



Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Πολυτεχνική Σχολή

ΠΜΣ: ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

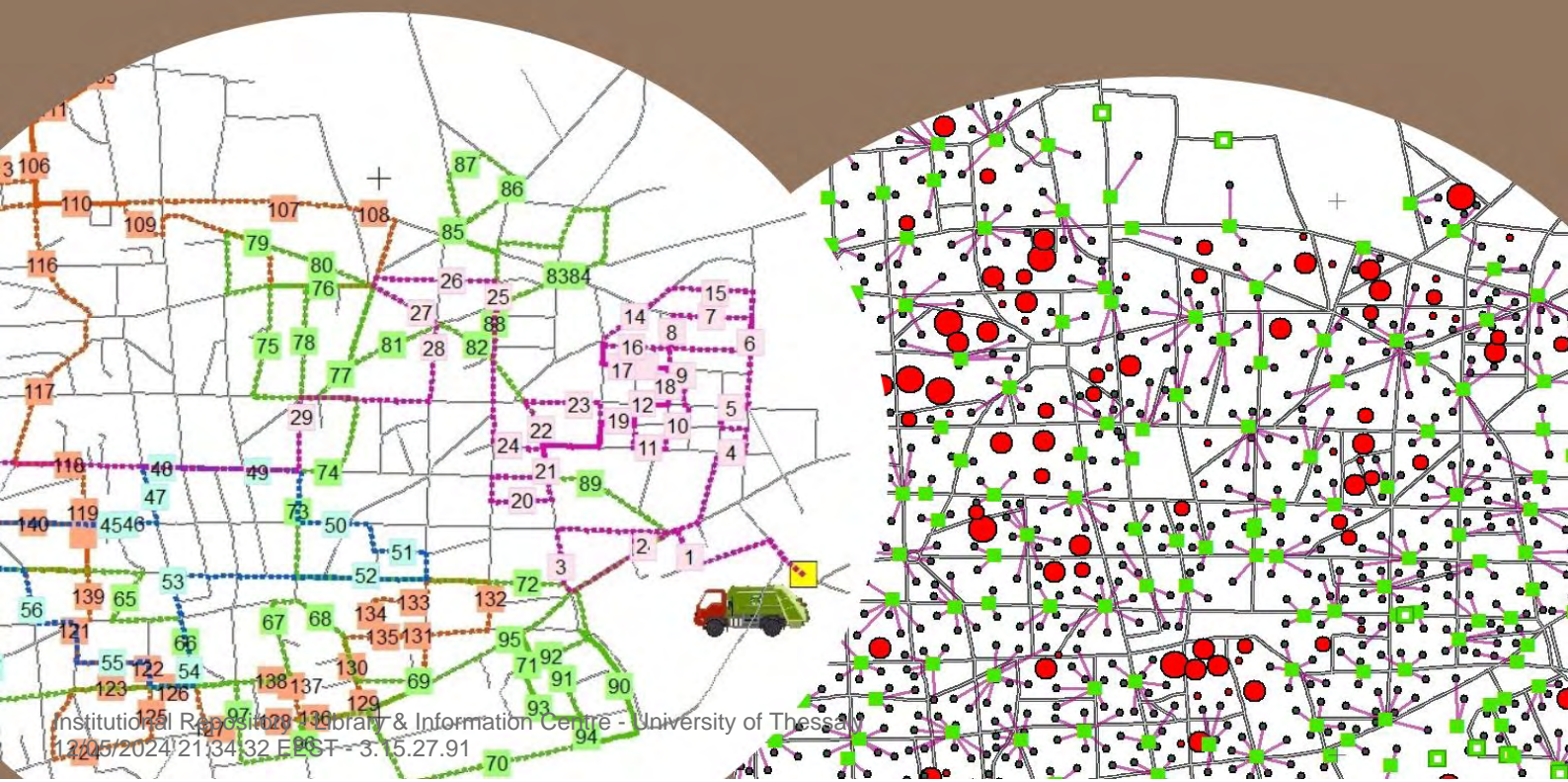
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βελτιστοποίηση αποκομιδής στερεών αποβλήτων στο Δήμο Αλμυρού

ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ ΑΝΑΡΓ. ΓΙΑΝΝΟΥΛΗ

Επιβλέπων καθηγητής: Σταθάκης Δημήτριος

ΒΟΛΟΣ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2016



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαχείριση των αποβλήτων, αποτελούσε ανέκαθεν ένα από τα πιο σοβαρά και δυσεπίλυτα προβλήματα των τοπικών αρχών, τόσο στις αναπτυγμένες χώρες όσο και στις υπόλοιπες. Ένα σύνολο αιτιών διαιωνίζει τη δυσεπίλυτη αυτή κατάσταση και την καθιστά αντικείμενο μελέτης διάφορων επιστημονικών ειδικοτήτων. Η αντιμετώπιση του προβλήματος της διαχείρισης των αποβλήτων, καλείται να γίνεται ύστερα από προσέγγιση και ενσωμάτωση κοινωνικών θεμάτων, ανάλυσης τοπικών κοινωνικών συμπεριφορών, εξεύρεση δράσεων ευαισθητοποίησης του κοινού, όσο και από τεχνική άποψη στον τρόπο, αποκομιδής, διαχωρισμού, ανάκτησης, ανακύκλωσης, και τελικής διάθεσης. Η χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο, στο σχεδιασμό των υποδομών καθαριότητας και συγκεκριμένα υποδεικνύει τη βέλτιστη χωροθέτηση του δικτύου των κάδων συλλογής αστικών αποβλήτων καθώς και τις ακολουθούμενες διαδρομές εξοικονομώντας πόρους στους διαχειριστές. Στην εν λόγω εργασία τίθεται ως περιοχή μελέτης οι οικισμοί Αλμυρού κι Ευξεινούπολης του Δήμου Αλμυρού Μαγνησίας, εξετάζονται αναλυτικά όλοι οι παράγοντες και τα κριτήρια ώστε να διεξαχθούν οι βέλτιστες λύσεις χωροθέτησης των κάδων και σχεδιασμού των διαδρομών αποκομιδής των απορριμματοφόρων οχημάτων.

Λέξεις κλειδιά: αστικά απόβλητα, GIS, χωροθέτηση λειτουργιών, δίκτυο αποκομιδής

Abstract

One of the most significant problems, which Local Authorities have to solve is the Waste Management Problem and especially the placement of the garbage bin network and the scheduled vehicle routing. The development of GIS can fully solve these location- allocation problems in order to upgrade the daily life of citizens and the profile of cities. This study, takes under consideration the multi-criteria spatial analysis, estimates the allocation of the garbage bin network for the city of Almyros in Greece, examines some alternative solutions and finally solves the vehicle routing problem for all these cases. In every case, the proposed solutions, presents a series of advantages, that helps local authorities to decision making progress, let them work organized in daily issues of city cleanness and waste management.

Key words: location allocation, GIS Spatial analysis, waste collection

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1 ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ (ΑΣΑ) – ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΛΩΝ ΑΣΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΡΟΦΟΡΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	3
1.1 ΑΣΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥΣ	3
1.1.1 ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΑΣΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ (ΑΣΑ).....	3
1.1.2 ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΣΑ	7
1.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ - ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ.....	10
1.3 ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΣΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΧΩΡΕΣ.....	14
2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	17
2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	17
2.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΑΛΜΥΡΟΥ.....	19
2.2.1 ΣΥΜΜΕΙΚΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ ΑΣΑ	19
2.2.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑΣ	21
3 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ – ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ	23
3.1 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ	23
3.2 ΜΟΝΤΕΛΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ – ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ- ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ (LOCATION-ALLOCATION).....	25
3.2.1 ΕΥΡΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ.....	26
3.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ VORONOI	29
3.4 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ, ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΕΝ ΛΟΓΩ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	30
3.4.1 ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	31

3.4.2	ΑΙΣΘΗΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ- ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ.....	32
3.4.3	ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	32
4	ΔΕΔΟΜΕΝΑ	33
4.1	ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΑ	33
4.2	ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΣΑ	33
4.3	ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΔΩΝ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΑΣΑ,	34
	Β. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ ΑΣΑ:	35
4.4	ΟΧΗΜΑΤΑ.....	36
4.4.1	ΔΙΑΝΥΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΘΕΣΗΣ.....	36
4.5	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΧΩΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ, ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	37
5	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	38
5.1	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΕΠΙΛΟΓΗΣ- ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ	38
5.2	ΤΜΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ Ο.Τ.	40
5.3	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΧΩΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΔΩΝ.....	42
5.3.1	ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΔΩΝ ΣΥΜΜΕΙΚΤΩΝ ΑΣΑ.....	42
5.3.2	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ ΑΣΑ.....	48
5.4	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΧΩΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΑΝΑΧΑΡΑΞΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ.....	54
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	66
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	68

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων ΕΚΑ.....	5
Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση ΑΣΑ με βάση τον ΕΚΑ.....	6
Πίνακας 3: Ετήσια παραγωγή ΑΣΑ, πληθυσμοί χωρών Ε.Ε.....	8
Πίνακας 4: Αναμενόμενη ποσότητα ΑΣΑ στην Ελλάδα, την επόμενη πενταετία	9
Πίνακας 5: Πληθυσμιακά στοιχεία σε επίπεδο εθνικό, περιφερειακό, Νομού και Δήμου,	18
Πίνακας 6: Ετήσια παραγόμενη ποσότητα ΑΣΑ/ άτομο	20
Πίνακας 7: Διαχείριση ετησίων ποσοτήτων ΑΣΑ Δήμου Αλμυρού	21
Πίνακας 8: Ετήσιες παραγόμενες ποσότητες σύμμεικτων και ανακυκλώσιμων ΑΣΑ... 21	
Πίνακας 9: Αριθμός κάδων, που αποτελούν το κεντρικό δίκτυο συλλογής	22
Πίνακας 10: Πληθυσμιακά στοιχεία οικισμών Αλμυρού- Ευξεινούπολης	33
Πίνακας 11: Στατιστικά στοιχεία, παραγόμενων ΑΣΑ στο Δήμο Αλμυρού.....	34
Πίνακας 12: Υπολογισμός Ε.Β. των μικτών ανακυκλώσιμων αποβλήτων	35
Πίνακας 13: Δεδομένα πολυκριτηριακής ανάλυσης.....	37
Πίνακας 14: Συνοπτικά μεταδεδομένα από την ανάλυση διαδρομών Σεναρίου Β- Σύμμεικτα ΑΣΑ	54
<i>Πίνακας 15: Συνοπτικά μεταδεδομένα από την ανάλυση διαδρομών Σεναρίου Γ- Σύμμεικτα ΑΣΑ</i>	<i>58</i>
<i>Πίνακας 16: Συνοπτικά μεταδεδομένα από την ανάλυση διαδρομών Σεναρίου Β- Σύμμεικτα ΑΣΑ.....</i>	<i>62</i>
Πίνακας 17:Μεταδιδόμενα από την εφαρμογή των μοντέλων χωρικής ανάλυσης- σύμμεικτα ΑΣΑ	65
Πίνακας 18: Μεταδιδόμενα από την εφαρμογή των μοντέλων χωρικής ανάλυσης- σύμμεικτα ΑΣΑ	65

ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1: Η εξέλιξη της παραγωγής αποβλήτων στις χώρες της ερωπαϊκής ένωσης για τα έτη 2003-2013 (πηγή: EUROSTAT).	8
Διάγραμμα 2: Σύσταση ΑΣΑ (4 ^ο παραδοτέο, ΕΣΔΑ, ίδια επεξεργασία)	9
Διάγραμμα 3: Στοιχεία πληρότητας κάδων, κατά την εφαρμογή του Σεναρίου Β.....	44
Διάγραμμα 4: Στοιχεία διανυόμενης απόστασης κατά την εφαρμογή του Σεναρίου Γ'.46	
Διάγραμμα 5: Διάγραμμα πληρότητας των κάδων σε kg ανακυκλώσιμων υλικών/ 7 ημέρες.....	52

ΣΧΗΜΑΤΑ -ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1: Κάτοψη οδών για την εφαρμογή του συστήματος των μονών κόμβων.....	12
Εικόνα 2: Σημείωση μονών κόμβων.....	13
Εικόνα 3: : Διαμόρφωση τελικής διαδρομής ύστερα πό την εφαρμογή του κανόνα των μονών κόμβων	14
Εικόνα 4 : Σχηματική απεικόνιση του συστήματος RFID.....	15
Εικόνα 5: Διάγραμμα Voronoi για n=17κόμβους (ιδία επεξεργασία).....	30
Εικόνα 6; Εφαρμογή διαγράμματος voronoi με κέντρα τα μέσα των οδών/ΟΤ.....	40
<i>Εικόνα 7: Intersect του διαγράμματος Voronoi, και των ΟΤ με πυκνότητα κατοίκησης</i>	41
Εικόνα 8: Random points στο πολυγωνικό αρχείο των ΟΤ.....	41
Εικόνα 10: Points in polygon στο τελικό αρχείο, που προκύπτει από την ένωση του intersect και των ΟΤ με πυκνότητα κατοίκηση $< m^2$	41

ΧΑΡΤΕΣ

Χάρτης 1: Η θέση του Δήμου Αλμυρού, στην Περιφέρεια Θεσσαλίας	17
Χάρτης 2: Οικισμοί Δήμου Αλμυρού	18
Χάρτης 3: Οικοδομικά τετράγωνα και χρωματική απεικόνιση του πληθυσμού ανά ΟΤ των οικισμών Αλμυρού κι Ευξεινούπολης και υφιστάμενα δίκτυα κάδων ανακύκλωσης και σύμμεικτων	19
Χάρτης 4: Τελική χωροθέτηση πιθανών σημείων εξυπηρέτησης (1576 σημεία).	39
Χάρτης 5: Χωροθέτηση Κάδων Σενάριου Α΄ - Σύμμικτα ΑΣΑ.....	43
Χάρτης 6: Χωροθέτηση κάδων Σεναρίου Β΄ - Σύμμικτα ΑΣΑ.....	45
Χάρτης 7: Χωροθέτηση κάδων Σεναρίου Γ – Σύμμικτα ΑΣΑ.....	47
Χάρτης 8: Χωροθέτηση Σεναρίου Α – Ανακυκλώσιμα ΑΣΑ	49
Χάρτης 9: Χωροθέτηση 180 σημείων εξυπηρέτησης σε απόσταση $\leq 150m$ από τα σημεία ζήτησης	51
Χάρτης 10: Χωροθέτηση δικτύου κάδων ανακύκλωσης, Σενάριο Γ΄	53
Χάρτης 11: Σχεδιασμός διαδρομών Σεναρίου Β΄ σύμμεικτων ΑΣΑ	55
Χάρτης 12: Ημερήσιες διαδρομές αποκομιδής σύμμεικτων- Σενάριο Β΄ – Α απορριματοφόρο όχημα.....	56
Χάρτης 13: Ημερήσιες διαδρομές αποκομιδής σύμμεικτων- Σενάριο Β΄ – Β απορριματοφόρο όχημα.....	57
Χάρτης 14: Διαδρομές αποκομιδής σύμμεικτων- Σενάριο Γ	59
Χάρτης 15: Ημερήσιες διαδρομές αποκομιδής σύμμεικτων- Σενάριο Γ΄ – Α απορριματοφόρο όχημα.....	60
Χάρτης 16: Ημερήσιες διαδρομές αποκομιδής σύμμεικτων- Σενάριο Γ΄ – Β απορριματοφόρο όχημα.....	61
Χάρτης 17: Διαδρομές αποκομιδής κάδων Ανακύκλωσης –Σενάριο Β΄	63
Χάρτης 18: Διαδρομές αποκομιδής κάδων ανακύκλωσης – Σενάριο Γ΄	64

ΑΡΤΙΚΟΛΕΞΑ

ΟΤΑ	ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΟΠΙΚΗΣ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΧΥΤΑ	ΧΩΡΟ ΙΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΤΣΔΑ	ΤΟΠΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΕΚΑ	ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΣΜΑ	ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ
ΤΕΕ	Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος
ΦοΔΣΑ	Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το φαινόμενο του υπερκαταναλωτισμού έχει αυτονόητα οδηγήσει και στην υπέρμετρη αύξηση της παραγωγής στερεών αποβλήτων. Οι χώρες, που διαθέτουν ένα καλά οργανωμένο σύστημα παροχής υπηρεσιών και υψηλής ποιότητας ζωής στους πολίτες τους, έχουν καταφέρει να διαχειριστούν το πρόβλημα επαρκώς. Ο στρατηγικός σχεδιασμός της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, δεν στηρίζεται μόνο στον τρόπο απόθεσης ή αξιοποίησης των παραγόμενων ποσοτήτων, αλλά έχει καταφέρει να αναπτύξει μηχανισμούς οι οποίοι καθορίζουν τον τρόπο διαχείρισης από την πηγή της παραγωγής, την οργάνωση του τρόπου συλλογής της τελικής απόθεσης με σκοπό πάντα τη βέλτιστη αξιοποίηση οικονομικά με το μικρότερο περιβαλλοντικό κόστος.

Η διαχείριση και υποχρέωση αποκομιδής των στερεών αποβλήτων, είναι αποκλειστική ευθύνη των Τοπικών Δημοτικών Αρχών. Η επικρατούσα τακτική από την πλευρά των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ), στα όρια της Ελλάδας έχει οδηγήσει σε τέλμα. Οι Χώροι Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων (ΧΥΤΑ), έχουν υπερκορεσθεί, ενώ το τελευταίο έτος οι ΟΤΑ όλης της χώρας, υποχρεώθηκαν να ετοιμάσουν το Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΤΣΔΑ). Στο σχέδιο αυτό το πρόβλημα εξετάζεται σφαιρικά από όλες τις πλευρές και δίνονται λύσεις τόσο για τον τρόπο, που πρέπει τα νοικοκυριά του κάθε δήμου να διαχειριστούν τις παραγόμενες ποσότητες αποβλήτων όσο ο τρόπος συλλογής και τα σημεία συλλογής καθώς και ο εναλλακτικές μέθοδοι διαχείρισης των αξιοποιήσιμων αποβλήτων και τελικής απόθεσης των μη αξιοποιήσιμων ποσοτήτων.

Στον τομέα του τρόπου συλλογής, της χωροθέτησης του κεντρικού δικτύου των κάδων και των διαδρομών, που ακολουθούν τα απορριμματοφόρα οχήματα, στους ελληνικούς Δήμους, εμφανίζεται ένα τεράστιο κενό, το οποίο οδηγεί σε αύξηση του συνολικού κόστους της διαχείρισης κατά περίπου 60-80% (Karadimas N., et al, 2008). Τα τελευταία χρόνια έχει ενθαρρυντικά ξεκινήσει από την πλευρά των Δήμων, να οργανώνεται και αυτός ο τομέας με γνώμονα την επιτυχή λειτουργία και των μύηση σε καλές πρακτικές αντίστοιχων Δήμων του εξωτερικού.

Μεγάλη είναι η συμβολή των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων, τα οποία παρέχουν αξιόπιστες λύσεις στα χωρικά προβλήματα, που προκύπτουν κατά περίπτωση.

Το ζητούμενο της εν λόγω εργασίας είναι η βέλτιστη επίλυση του προβλήματος της χωροθέτησης των κάδων συλλογής αποβλήτων, η βελτιστοποίηση των διαδρομών των απορριματοφόρων οχημάτων.

Στο πρώτο κεφάλαιο, κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν επιγραμματικά οι έννοιες και οι ποσότητες των στερών αποβλήτων, που αναφέρονται στην εργασία, καθώς και ο τρόπος διαχείρισής τους. Αναλύεται το πρόβλημα, που προκύπτει από την κακή διαχείριση και αναλύεται η σημαντικότητα του προβλήματος. Τέλος στο ίδιο κεφάλαιο παρουσιάζεται το «state of the art», τι κάνουν δηλαδή αντίστοιχοι φορείς στο υπό επίλυση πρόβλημα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, περιγράφεται η περιοχή μελέτης, που είναι 2 οικισμοί του Δήμου Αλμυρού, στους οποίους παρατηρείται έντονα το πρόβλημα της άτακτης χωροθέτησης των κάδων και της μη επιτυχούς και έγκαιρης αποκομιδής από τα απορριματοφόρα τις προγραμματισμένες ημέρες και ώρες.

Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στη μεθοδολογία, που χρησιμοποιείται για την επίλυση του προβλήματος και συγκεκριμένα της χωροθέτησης του κεντρικού δικτύου των κάδων και των επανασχεδιασμό των διαδρομών των απορριματοφόρων οχημάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα δεδομένα, που χρησιμοποιούνται και συμβάλουν στη διεξαγωγή της βέλτιστης επίλυσης του προβλήματος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο εφαρμόζεται το μοντέλο χωροθέτησης και προσδιορίζονται οι διαδρομές, που θα ακολουθούν τα οχήματα με τη χρήση του προγράμματος ArcGis καθώς και τα οφέλη από την εφαρμογή της προτεινόμενης χρήσης.

Τέλος στο έκτο κεφάλαιο ακολουθούν τα συμπεράσματα.

1 ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ (ΑΣΑ) – ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΔΩΝ ΑΣΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΟΦΟΡΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

1.1 ΑΣΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥΣ

1.1.1 ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΑΣΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ (ΑΣΑ)

Ως «στερεό (μη επικίνδυνο) απόβλητο» σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση Η.Π. 50910/2727/2003 (ΦΕΚ 1909/Β/22.12.03- όπως τροποποιήθηκε και ισχύει): Μέτρα και όροι για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων. – Εθνικός και περιφερειακός σχεδιασμός διαχείρισης η ΑΣΑ (Municipal Solid Waste), νοείται κάθε ουσία ή αντικείμενο, που υπάγεται στις κατηγορίες αποβλήτων των Παραρτημάτων ΙΑ και ΙΒ της ανωτέρω Υ.Α και το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει.

Από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο έχει θεσπιστεί ο Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (ΕΚΑ)-2002/532/ΕΚ, με τον οποίο η ελληνική νομοθεσία έχει εναρμονιστεί πλήρως και στον οποίο γίνεται εκτενής αναφορά όλων των κατηγοριών των παραγόμενων αποβλήτων επικίνδυνων και μη, με κωδικοποίηση. Στην έννοια του στερεού (μη επικινδύνου) αποβλήτου δεν υπάγονται τα απόβλητα εκείνα από τον ΕΚΑ, τα οποία χαρακτηρίζονται ως εν δυνάμει επικίνδυνα απόβλητα, σύμφωνα με την Απόφαση 2001/118/Ε.Κ. (ΕΕΛ 47/2001).

Ως «αστικά απόβλητα», χαρακτηρίζονται τα οικιακά απόβλητα, καθώς και άλλα απόβλητα, που λόγω της φύσης ή της σύνθεσης προσομοιάζουν με τα οικιακά, όπως τα δημοτικά απόβλητα ενώ ως «οικιακά απόβλητα», τα απόβλητα των κατοικιών.

Επίσης στην προαναφερόμενη Υ.Π. ορίζονται τα παρακάτω:

Ως «παραγωγός», νοείται κάθε πρόσωπο φυσικό ή νομικό του οποίου η δραστηριότητα παρήγαγε απόβλητα (αρχικός παραγωγός) ή και κάθε πρόσωπο, που έχει πραγματοποιήσει εργασίες προεπεξεργασίας, ανάμειξης ή άλλες εργασίες, οι οποίες οδηγούν σε μεταβολή της φύσης ή της σύνθεσης των αποβλήτων.

Ως «κάτοχος», νοείται ο παραγωγός αποβλήτων ή το φυσικό ή νομικό πρόσωπο, που έχει στην κατοχή του τα απόβλητα.

Ως «διαχείριση» νοείται η συλλογή, η μεταφορά, μεταφόρτωση, η προσωρινή αποθήκευση, η αξιοποίηση και η διάθεση των αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της εποπτείας των εργασιών αυτών, καθώς και της μετέπειτα φροντίδας των χώρων διάθεσης.

Ο όρος «μεταφορά», περιλαμβάνει το σύνολο των εργασιών μετακίνησης των αποβλήτων από τα μέσα ή τους χώρους συλλογής στους χώρους διάθεσης, αξιοποίησης ή μεταφόρτωσης.

Ως «συλλογή», νοείται η συγκέντρωση, ο διαχωρισμός σε κατηγορίες υλικών σύμφωνα με τις φυσικές ή/ και χημικές ιδιότητές τους, ή/και η ανάμειξη των αποβλήτων για τη μεταφορά τους. Στην έννοια της συλλογής περιλαμβάνεται και η συγκέντρωση /τοποθέτηση αποβλήτων σε κάδους μέχρι να πραγματοποιηθεί η μεταφορά τους.

Η διαχείριση των στερεών αποβλήτων, πραγματοποιείται κατά τρόπο ώστε να διασφαλίζεται ότι δεν τίθεται σε κίνδυνο, άμεσα ή έμμεσα, η υγεία του ανθρώπου και ότι δεν χρησιμοποιούνται διαδικασίες ή μέθοδοι, που ενδέχεται να βλάψουν το περιβάλλον. Ειδικότερα, λαμβάνονται μέτρα ώστε:

α. να μην δημιουργούνται κίνδυνοι για το νερό, τον αέρα, το έδαφος, τη χλωρίδα, την πανίδα καθώς και την εν γένει βιώσιμη ανάπτυξη.

β. να μην προκαλούνται ενοχλήσεις από το θόρυβο ή τις οσμές

γ. να μην προκαλείται αλλοίωση του τοπίου και των περιοχών, που παρουσιάζουν ιδιαίτερο οικολογικό, πολιτιστικό, αισθητικό ενδιαφέρον (όπως αρχαιολογικοί χώροι, τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλους, ευαίσθητα οικοσυστήματα).

Η κατηγοριοποίηση των αποβλήτων διευκρινίζεται στο παράρτημα ΙΒ της Υπουργικής Απόφασης **Η.Π. 50910/2727/2003** (ΦΕΚ 1909/Β/22.12.03), το οποίο αναφέρεται στον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ) διαμορφώνοντας τον παρακάτω πίνακα:

01	Απόβλητα, που προκύπτουν, από εξερεύνηση, εξόρυξη, εργασίες λατομείου, φυσική και χημική επεξεργασία ορυκτών
02	Απόβλητα από γεωργία, κηπευτική, υδατοκαλλιέργεια, δασοκομία, θήρα και αλιεία, προετοιμασία κι επεξεργασία τροφίμων
03	Απόβλητα από την κατεργασία ξύλου και την παραγωγή ταμπλάδων κι επίπλων, καθώς και πολτού χαρτιών και χαρτονιών
04	Απόβλητα από τις βιομηχανίες δέρματος, γούνας και υφαντουργίας
05	Απόβλητα από τη διύλιση πετρελαίου, τον καθαρισμό φυσικού αερίου και την πυρολυτική επεξεργασία άνθρακα
06	Απόβλητα από ανόργανες χημικές διεργασίες

07	Απόβλητα από οργανικές χημικές διεργασίες
08	Απόβλητα από την παραγωγή. Διαμόρφωση, προμήθεια και χρήση (ΠΔΠΧ) επικαλύψεων (χρώματα, βερνίκια και σμάλτο, γάλου), κολλών, στεγανωτικών και τυπογραφικών μελανών
09	Απόβλητα από τη φωτογραφική βιομηχανία
10	Απόβλητα από θερμικές επεξεργασίες
11	Απόβλητα από τη χημική επιφανειακή επεξεργασία και την επικάλυψη μετάλλων και των άλλων υλικών σιδηρομεταλλουργία μη σιδηρούχων μετάλλων
12	Απόβλητα από τη μορφοποίηση και τη φυσική και χημική επεξεργασία μετάλλων και πλαστικών
13	Απόβλητα ελαίων και απόβλητα υγρών καυσίμων (εκτός βρώσιμων ελαίων)
14	Απόβλητα από οργανικούς διαλύτες, ψυκτικές ουσίες και προωθητικά
15	Απόβλητα από συσκευασίες, απορροφητικά υλικά, υφάσματα σκουπίσματος, υλικά φίλτρων και προστατευτικό ρουχισμό μη προδιαγραφόμενα αλλιώς
16	Απόβλητα, μη προδιαγραφόμενα αλλιώς
17	Απόβλητα από κατασκευές και καταδαφίσεις (περιλαμβανομένου χώματος εξορυγμένου από μολυσματικές περιοχές)
18	Απόβλητα από την υγειονομική περίθαλψη ανθρώπων ή ζώων ή /και από σχετικές έρευνες (εξαιρούνται απόβλητα κουζίνας κι εστιατορίων, που δεν προκύπτουν άμεσα από το σύστημα υγείας)
19	Απόβλητα από τις μονάδες διαχείρισης αποβλήτων υδάτων εκτό σημείου παραγωγής και υδάτων βιομηχανική χρήσεως
20	Δημοτικά απόβλητα (οικιακά απόβλητα και παρόμοια απόβλητα από εμπορικές δραστηριότητες, βιομηχανίες και ιδρύματα), περιλαμβανομένων μερών χωριστά συλλεγόντων

Πίνακας 1: Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων ΕΚΑ

Στην παρούσα εργασία, γίνεται λόγος αποκλειστικά στα απόβλητα της κατηγορίας 20, του ανωτέρω πίνακα, μιας και η διαχείριση αυτών αποτελεί αποκλειστικά ευθύνη των Δήμων κι όχι του άμεσου παραγωγού, δηλαδή των πολιτών.

