Αυτό έχει γίνει γιατί αφενός σε πολλές εφαρμογές ακόμα η κομποστοποίηση δεν έχει ολοκληρωθεί και αφετέρου γιατί μερικοί χρήστες δεν χρησιμοποίησαν τον κομποστοποιητή. Σε κάποιες εφαρμογές ωστόσο είναι πολύ σημαντικό ότι παρατηρείται αρκετά ικανοποιητική μάζα παραγόμενου κομπόστ, αρκετή για την πλήρη κάλυψη των αναγκών τους σε λίπασμα.

Συνολικά η απαίτηση σε λίπασμα καλύπτεται σε ποσοστό γύρω στο 40% από το παραγόμενο κομπόστ.

Ακολουθεί στο Σχήμα 47, απεικόνιση των αποτελεσμάτων της κάθε εφαρμογής.



Σχήμα 47: Αποτελέσματα δείκτη Π7 για την κάθε εφαρμογή

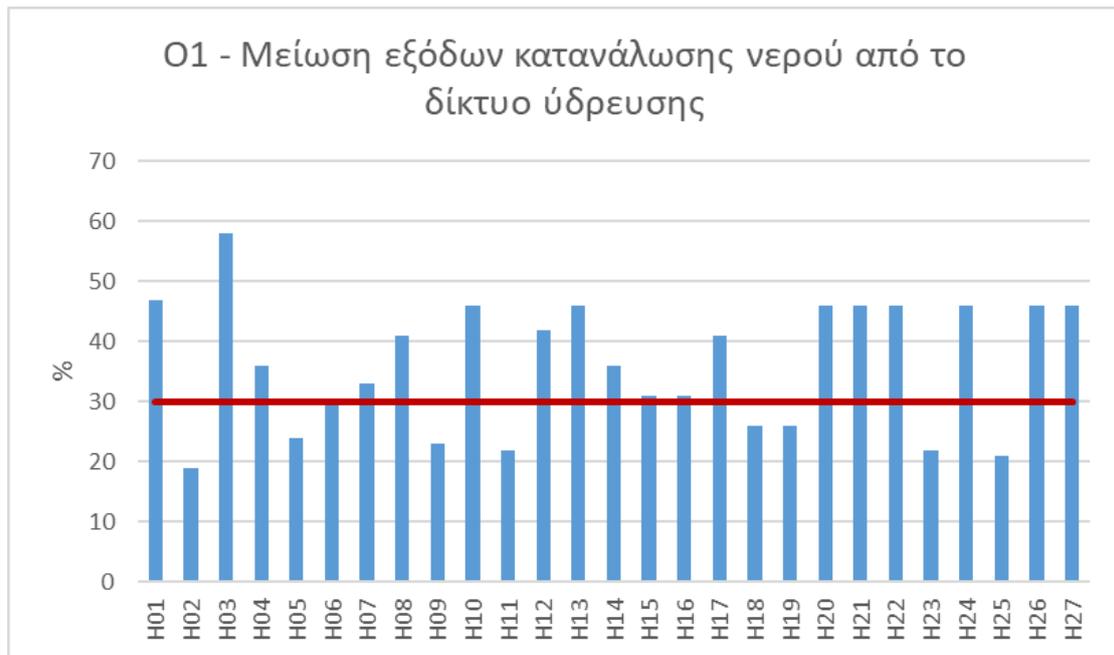
Δείκτης O1: Μείωση εξόδων κατανάλωσης νερού από το δίκτυο ύδρευσης

Ο δείκτης O1 εκφράζει το ποσοστό εξοικονόμησης του κόστους χρήσης νερού από το δίκτυο εξαιτίας της χρήσης βρόχινου νερού σε σχέση με το συνολικό κόστος νερού που απαιτείται σε κάθε εφαρμογή. Για την αποτίμηση του δείκτη συλλέχθηκαν δεδομένα από τους αισθητήρες στάθμης, υγρασίας εδάφους και της ηλεκτροβάνας.

Το εύρος τιμών του δείκτη είναι από 19% έως 58%. Η μέση τιμή για τις 27 εφαρμογές είναι 36%.