Τα αστικά απόβλητα, της ανωτέρω κατηγορίας 20, με βάση ΕΚΑ περιγράφονται στον πίνακα 2:

20 01	χωριστά συλλεγόμενα μέρη (εκτός από το σημείο 15 01)
20 01 01	χαρτιά και χαρτόνια
20 01 02	γυαλιά
20 01 08	βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα κουζίνας και χώρων διαίτησης
20 01 10	ρούχα
20 01 11	υφάσματα
20 01 17*	φωτογραφικά χημικά
20 01 19*	ζιζανιοκτόνα
20 01 21	σωλήνες φθορισμού και άλλα απόβλητα περιέχοντα υδράργυρο
20 01 22	αεροζόλ
20 01 23	απορριπτόμενος εξοπλισμός που περιέχει χλωροφθοράνθρακες
20 01 31*	κυτταροτοξικές και κυτταροστατικές φαρμακευτικές ουσίες
20 01 32	φάρμακα άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 20 01 31

20 01 33*	μπαταρίες και συσσωρευτές που περιλαμβάνονται στα σημεία 16 06 01, 16 06 02 ή 16 06 03 και μεικτές μπαταρίες και συσσωρευτές που περιέχουν τις εν λόγω μπαταρίες
20 01 34	μπαταρίες και συσσωρευτές άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 20 01 33
20 01 35*	απορριπτόμενος ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός άλλος από τον αναφερόμενο στα σημεία 20 01 21 και 20 01 23 που περιέχει επικίνδυνα συστατικά στοιχεία
20 01 36	απορριπτόμενος ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός άλλος από τον αναφερόμενο στα σημεία 20 01 21, 20 01 23 και 20 01 35
20 01 37*	ξύλο που περιέχει επικίνδυνες ουσίες
20 01 38	ξύλο εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 20 01 37
20 01 39	πλαστικά
20 01 40	μέταλλα
20 01 41	απόβλητα από τον καθαρισμό καμινάδων
20 01 99	άλλα μέρη μη προδιαγραφόμενα άλλως
20 02	απόβλητα κήπων και πάρκων (περιλαμβάνονται απόβλητα νεκροταφείων)
20 02 01	βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα
20 02 02	χώματα και πέτρες
20 02 03	άλλα μη βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα
20 03	άλλα δημοτικά απόβλητα
20 03 01	ανάμεικτα δημοτικά απόβλητα
20 03 02	απόβλητα από αγορές
20 03 03	υπολείμματα από τον καθαρισμό δρόμων
20 03 04	λάσπη σηπτικής δεξαμενής
20 03 06	απόβλητα από τον καθαρισμό λυμάτων
20 03 07	ογκώδη απόβλητα
20 03 99	δημοτικά απόβλητα με προδιαγραφόμενα άλλως

Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση ΑΣΑ με βάση τον ΕΚΑ

1.1.2 ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΣΑ

Η εξέλιξη της ετήσιας παραγωγή αποβλήτων ανά χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα:

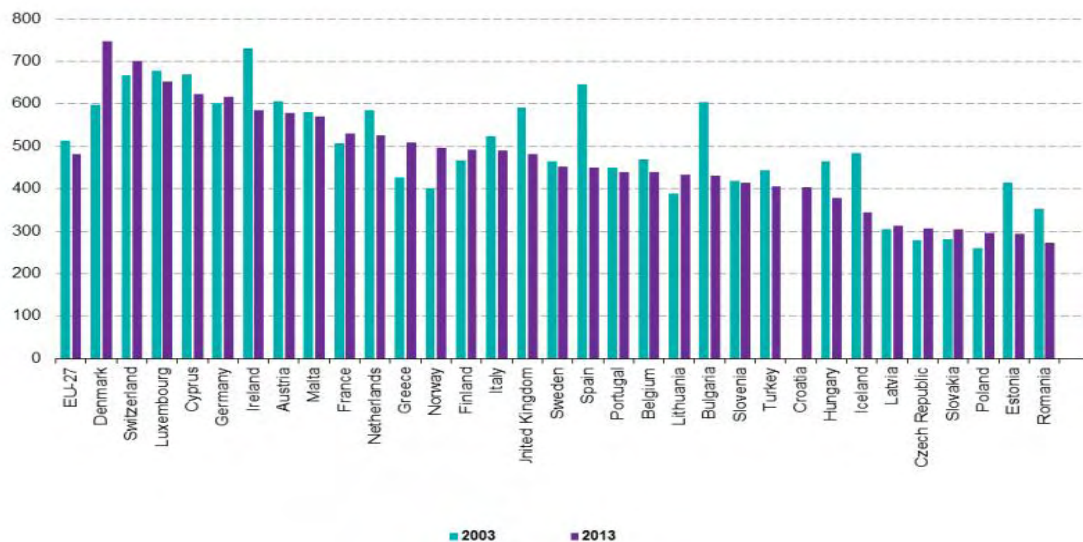
ΧΩΡΑ	2008	2010	2012	POPULATION 2012	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ / ΚΑΤΟΙΚΟ t/y
Belgium	4.459.161	4.678.683	5.003.527	11.094.850,00	0,450977435
Bulgaria	2.907.121	3.529.458	2.754.523	7.327.224,00	0,375929957
Czech Republic	3.176.176	3.334.240	3.232.642	10.505.445,00	0,307711096
Denmark	2.514.155	3.550.267	3.727.494	5.580.516,00	0,66794791
Germany	35.754.996	36.311.611	36.471.810	80.327.900 ^(b)	0,454036642
Estonia	439.973	430.499	436.420	1.325.217,00	0,329319651
Ireland	1.677.338	1.730.028	1.656.670	4.582.707,00	0,361504674
Greece	3.954.486	5.197.519	4.859.163	11.086.406,00	0,438299211
Spain	24.431.321	23.198.185	21.224.354	46.818.219,00	0,453335356
France	29.310.520	29.306.586	29.996.157	65.276.983 ^(p)	0,459521191
Croatia	0	0	1.190.553	4.275.984,00	0,278427843
Italy	32.471.571	32.478.921	29.612.923	59.394.207,00	0,498582682
Cyprus	432.858	461.227	450.526	862.011,00	0,522645303
Latvia	606.077	694.013	1.213.193	2.044.813,00	0,593302664
Lithuania	1.362.620	1.261.400	1.176.825	3.003.641,00	0,391799486
Luxembourg	276.272	250.061	249.010	524.853 ^(b)	0,474437604
Hungary	3.466.071	2.864.896	2.680.573	9.931.925 ^(b)	0,269894608
Malta	145.817	149.564	155.147	417.546,00	0,371568642
Netherlands	9.434.770	9.084.649	8.863.839	16.730.348,00	0,529806015
Austria	3.819.277	4.622.626	4.020.113	8.408.121,00	0,478122639
Poland	6.879.294	8.889.685	9.324.197	38.063.792,00	0,244962378
Portugal	5.466.307	5.440.930	4.731.431	10.542.398,00	0,448800263
Romania	6.503.356	6.127.153	4.646.895	20.095.996,00	0,231234869
Slovenia	714.165	727.708	641.449	2.055.496,00	0,312065312
Slovakia	1.772.426	1.719.012	1.656.571	5.404.322,00	0,306527072
Finland	1.674.400	1.680.763	1.733.525	5.401.267,00	0,320947844
Sweden	4.393.002	4.038.272	4.193.105	9.482.855,00	0,442177488
United Kingdom	31.539.338	28.620.730	27.506.380	63.495.303,00	0,433203382
Iceland	:	232.256	232.921	319.575,00	0,728846124
Norway	2.224.522	2.228.608	2.437.776	4.985.870,00	0,488936936
Former Yugoslav Republic of Macedonia, the	:	451.382	0	2.059.794,00	-

Kosovo (under United Nations Security Council Resolution 1244/99)	:	:	490.045	1.798.645,00	0,272452318
---	---	---	---------	--------------	-------------

Πίνακας 3: Ετήσια παραγωγή ΑΣΑ, πληθυσμοί χωρών Ε.Ε. [Eurostat, ίδια επεξεργασία].

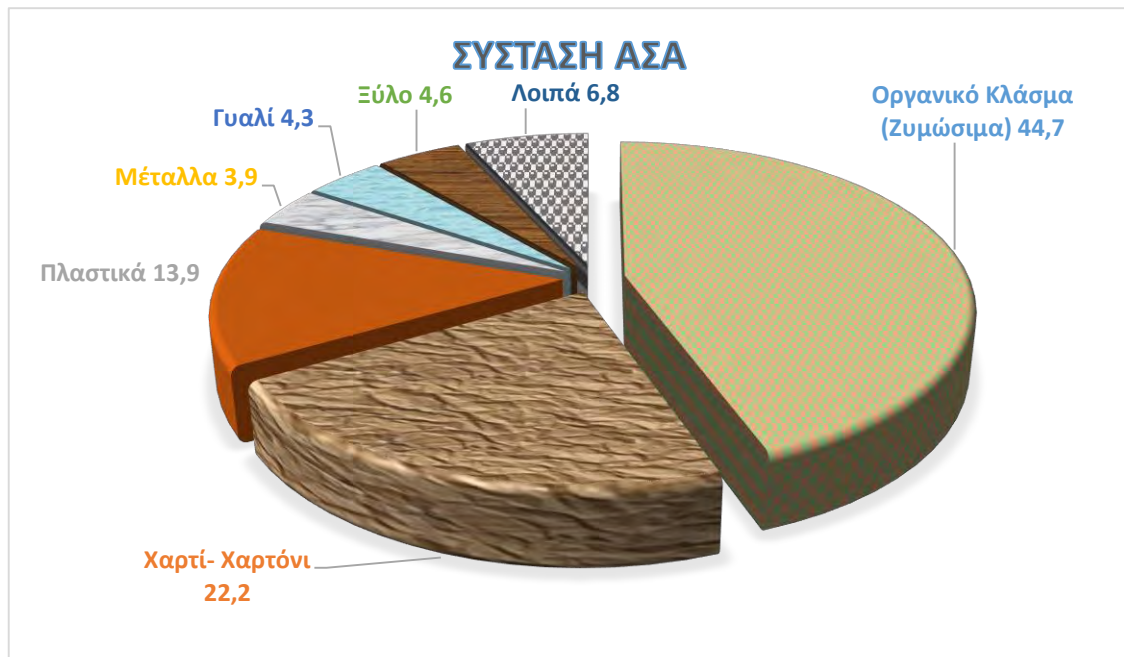
Από τον πίνακα 3, γίνεται αντιληπτό ότι την πρώτη θέση στη μικρότερη παραγωγή ΑΣΑ ανά κάτοικο την καταλαμβάνει η Ρουμανία με ποσότητα (0,23 kg/cap/y) κατά το ήμισυ του Μ.Ο.: 0,41kg/cap/y, ενώ αντιδιαμετρικά βρίσκεται η Ισλανδία, στην οποία η παραγωγή ΑΣΑ ανέρχεται σε 0,73kg/cap/y. Η Ελλάδα, αποτελεί τη Μέση Τιμή της ετήσια παραγωγής ΑΣΑ ανά κάτοικο.

Συγκριτικά, η παραγωγή αποβλήτων ανά κάτοικο/ έτος παρουσιάζεται στο επόμενο διάγραμμα, για τα έτη 2003-2013:



Διάγραμμα 1: Η εξέλιξη της παραγωγής αποβλήτων στις χώρες της ερωπαϊκής ένωσης για τα έτη 2003-2013 (πηγή: EUROSTAT).

Σύμφωνα με το 2^ο παραδοτέο του Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ, Ιανουάριος 2014), η κατά βάρος ποιοτική σύσταση των αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα, φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα.



Διάγραμμα 2: Σύσταση ΑΣΑ (4^ο παραδοτέο, ΕΣΔΑ, ίδια επεξεργασία)

Με την παραδοχή ότι η σύσταση των αποβλήτων δεν θα μεταβληθεί έως το 2020, στο ΕΣΔΑ, παρουσιάζεται (σε t) η αναμενόμενη ετήσια παραγωγή ΑΣΑ σε εθνικό επίπεδο όπως στον επόμενο πίνακα:

Συστατικό	ΠΟΣΟΣΤΟ % κ.β.	2016	2017	2018	2019	2020
Οργανικό κλάσμα	44,3%	2.510.127	2.546.674	2.583.886	2.621.630	2.659.900
Χαρτί-χαρτόνι	22,2%	1.257.896	1.276.211	1.294.859	1.313.774	1.333.000
Πλαστικά	13,9%	787.602	799.069	810.745	822.588	834.600
Μέταλλα	3,9%	220.982	799.069	810.745	230.798	234.300
Γυαλί	4,3%	243.647	224.199	227.475	254.470	258.400
Ξύλο	4,6%	260.645	264.440	250.806	272.223	276.100
Λοιπά	6,8%	385.302	390.912	268.304	402.417	408.300
ΣΥΝΟΛΟ	100%	5.666.200	5.748.700	5.832.700	5.917.900	6.004.600

Πίνακας 4: Αναμενόμενη ποσότητα ΑΣΑ στην Ελλάδα, την επόμενη πενταετία (4^ο παραδοτέο, ΕΣΔΑ)

1.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ - ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ

Για τη συλλογή κι αποκομιδή των απορριμμάτων των νοικοκυριών υπάρχουν οι εξής τρόποι:

- Συλλογή «πόρτα- πόρτα» ανά νοικοκυριό σε ατομικούς κάδους από ένα (1) έως και οκτώ (8)(Σουηδία, Gallardo et al, 2015), όσα και τα ρεύματα χωριστής συλλογής αποβλήτων (σύμμικτα, βιοαποδομήσιμα, εφημερίδες, χαρτί, γυαλί, πλαστικό φιλμ, χοντρά πλαστικά, μέταλλο (π.χ. Σουηδία), (Gallardo et al, 2015). Η αποκομιδή γίνεται από απορριμματοφόρα οχήματα με το σύστημα «πόρτα-πόρτα» ή από ιδιωτικές επιχειρήσεις, που αγοράζουν τα συλλεγθέντα υλικά.
- Κεντρικό δίκτυο συλλογής κάδων, μεγάλης χωρητικότητας, σε επιλεγμένες θέσεις, καλύπτοντας τη ζήτηση όλων των νοικοκυριών. Η αποκομιδή γίνεται από απορριμματοφόρα οχήματα σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- Συλλογή από το πεζοδρόμιο. Στην περίπτωση αυτή, οι χρήστες αποθέτουν τα απορρίμματά τους στο πεζοδρόμιο την προκαθορισμένη ώρα της αποκομιδής. Η αποκομιδή γίνεται κυρίως από τις τοπικές αρχές ή ιδιωτική εταιρεία με το σύστημα «πόρτα-πόρτα».
- Ιδία μεταφορά των απορριμμάτων από τους παραγωγούς στους χώρους τελικής απόθεσης ή Σταθμούς μεταφόρτωσης απορριμμάτων (ΣΜΑ)
- Συμβολαιακές ή αναθετούμενες υπηρεσίες .(Daniel Hoornweg and Perinaz Bhada-Tata, 2012), σε ιδιώτες με εντολή των δημοτικών αρχών. Ο προγραμματισμός της αποκομιδής γίνεται από την ιδιωτική επιχείρηση η οποία πληρώνεται άμεσα από τους παραγωγούς αποβλήτων – νοικοκυριά.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος συλλογής των ΑΣΑ στην Ελλάδα, είναι κυρίως η συλλογή τους σε κεντρικό δίκτυο κάδων (μεταλλικών ή πλαστικών) χωρητικότητας από 120lt έως 1100lt. Η αποκομιδή τους γίνεται μηχανικά από απορριμματοφόρο όχημα, σε συχνότητα, που κανονίζει η υπηρεσία καθαριότητας του Δήμου.

Εν τούτοις άλλη μία μέθοδος, που ολοένα κερδίζει έδαφος είναι η συλλογή των απορριμμάτων ανά νοικοκυριό ή επιχείρηση σε ατομικούς κάδους μικρής χωρητικότητας και η συλλογή τους γίνεται από απορριμματοφόρα του ΟΤΑ με το σύστημα «πόρτα-πόρτα» σε καθορισμένες ώρες. Το σύστημα αυτό επιτυγχάνει μεγάλο βαθμό καθαριότητας εντός του αστικού ιστού, δεν παρατηρείται ποτέ το φαινόμενο των

πεταμένων απορριμμάτων έξω από τους κάδους και δεν προκαλείται ποτέ το πρόβλημα της δυσοσμίας. Από την άλλη η μέθοδος αυτή, απαιτεί μεγάλο χρόνο αποκομιδής και αυξάνει το λειτουργικό κόστος.

Μέχρι την ανάπτυξη των κατάλληλων λογισμικών και την εύρεση αλγόριθμων ικανών να επιλύσουν προβλήματα χωροθέτησης και χάραξης διαδρομών ισχυαν απλοί κανόνες, που εφαρμόζονταν κατά περίπτωση. Η εμπειρική τοποθέτηση των κάδων σε κάποιες θέσεις υπερισχύει στα ελληνικά δεδομένα. Στους περισσότερους δήμους τυχαία επιλέγονταν οι θέσεις των κάδων και σε περίπτωση δημιουργίας προβλημάτων μετατοπίζονταν σε νέα θέση, μέχρι να αποτελέσουν κι εκεί ανεπιθύμητο στοιχείο (κυρίως στους περιοίκους), οπότε μεταφέρονταν εκ νέου κάποια μέτρα πιο μακριά. Στην περίπτωση των κάδων συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών, η εταιρείες εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων προτείνουν την τοποθέτηση ενός κάδου χωρητικότητας 1100lt ανά 72 κατοίκους. Έχοντας ως οδηγό αυτή την αναλογία, οι Δήμοι διαιρούσαν το σύνολο του πληθυσμού τους δια 72 και έτσι υπολογιζόταν ο αριθμός των κάδων, που θα τοποθετούνταν στο Δήμο τους.

Ένα σοβαρό πρόβλημα, με το οποίο έρχονται αντιμέτωποι οι Δήμοι λόγω κακής χωροθέτησης ανεπαρκούς αριθμού των κάδων ο κορεσμός από απόβλητα, σε χρόνο μικρότερο της επόμενης προγραμματισμένης αποκομιδής, μετατρέποντας τις γειτονιές σε σημειακές «χωματερές» με έντονα προβλήματα δυσοσμίας. Το φαινόμενο επιλύεται επιφανειακά, με αύξηση του αριθμού των κάδων, αυξάνοντας παράλληλα το χρόνο αποκομιδής καθώς και τα λειτουργικά έξοδα (ημερομίσθια, καύσιμα και συντήρηση απορριμματοφόρων οχημάτων κλπ).

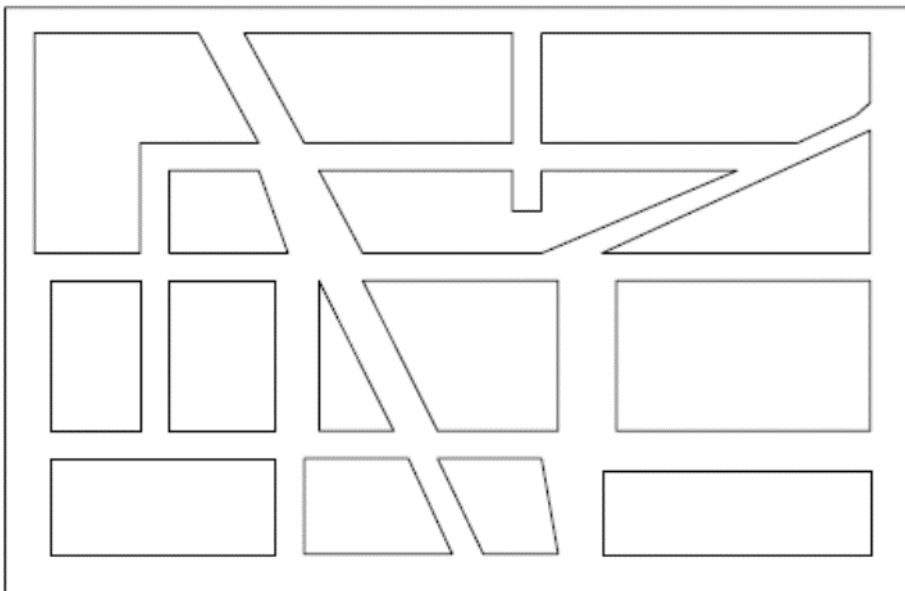
Η ελαχιστοποίηση των διαδρομών, που πραγματοποιεί ένα απορριμματοφόρο είναι πολύ σημαντική σύμφωνα με τον Κούγκολο Α., (2007), για τους εξής λόγους:

- Μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από την κίνηση των οχημάτων
- Μείωση της όχλησης, που προκαλείται λόγω της κυκλοφορίας των οχημάτων
- Μείωση των λειτουργικών καυσίμων (καύσιμα, ημερομίσθια)

Πριν την ανάπτυξη των ψηφιακών μοντέλων ανάλυσης, η μέθοδος , που χρησιμοποιούνταν κατά κόρον ήταν αυτή των μονών κόμβων. Ως μονός κόμβος, νοείται το σημείο διασταύρωσης μονού αριθμού οδών (3 ή 5 ή 7). Κατά την εφαρμογή αυτής της

μεθόδου, λαμβάνεται υπόψη ο περιορισμός, ότι δεν θα υπάρχουν μονόδρομοι στην περιοχή μελέτης και το απορριμματοφόρο θα εισέλθει και εξέλθει από την πάνω αριστερά γωνία της περιοχής (Κούγκολος 2005). Με τη μέθοδο αυτή παράγεται μία άδιακοπη χάραξη διαδρομής, που να είναι η συντομότερη δυνατή.