Ο στόχος του έργου είναι 30%. Έτσι με βάση τη μέση τιμή ικανοποιείται το όριο που έχει τεθεί. Στις επιμέρους εφαρμογές το όριο ικανοποιείται σε 19 από τις 27 εφαρμογές. Έτσι γενικά η πρώτη οικονομική συνιστώσα των συστημάτων είναι αρκετά ενθαρρυντική. Η λειτουργία του συστήματος φαίνεται ότι εξοικονομεί χρήματα και αυτό το κάνει και οικονομικά αποτελεσματικό.

Ακολουθεί στο Σχήμα 48, απεικόνιση των αποτελεσμάτων της κάθε εφαρμογής σε σχέση με το στόχο του έργου.



Σχήμα 48: Αποτελέσματα δείκτη O1 για την κάθε εφαρμογή σε σχέση με το στόχο του έργου

Δείκτης O2: Μείωση εξόδων αγοράς λιπασμάτων εμπορίου λόγω χρήσης κομπόστ

Ο δείκτης O2 εκφράζει το ποσοστό εξοικονόμησης στο κόστος λιπάσματος εμπορίου εξαιτίας χρήσης κομπόστ σε σχέση με το συνολικό κόστος για την αγορά λιπασμάτων ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του κήπου. Η αποτίμηση αυτού του δείκτη έγινε με συλλογή δεδομένων από συνεντεύξεις χρηστών κατά τη διάρκεια των επισκέψεων πεδίου.

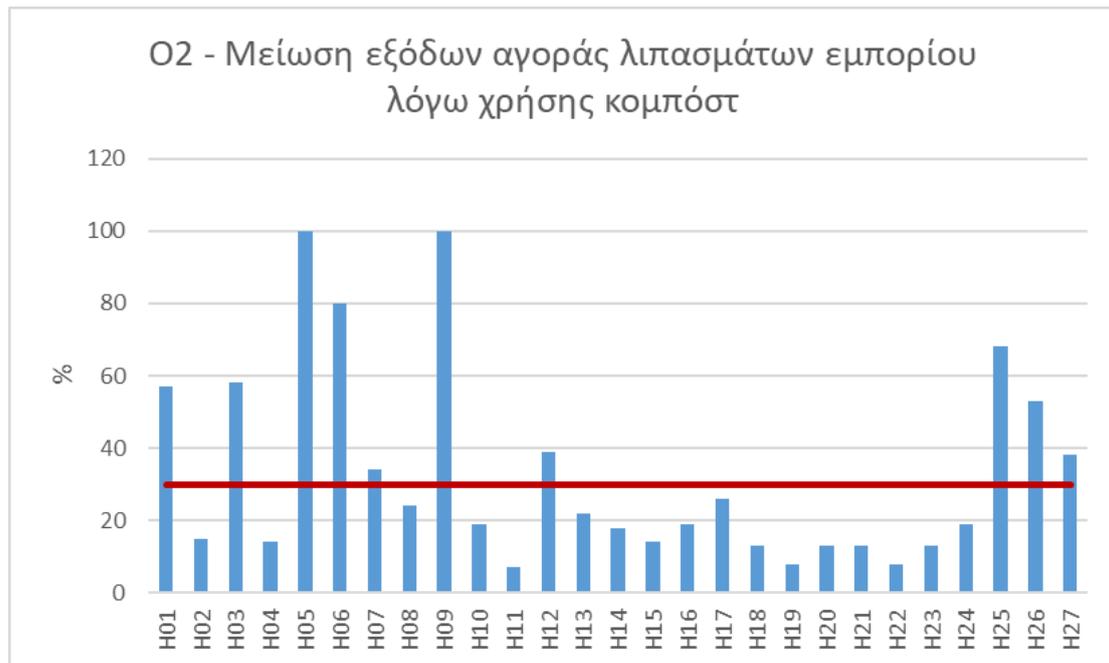
Το εύρος του δείκτη είναι από 7% έως 100%. Η μέση τιμή και για τις 27 εφαρμογές είναι 37%.

Ο στόχος του έργου είναι να επιτευχθεί εξοικονόμηση 30%.

Οι πολύ χαμηλές τιμές του δείκτη σε κάποιες οικίες προκύπτουν εξαιτίας της περιορισμένης χρήσης των κομποστοποιητών από κάποιους χρήστες και ως εκ τούτου η αξία για τα λιπάσματα πληρώνονταν εξ'ολοκλήρου από αυτούς. Για αυτό η τιμή του δείκτη O2 μειώνεται σε αυτές τις περιπτώσεις. Αντίθετα εκεί που ο δείκτης είναι 100% αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης δεν πληρώνει καθόλου για λιπάσματα αφού οι ανάγκες του σε λίπασμα καλύπτονται πλήρως από το κομπόστ.