Σύμφωνα με τους Μουσιόπουλο και Καραγιαννίδη (2002), κατά την εφαρμογή της μεθόδου, αρχικά αφαιρούνται όλα τα αδιέξοδα τμήματα, για την ασφάλεια της κίνησης του οχήματος, αποτρέποντας έτσι την όπισθεν κίνηση. Σε δεύτερη φάση αφαιρούνται κάποια τμήματα οδών, στα οποία διαμένει μικρός αριθμός κατοίκων και οποίοι θα υποχρεωθούν να εξυπηρετηθούν από το εγγύτερο σε αυτούς σημείο χωροθέτησης του κάδου.

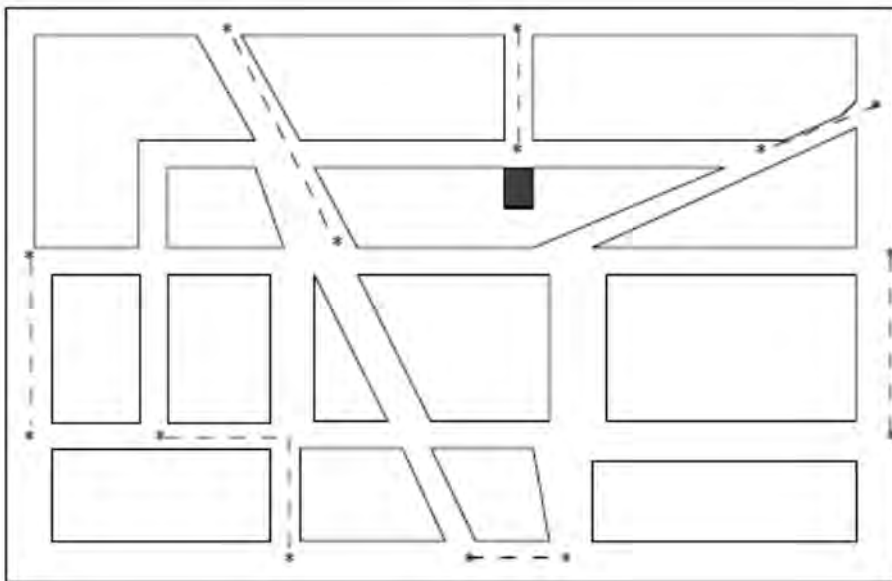


Εικόνα 1: Κάτοψη οδών για την εφαρμογή του συστήματος των μονών κόμβων (πηγή: Καραγιαννίδη- Μουσιόπουλος 2002)

Στη συνέχεια εντοπίζονται και σημαίνονται όλοι οι μονοί κόμβοι με ένα στεράκι. Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστεί ότι ο αριθμός των μονών κόμβων να είναι πάντα ζυγός. Σε περίπτωση, που δε ισχύει αυτό, κάποιος κόμβος δεν έχει σημαθεί και πρέπει να εντοπιστεί. Ακολούθως, γίνεται γραμμική σύνδεση των μονών κόμβων σε ζεύγη, με τέτοιο τρόπο ώστε το συνολικό μήκος των γραμμών να είναι πάντα το ελάχιστο δυνατό. Στην Εικόνα 2, η σύνδεση των οδών έχει πραγματοποιηθεί με διακεκομμένη γραμμή.

Επόμενο βήμα είναι η επιλογή του σημείου εκκίνησης του απορριμματοφόρου. Ως επί το πλείστον, η θέση αυτή εντοπίζεται στον πρώτο κάδο, που συναντά το απορριμματοφόρο όταν εισέρχεται στην περιοχή αποκομιδής από το χώρο στάθμευσης ή από το σταθμό διάθεσης απορριμμάτων, στην περίπτωση, που τα δρομολόγια της ημέρας είναι περισσότερα του ενός. Το σημείο εξόδου του οχήματος από την περιοχή αποκομιδής, ορίζεται συνήθως το σημείο το οποίο απέχει το λιγότερο δυνατό, από το δρόμο που οδηγεί στο χώρο διάθεσης των απορριμμάτων (ΧΥΤΑ, ΣΜΑ κλπ).

Δεν είναι αδύνατο, σε κάποιες περιπτώσεις, το σημείο εισόδου κι εξόδου του οχήματος στην περιοχή συλλογής, να συμπίπτουν (όπως φαίνεται στην εικόνα>>>>), Σε περίπτωση, που τα σημεία αυτά δεν συμπίπτουν τότε καθορίζεται η πορεία διαδρομής με τέτοιο τρόπο, ώστε να καλύπτεται όλη η περιοχή αποκομιδής πριν το απορριμματοφόρο θα φτάσει για τελευταία φορά στο σημείο εξόδου.

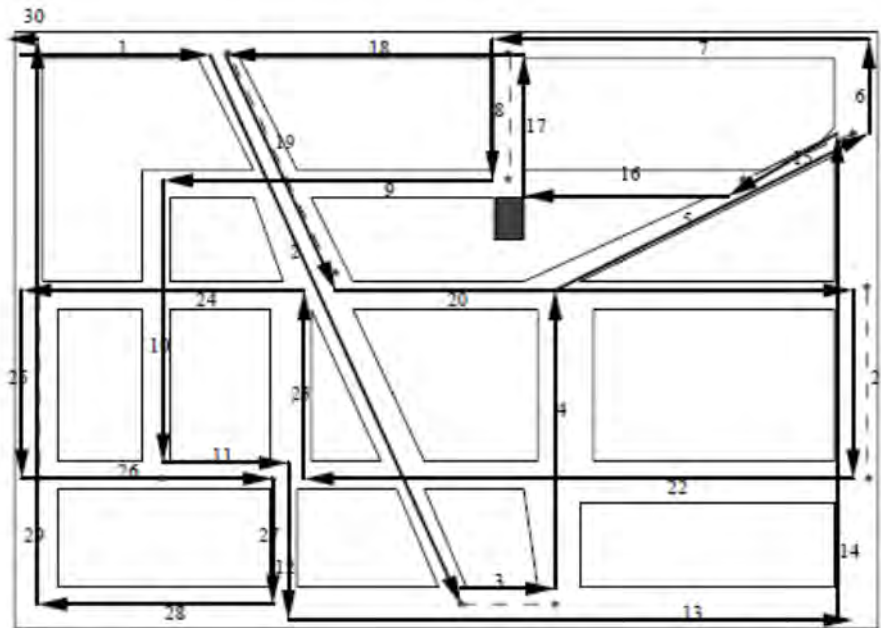


Εικόνα 2: Σημείωση μονών κόμβων(πηγή: Καραγιαννίδης- Μουσιόπουλος 2002)

Λαμβάνοντας ως σημείο εκκίνησης το προκαθορισμένο σημείο αναχώρησης, χαράσσεται η πορεία αποκομιδής ακολουθώντας, τους παρακάτω κανόνες:

Όταν το όχημα φθάσει σε ένα μονό κόμβο, τότε υποχρεωτικά ακολουθεί τη γραμμική σύνδεση με τον επόμενο μονό κόμβο. Όταν απαιτείται αλλαγή διεύθυνσης, τότε αυτή γίνεται δεξιόστροφα (κι αντίστοιχα αριστερόστροφα για τις χώρες, που ακολουθούν αριστερό σύστημα οδήγησης). Στην περίπτωση, που κατά την πορεία συναντηθεί κάθετα η χάραξη σύνδεσης δύο μονών κόμβων, δεν ακολουθείται ποτέ.

Οι άρτιοι κόμβοι, σημεία συνάντησης ζυγού αριθμού οδών (2,4, 6), (κόμβοι, που δεν έχουν σημειωθεί με αστεράκι) διασχίζονται απέναντι χωρίς να αλλάζει η κατεύθυνση της κίνησης, (με ελάχιστες εξαιρέσεις π.χ. όταν στον άρτιο κόμβο απαντάται μία διακεκομμένη γραμμή στη μέση της, υποχρεωτικά δεν ακολουθείται, οπότε ίσως χρειασθεί να στρίψει το όχημα).



Εικόνα 3: : Διαμόρφωση τελικής διαδρομής ύστερα από την εφαρμογή του κανόνα των μονών κόμβων (πηγή: Μουσιόπουλος, Καργιαννίδης, 2002)

Αποτέλεσμα της ακολουθίας των ανωτέρω βημάτων είναι η διεξαγωγή μίας αδιάκοπης διαδρομής, η οποία διέρχεται από όλους τους δρόμους μία φορά, ενώ διέρχεται 2 φορές από τις οδούς, που συνδέουν μονούς κόμβους.

Πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι ελαχιστοποιεί τον αριθμό των διαδρομών. Εφαρμόζεται, ικανοποιητικά σε μικρές περιοχές εξυπηρέτησης, όταν δεν υπάρχουν μονόδρομοι και όταν η συλλογή γίνεται ταυτοχρόνως και από τις δύο μεριές της οδού.

1.3 ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΣΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΧΩΡΕΣ

Η Ελλάδα, δυστυχώς βρίσκεται σε αρχικό στάδιο, όσον αφορά τον τομέα της διαχείρισης των ΑΣΑ. Οι περισσότερες χώρες της Ε.Ε. έχουν θέσει σε λειτουργία ένα πολύ καλά οργανωμένο μηχανισμό, που διαχειρίζεται τα ΑΣΑ από την πηγή μέχρι και την τελική

τους απόθεση κατά το μέγιστο δυνατό κι αξιοποιώντας τις πιο σύγχρονες μεθόδους, που οδηγούν στα βέλτιστα έως τώρα αποτελέσματα.

Στην Ιταλία, εφαρμόζεται ένα καινοτόμο για την Ελλάδα σύστημα. Οι παραγωγοί των αποβλήτων χρεώνονται δίνοντας βαρύτητα στον αριθμό των πολιτών κι όχι στα τετραγωνικά των κατοικιών. «Οι τελευταίες οδηγίες για τη διαχείριση των ΑΣΑ, λαμβάνοντας υπόψη τον κορεσμό στους ΧΥΤΑ, επιβάλουν μια πολιτική υψηλής αποδοτικότητας στη συλλογή των ΑΣΑ, επιμηκύνοντας τη ζωή των ΧΥΤΑ, μειώνοντας το λειτουργικό κόστος, βελτιώνοντας τις υπηρεσίες προς τους πολίτες,» (Rada, E.C. et al, 2013).

Σε κάποιες περιοχές, έχει αναπτυχθεί το σύστημα LeO, το οποίο βασίζεται στη λειτουργία Web GIS και αποτελείται από δύο (2) μέρη(Rada, E.C. et al, 2013),: Το ένα στο διαδίκτυο, με τη λειτουργία του μέσω κέντρου ελέγχου και το άλλο ως επιφάνεια εργασίας πάνω στο όχημα. Το σύστημα αυτό, διαθέτει ένα προηγμένο μοντέλο επικοινωνίας μεταξύ το οχήματος και του κέντρου ελέγχου, που μπορεί να εντοπίσει ακόμη και την πιθανότητα απάτης.

Ένα άλλο σύστημα, το οποίο αποτέλεσε καινοτομία όταν πρωτοεφαρμόστηκε, είναι το Radar Frequency Identification Transponder (RFID), το οποίο αποτελείται από:

- Μία συσκευή ανάγνωσης
- Μία ή περισσότερες κεραίες, που αποστέλλουν το σήμα και λαμβάνουν απάντηση
- Ένα ή περισσότερους αναμεταδότες.



Εικόνα 4 : Σχηματική απεικόνιση του συστήματος RFID (πηγή: Rada et al, 2010, 10a)

Στο σύστημα αυτό υπάρχει και η επιλογή του RFID σύστημα ζύγισης, το οποίο είναι ικανό να μετρά τη μάζα των ΑΣΑ και να αναγνωρίζει τη σύσταση, του κάθε κάδου κατά

τη φάση συλλογής. «Το μοντέλο αυτό μπορεί να λειτουργήσει άψογα στο σύστημα «Pay as you Throw (PAYT)»- «Πληρώνω όσο πετάω». Το μοντέλο εφαρμόζεται σε περισσότερες από 6.000 πόλεις της Αμερικής, σε αρκετές της Ευρώπης, ενώ σχετικά πρόσφατα βρίσκει εφαρμογή και στην Αυστραλία.» (Wyld, D., 2010).

Άλλη μία καινοτόμα επίλυση στον τομέα της αποκομιδής αποβλήτων αποτελεί ένα μοντέλο διαδρομών των οχημάτων για τη συλλογή και μεταφορά των ΑΣΑ προς τους τελικούς χώρους απόθεσης, με τη χρήση προγραμμάτων GIS, το οποίο έχει σχεδόν εκμηδενίσει το λειτουργικό κόστος. «Εκμεταλλεύεται τη μορφολογία του εδάφους, και εφαρμόζεται στην Ινδία βασιζόμενο κυρίως στη μείωση των καυσίμων, σε μία περιοχή, που χαρακτηρίζεται από έντονες κλίσης των οδών». (Rada, E.C. et al, 2013).

Ένα εναλλακτικό σύστημα αποκομιδής αποβλήτων εφαρμόζεται στα νοικοκυριά των αστικών περιοχών της Αυστραλίας. Εκεί έχει διανεμηθεί ατομικός κάδος συλλογής αποβλήτων, την αποκομιδή των οποίων έχει αναλάβει ο Δήμος μία φορά την εβδομάδα (Illeperuma, S., Samarakoon, L. , 2010). Στην περίπτωση αυτή, δεν απαιτείται χωροθέτηση δικτύου κάδων, αλλά μόνο επαναπροσδιορισμός των διαδρομών των απορριμματοφόρων οχημάτων.

Στην πόλη Leganes, της Ισπανίας, έχουν σχεδιαστεί διαδρομές των οχημάτων για την συλλογή « κάδο σε κάδο», «bin to bin- BTB» του χαρτιού κα χαρτονιού από μικρές επιχειρήσεις, καθώς επίσης και ο επανυπολογισμός και χωροθέτηση των απαιτούμενων κάδων για ιδιωτική και δημόσια χρήση, που γέμιζαν κυρίως με απορρίμματα χαρτιού & χαρτονιού. Το αποτέλεσμα είναι η μείωση των αποβλήτων μέσα στους κάδους και η τακτοποίηση των δρομολογίων συλλογής.

Η χρησιμότητα των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GIS), είναι ιδιαίτερα αυξημένη ιδίως στο στάδιο της ανάλυσης και χειρισμού των χωρικών δεδομένων. Χρησιμοποιούνται στη υποστήριξη της εύρεσης μεθοδολογίας, στον υπολογισμό αποστάσεων, στη βελτιστοποίηση διαδρομών, υπόδειξης και χωροθέτησης σημείων συλλογής κλπ. «Αποτελούν ένα διαδραστικό σύστημα υποστήριξης και λήψης αποφάσεων». (Gallardo A., et al, 2015).

2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

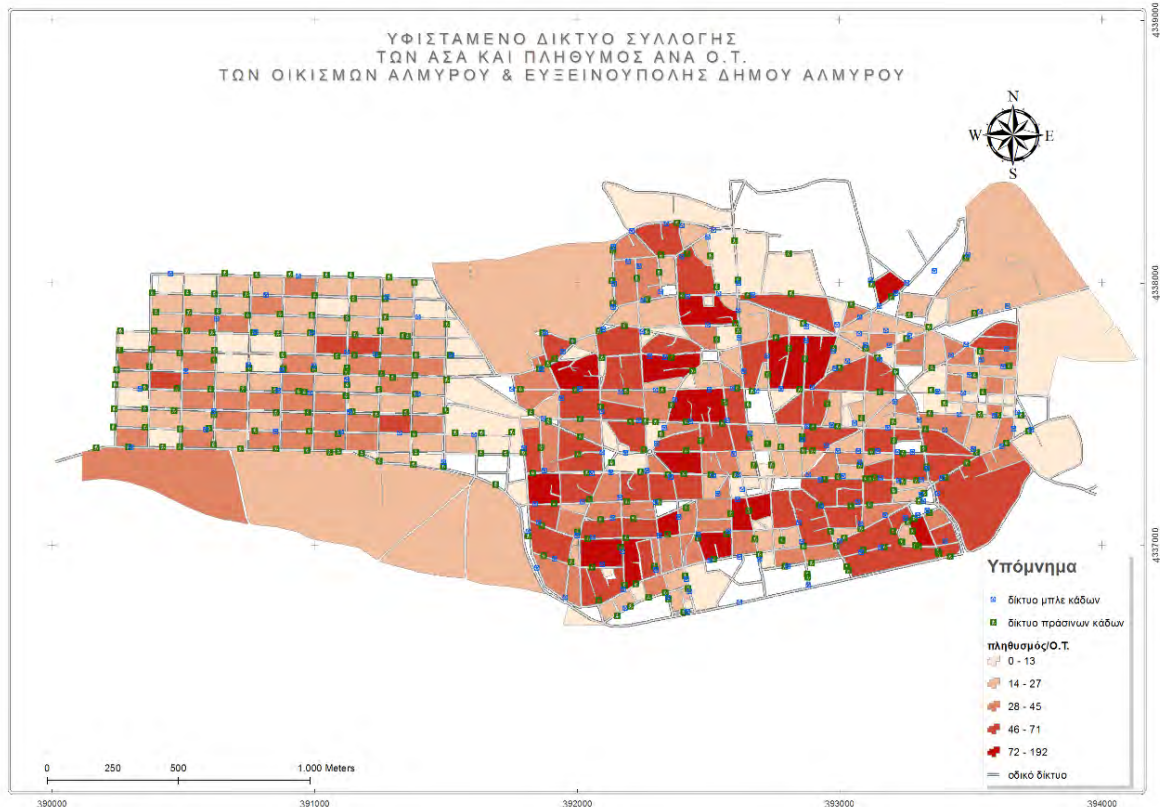
Ο Δήμος Αλμυρού βρίσκεται στο Νοτιο- Νότιο Δυτικό τμήμα του Νομού Μαγνησίας, και καταλαμβάνει έκταση ίση με 905,364km² (ΕΣΥΕ). Αποτελείται από 44 οικισμούς, με μεγαλύτερο τον ομώνυμο του Αλμυρού, ο οποίος γειτνιάζει με τον δεύτερο σε πληθυσμό οικισμό, αυτόν της Ευξεινούπολης. Το σύνολο του μόνιμου πληθυσμού ανέρχεται σε 18.614 άτομα (ΕΛ.ΣΤΑΤ., Απογραφή πληθυσμού 2011).



Χάρτης 1: Η θέση του Δήμου Αλμυρού, στην Περιφέρεια Θεσσαλίας (υπόβαθρο Openstreetmaps, ίδια επεξεργασία).

Η διαχρονική εξέλιξη του πληθυσμού, σε επίπεδο Δήμου, Περιφερειακής Ενότητας Μαγνησίας, Περιφέρειας Θεσσαλίας και της Χώρας παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πρόκειται για πεδινή περιοχή, με μηδενικές κλίσεις. Ο οικισμός της Ευξεινούπολης αποτελείται από γεωμετρικό ρυμοτομικό σχέδιο (μορφή καννάβου), γνωστό και ως Ιπποδάμειο, χαρακτηριστική μορφή τετραγωνικού πλέγματος. Η ύπαρξη συμμετρίας αναμένεται να είναι ένας ευνοϊκός παράγοντας στην επίλυση του εν λόγω προβλήματος, σε αντίθεση με τον οικισμό του Αλμυρού, όπου τα οικοδομικά τετράγωνα είναι άναρχα χωροθετημένα και δεν παρουσιάζουν καμία συμμετρία.



Χάρτης 3: Οικοδομικά τετράγωνα και χρωματική απεικόνιση του πληθυσμού ανά ΟΤ των οικισμών Αλμυρού κι Ευξεινούπολης και υφιστάμενα δίκτυα κάδων ανακύκλωσης και σύμμεικτων..

2.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΑΛΜΥΡΟΥ

2.2.1 ΣΥΜΜΕΙΚΤΑ και ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ ΑΣΑ

Η διαχείριση των ΑΣΑ στο Δήμο Αλμυρού, ακολουθεί κατά ένα μεγάλο ποσοστό την πλειοψηφία των ελληνικών Δήμων. Συλλογή των σύμμεικτων ΑΣΑ και των ανακυκλώσιμων συσκευασιών σε κεντρικά δίκτυα πράσινων και μπλε κάδων αντίστοιχα. Από τον Απρίλιο του 2016, ξεκίνησε η χωριστή συλλογή γυαλιού με τοποθέτηση ειδικών

κώδωνων συλλογής γυαλιού, σε σημεία που λειτουργούν επιχειρήσεις υγειονομικού ενδιαφέροντος.