Έτσι λοιπόν και αυτή η απαίτηση καλύπτεται.

Ακολουθεί στο Σχήμα 49, απεικόνιση των αποτελεσμάτων της κάθε εφαρμογής σε σχέση με το στόχο του έργου.



Σχήμα 49: Αποτελέσματα δείκτη O2 για την κάθε εφαρμογή σε σχέση με το στόχο του έργου

Δείκτης O3: Μείωση συνολικού κόστους παραγωγής λαχανικών

Ο δείκτης O3 εκφράζει το ποσοστό της εξοικονόμησης στο κόστος παραγωγής λαχανικών λόγω του συστήματος CIRC4Food σε σχέση με το συνολικό κόστος που θα απαιτούνταν για την παραγωγή φαγητού χωρίς τη χρήση του.

Η συνολική εξοικονόμηση περιλαμβάνει της εξοικονόμηση σε κόστος νερού (δείκτης O1) όσο και την εξοικονόμηση στο κόστος λιπασμάτων (δείκτης O2).

Το εύρος τιμών του δείκτη είναι από 11% έως 79%. Η μέση τιμή είναι 34%.

Και σε αυτόν τον δείκτη προκύπτουν αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αυτό σημαίνει ότι το κυκλικό σύστημα παραγωγής φαγητού είναι πέραν από περιβαλλοντικά ωφέλιμο και οικονομικά ωφέλιμο.

Ακολουθεί στο Σχήμα 50, απεικόνιση των αποτελεσμάτων της κάθε εφαρμογής.



Σχήμα 50: Αποτελέσματα δείκτη Ο3 για την κάθε εφαρμογή

Στην συνέχεια ακολουθεί και ο Πίνακας 38 με τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα.

Πίνακας 38: Αποτελέσματα Ανάλυσης

	Π1	Π2	Π3	Π4	Π5	Π6	Π7	Ο1	Ο2	Ο3
	<i>m²</i>	<i>L/μήνα</i>	%	%	%	<i>Kg/έτος</i>	<i>Kg/έτος</i>	%	%	%
H01	15	263	30	26	80	150	34	47	57	54
H02	45	728	12	19	68	100	27	19	15	16
H03	10	500	37	58	82	75	23	58	58	58
H04	20	620	23	36	78	50	11.5	36	14	20
H05	15	314	15	24	79	475	109	24	100	79
H06	25	642	19	30	76	125	80	30	80	66
H07	25	707	21	33	76	150	34	33	34	34
H08	12	430	26	41	81	50	11.5	41	24	29
H09	20	401	15	23	77	450	105.5	23	100	79
H10	15	592	29	46	80	50	11.5	46	19	26
H11	40	750	14	22	71	50	11.5	22	7	11
H12	10	361	27	42	81	60	15.5	42	39	49
H13	13	514	29	46	81	50	11.5	46	22	29
H14	20	622	23	36	78	55	14	36	18	23
H15	20	544	20	31	78	50	11.5	31	14	19
H16	20	532	20	31	78	60	15.5	31	19	23
H17	10	358	26	41	81	45	10.5	41	26	30
H18	30	678	17	26	74	60	15.5	26	13	17
H19	35	788	17	26	73	50	11.5	26	8	13

H20	15	591	29	46	80	25	7.5	46	13	22
H21	15	594	29	46	80	25	7.5	46	13	22
H22	15	597	29	46	80	65	4.5	46	8	18
H23	35	656	14	22	72	15	17.5	22	13	15
H24	15	592	29	46	80	50	11.5	46	19	26
H25	40	729	13	21	71	475	109	21	68	55
H26	15	597	29	46	80	135	31.5	46	53	51
H27	15	591	29	46	80	75	23	46	38	40

6. Συμπεράσματα

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση οικιακών συστημάτων κυκλικής οικονομίας με στόχο την προώθηση της ανάπτυξης της αστικής γεωργίας. Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε με αξιολόγηση 27 οικιακών συστημάτων κυκλικής οικονομίας που αναπτύχθηκαν στην πόλη των Τρικάλων στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος CIRC4Food στο οποίο συμμετέχει το Εργαστήριο Υγειονομικής Τεχνολογίας. Κάθε οικιακή εφαρμογή αποτελείται από σύστημα συλλογής και αποθήκευσης βρόχινου νερού, σύστημα κομποστοποίησης, αστικό λαχανόκηπο και σύστημα online αισθητήρων για την παρακολούθηση κάθε εφαρμογής. Στο πλαίσιο της εργασίας αναπτύχθηκαν κατάλληλα μαθηματικά μοντέλα για τον σχεδιασμό των συστημάτων συλλογής και αποθήκευσης βρόχινου νερού και κομποστοποίησης. Με χρήση των μοντέλων αυτών έγινε ο σχεδιασμός των 27 οικιακών εφαρμογών. Για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων των εφαρμογών αναπτύχθηκε κατάλληλη μεθοδολογία αξιολόγησης των δεδομένων των αισθητήρων. Η αξιολόγηση βασίστηκε σε 10 δείκτες απόδοσης (7 περιβαλλοντικοί και 3 οικονομικοί) που προκύπτουν είτε από την άμεση επεξεργασία των δεδομένων των αισθητήρων της εκάστοτε εφαρμογής είτε από ερωτηματολόγια χρηστών. Από την εφαρμογή των ανωτέρω εργαλείων και μεθοδολογιών προέκυψε μία σειρά από συμπεράσματα τα οποία συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Τα ολοκληρωμένα οικιακά συστήματα λειτούργησαν ικανοποιητικά και στις 27 εφαρμογές που αναπτύχθηκαν.
- Οι ανάγκες των λαχανόκηπων σε βρόχινο νερό και λίπασμα μπορούν να καλυφθούν σε ένα ικανοποιητικό ποσοστό από το σύστημα συλλογής βρόχινου νερού και το σύστημα κομποστοποίησης.
- Ο μέσος βαθμός αυτονομίας των συστημάτων συλλογής βρόχινου νερού και άρδευσης των αστικών λαχανόκηπων είναι πολύ ικανοποιητικός και ανέρχεται σε 75%.
- Κατά μέσο όρο σε κάθε οικία συλλέχθηκε σε μηνιαία βάση ποσότητα νερού ίση με 566 L. Το μέσο ποσοστό μείωσης του νερού του δικτύου για άρδευση των αστικών λαχανόκηπων ανέρχεται σε 35% τιμή πολύ ικανοποιητική η οποία υπερβαίνει την τιμή-στόχο του έργου (30%). Αυτό είναι ένα αρκετά σημαντικό αποτέλεσμα που δείχνει ότι η χρήση του βρόχινου νερού μπορεί να καλύψει σε έναν ικανοποιητικό βαθμό τις ανάγκες των λαχανόκηπων. Επισημαίνεται ότι το αποτέλεσμα αυτό αφορά στην πιλοτική λειτουργία των εφαρμογών του έργου και χρήζει βελτίωσης εάν γίνουν ορισμένες τροποποιήσεις.
- Για να επιτευχθεί μεγαλύτερο ποσοστό εξοικονόμησης πόσιμου νερού, θα έπρεπε να γίνουν τροποποιήσεις είτε στην οικία είτε στον όγκο των δεξαμενών. Ενδεικτικά μία τροποποίηση είναι η προσθήκη υδρορροών σε περισσότερες πλευρές της στέγης αυξάνοντας σημαντικά την ωφέλιμη επιφάνεια της οροφής με αποτέλεσμα την συλλογή περισσότερου βρόχινου νερού. Η ταυτόχρονη αύξηση του όγκου της δεξαμενής θα βοηθούσε στην μείωση του νερού υπερχειλίσης. Με αυτόν τον τρόπο και η αξιοπιστία του συστήματος και η εξοικονόμηση νερού θα αυξάνονταν ακόμα περισσότερο.
- Η μέση τιμή της μείωσης των συνολικών οργανικών αποβλήτων των οικιών ανέρχεται σε 30%.

- Στο σύνολο σχεδόν όλων των εφαρμογών το 90% των δεικτών (9 στους 10) που εξετάστηκαν ξεπέρασαν τις οριακές τιμές-στόχους που καθορίστηκαν. Εξαιρέση αυτού είναι ο περιβαλλοντικός δείκτης Π7 ο οποίος σχετίζεται με την χρήση κομπόστ έναντι λιπάσματος. Ο δείκτης Π7 αξίζει να αναφερθεί ότι επηρεάζεται άμεσα από την διάθεση των χρηστών να αξιοποιήσουν τους κομποστοποιητές τους. Οπότε για βελτίωση αυτού του δείκτη, σε πρώτη φάση θα πρέπει να πεισθούν οι χρήστες για τα οφέλη της χρήσης του κομπόστ τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά και έπειτα να εξαχθεί συμπέρασμα για την αξιοπιστία του συστήματος κομποστοποίησης που σχεδιάστηκε.
- Η επίτευξη όλων των οικονομικών στόχων του έργου δείχνει ότι η αστική γεωργία μπορεί να είναι ανταποδοτική. Ενδεικτικά σημειώνεται ότι η μέση τιμή της μείωσης του κόστους παραγωγής λαχανικών στις οικίες είναι της τάξης του 36%.

Βιβλιογραφία

Κουτσομήτρος, Δημήτριος Λάμπρου. *Η κυκλική οικονομία στην Ευρωπαϊκή Ένωση*. 2021.

Χαραλάμπους, Φιλίτσα Γεωργίου. *Η αστική γεωργία ως εργαλείο για τον αειφόρο σχεδιασμό του αστικού τοπίου και η σύνδεση της με την εκπαιδευτική διαδικασία Πρόταση εφαρμογής Συνεχούς Παραγωγικού Αστικού Τοπίου στην Καλαμαριά, Θεσσαλο*. 2017.

Appolloni, E., et.al. 'The Global Rise of Urban Rooftop Agriculture: A Review of Worldwide Cases'. *Journal of Cleaner Production*, τ. 296, 2021. Scopus, Scopus, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126556>.

Eigenbrod, C., and N. Gruda. 'Urban Vegetable for Food Security in Cities. A Review'. *Agronomy for Sustainable Development*, τ. 35, τχ. 2, 2015, σσ. 483–98. Scopus, Scopus, <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0273-y>.

Elbardisy, A., et.al. *Sustainable Refurbishment of Abandoned Urban Areas: The Case Study of Former SIAPA Area, Galliera - Bologna, Italy*. τχ. 1, 2021. Scopus, Scopus, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/863/1/012014>.

Mougeot, L. J. A. *Agropolis: The Social, Political, and Environmental Dimensions of Urban Agriculture*. 2005, σ. 286. Scopus, Scopus, <https://doi.org/10.4324/9781849775892>.

Orsini, F., et.al. 'Urban Agriculture in the Developing World: A Review'. *Agronomy for Sustainable Development*, τ. 33, τχ. 4, 2013, σσ. 695–720. Scopus, Scopus, <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0143-z>.

Sanjuan-Delmás, D., et.al. 'Environmental Assessment of an Integrated Rooftop Greenhouse for Food Production in Cities'. *Journal of Cleaner Production*, τ. 177, 2018, σσ. 326–37. Scopus, Scopus, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.147>.

Sharifi, Ayyoob. 'From Garden City to Eco-Urbanism: The Quest for Sustainable Neighborhood Development'. *Sustainable Cities and Society*, τ. 20, Ιανουάριος 2016, σσ. 1–16. *ScienceDirect*, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.09.002>.

Smart, Jessie, et.al. 'Economic Crisis and Food Security in Africa: Exploring the Significance of Urban Agriculture in Zambia's Copperbelt Province'. *Geoforum*, τ. 65, Οκτώβριος 2015, σσ. 37–45. *ScienceDirect*, <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2015.07.009>.

Tsolakis, Naoum, and Leonidas Anthopoulos. 'Eco-Cities: An Integrated System Dynamics Framework and a Concise Research Taxonomy'. *Sustainable Cities and Society*, τ. 17, Σεπτέμβριος 2015, σσ. 1–14. *ScienceDirect*, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.03.002>.

<https://gogreenaquaponics.com/blogs/news/hydroponics-with-fish-and-aquaponics>: Προσπέλαση 08/2023

<https://hdr.undp.org/data-center/specific-country-data#/countries/ZMB>: Προσπέλαση 08/2023

<https://ourworldindata.org/grapher/share-of-population-in-extreme-poverty?tab=chart®ion=Africa&country=~ZMB>: Προσπέλαση 08/2023