Η αποκομιδή των σύμμεικτων και ανακυκλώσιμων υλικών γίνεται υπό την ευθύνη της υπηρεσίας Καθαριότητας του Δήμου, η οποία έχει οργανώσει το κεντρικό δίκτυο των κάδων, τη χάραξη των δρομολογίων αποκομιδής, τη συχνότητα των δρομολογίων. Η αποκομιδή των ειδικών κώδωνων συλλογής των γυάλινων συσκευασιών αποκομίζεται με ευθύνη ιδιωτικής εταιρίας.

Τα αποκομισθέντα σύμμεικτα ΑΣΑ, μεταφέρονται στο χώρο του ΣΜΑ, ο οποίος βρίσκεται στη θέση «Κέγκυρο» του Δήμου Αλμυρού, σε απόσταση 9km περίπου από το κέντρο της πόλης, και στη συνέχεια με ευθύνη του Φορέα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦοΔΣΑ) Ν. Μαγνησίας, οδηγούνται στο ΧΥΤΑ Βόλου.

Οι κάδοι της ανακύκλωσης, αποκομίζονται μία φορά την εβδομάδα, μεταφορτώνονται σε μεγαλύτερο όχημα και οδηγούνται στο Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) Αγίου Γεωργίου Φερρών Μαγνησίας.

Η ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ του Δήμου, όπως περιγράφεται στο Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων του Δήμου, φαίνεται στον επόμενο πίνακα:

ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΣΤΗΤΑ/ ΑΤΟΜΟ (18.614 άτομα πληθυσμού)			
	Οργανικά* (Ζυμώσιμα)	38%	0,147 tn
Ανακυκλώσιμα*	Χαρτί & χαρτόνια*	22%	0,085 tn
	Γυαλί*	5%	0,019 tn
	Πλαστικό*	19%	0,073 tn
	Μέταλλα*	6%	0,023 tn
	Υπόλοιπα*	10%	0,039 tn
	ΣΥΝΟΛΑ	100%	0,380 tn / 380kg
			200 kg
			<u>Μέση ημερήσια παραγωγή/άτομο:</u> 0,56kg
			1,04kg

Πίνακας 6: Ετήσια παραγόμενη ποσότητα ΑΣΑ/ άτομο

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΑΣΑ ΔΗΜΟΥ ΑΛΜΥΡΟΥ			
ΑΠΟΘΕΣΗ ΣΤΟΝ Σ.Μ.Α.		7.028.240 kg	97,66% (ποσοστό προς ΧΥΤΑ)
Χαρτί & χαρτόνια*	22%	ΣΥΝΟΛΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ ΠΡΟΣ ΚΔΔΥ: 167.870 kg	2,34% (ποσοστό ανακύκλωσης)
Γυαλί*	5%		
Πλαστικό*	19%		
Μέταλλα*	6%		

Πίνακας 7: Διαχείριση ετήσιων ποσοτήτων ΑΣΑ Δήμου Αλμυρού

Στον επόμενο πίνακα, παρατίθενται στατιστικά στοιχεία των ετήσιων παραγόμενων ποσοτήτων κατ' άτομο σύμμεικτων και ανακυκλώσιμων ΑΣΑ, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν σε επόμενο κεφάλαιο για τον υπολογισμό της ζήτησης και τον προσδιορισμό του πλήθους των εγκαταστάσεων, που θα εξυπηρετήσουν τη ζήτηση.

έτος	Ετήσια ποσότητα ΑΣΑ προς ΧΥΤΑ		Ετήσια ποσότητα αποβλήτων, προς ΚΔΔΥ		μεταβολή	Ημερήσια παραγωγή/άτομο ημέρα σε kg	
	ποσοστό		ποσοστό			σύμμεικτα	ανακύκλωση
2009	5.936,23tn	81,65%	1.334,25tn	18,35%	-	0,87	0,20
2010	4.160,05tn	87,24%	608,70tn	12,76%	-30,46%	0,62	0,09
2011	7.043,53tn	91,41%	661,74tn	8,59%	-32,68%	1,03	0,10
2012	7.148,93tn	93,40%	363,10tn	4,86%	-45,13%	1,04	0,05
2013	6.574,90tn	96,10%	266,48tn	3,82%	-21,40%	0,97	0,04
2014	7.028,24tn	97,66%	167,87tn	2,34%	-42,75%	1,04	0,04
2015	6.989,56tn	93,10%	482,28tn	6,90%	+29,49	1,00	0,07
Μ.Ο.ημερήσιας ποσότητας αποβλήτων/κάτοικο						0,94	0,09

Πίνακας 8: Ετήσιες παραγόμενες ποσότητες σύμμεικτων και ανακυκλώσιμων ΑΣΑ.

2.2.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑΣ

Ο συνολικός αριθμός των κάδων, που απαρτίζουν το κεντρικό δίκτυο συλλογής του Δήμου Αλμυρού παρατίθεται στον επόμενο πίνακα.

Δημοτικές Ενότητες	Αριθμός Κάδων Σύμμεικτων	Αριθμός Κάδων Ανακύκλωσης
Αλμυρού – Ανάβρας (Αλμυρού- Ευξεινούπολης)	710 (308 οικισμών Αλμυρού & Ευξεινούπολης)	204 180 οικισμών Αλμυρού & Ευξεινούπολης)
Πτελεού	226	25
Σούρπης	251	10
Συνολικά	1187	209

Πίνακας 9: Αριθμός κάδων, που αποτελούν το κεντρικό δίκτυο συλλογής.

Τα απορριμματοφόρα οχήματα, που εξυπηρετούν τη διαδικασία της αποκομιδής, ανέρχονται σε 6, χωρητικότητας 15m³ το καθένα ~ 5tn. Εξ' αυτών, τα 2 εξυπηρετούν την αποκομιδή των κάδων των σύμμεικτων ΑΣΑ των οικισμών του Αλμυρού κι Ευξεινούπολης, πραγματοποιώντας συνολικά 4 δρομολόγια την εβδομάδα το καθένα (σύνολο 8), ενώ η αποκομιδή των ανακυκλώσιμων πραγματοποιείται 1 φορά την εβδομάδα από ένα απορριμματοφόρο χωρητικότητας 20m³ ~5tn.

3 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ – ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

3.1 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ

Μία από τις πιο βασικές συνιστώσες επιτυχίας μίας εγκατάστασης είναι η βέλτιστη επιλογή του χώρου, στον οποίο πρόκειται να λειτουργήσει. Συχνά η επιλογή του χώρου, δεν είναι αποτέλεσμα απλό, αλλά απαιτείται η εξέταση και η συγκριτική αξιολόγηση πολλών παραγόντων και κριτηρίων, που θα συμβάλουν στην βέλτιστη λύση. Στον τομέα της χωροθέτησης εγκαταστάσεων (Facility location) τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί αλματώδη βήματα, καθιστώντας ευρέως γνωστές τις δυνατότητες και τα οφέλη, που προκύπτουν στην ορθή λήψη αποφάσεων.

«Για τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος λήψεως αποφάσεων, βασική παράμετρος κρίνεται η δημιουργία ενός σωστού υποβάθρου της περιοχής μελέτης με όλα τα απαραίτητα επίπεδα πληροφορίας που θα συμμετάσχουν στο στρατηγικό σχεδιασμό». (Πραβιώτη Σ., Σταθάκης Δ, 2013).

Ως χωρικά προβλήματα κατανομής πόρων, χαρακτηρίζονται τα προβλήματα χωροθέτησης τα οποία σχετίζονται με την εξυπηρέτηση των σημείων ζήτησης (demand centers) από μία ή περισσότερες μονάδες εξυπηρέτησης (facilities), (Σκούτα Μ., 2013). Τα σημεία ζήτησης αντιστοιχούν σε χωρικά κατανεμημένες ομάδες ζήτησης που αποτελούν του πελάτες (customers)

Τέσσερεις είναι οι παράμετροι, που χαρακτηρίζουν τα προβλήματα χωροθέτησης:

- α. οι μονάδες εξυπηρέτησης (facilities), που ως επί το πλείστον, αποτελούν ζητούμενο σημείο χωροθέτησης
- β. οι «πελάτες» (customers), κατανεμημένοι στο χώρο, που χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένες παραμέτρους
- γ. τα σημεία ζήτησης, (demand points), τα οποία συνθέτονται από ένα σύνολο πελατών, που είναι κατανεμημένο ανά χωρική μονάδα
- δ. ο «χώρος» (space), στον οποίο είναι εγκατεστημένες ή τίθενται προς εγκατάσταση οι ανωτέρω παράμετροι

ε. μια «μετρική» (metric) (Σκούτα Μ., 2013)., χρόνος ή απόσταση πάνω στην οποία βασίζεται η ανάλυση της εξυπηρέτησης μεταξύ των σημείων ζήτησης και τις εγκαταστάσεις.

Η ανάλυση χωροθέτησης (location analysis) επικεντρώνεται στην ανάπτυξη αλγορίθμων και μαθηματικών μοντέλων, ικανά να χωροθετήσουν τα σημεία εξυπηρέτησης ελαχιστοποιώντας μία μετρική παράμετρο (χρόνο ή απόσταση). Η χωροθέτηση των σημείων εξυπηρέτησης, πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε ικανοποιείται η ζήτηση.

Τα προβλήματα χωροθέτησης - κατανομής (location – allocation problems), εξετάζουν την εύρεση κατάλληλων σημείων χωροθέτησης των εγκαταστάσεων ώστε να μεγιστοποιούν το ποσοστό εξυπηρέτησης των σημείων ζήτησης.

«Ο στόχος των υποδειγμάτων χωροθέτησης-κατανομής είναι η επίλυση αντίστοιχων χωροθετικών προβλημάτων μέσω της βέλτιστης χωροθέτησης p κέντρων και της ταυτόχρονης κατανομής της ζήτησης στα πλησιέστερα, σύμφωνα με συγκεκριμένους περιορισμούς. Κάτι τέτοιο, μαθηματικά προσεγγίζεται με την μεγιστοποίηση ή την ελαχιστοποίηση μιας αντικειμενικής συνάρτησης, η οποία ουσιαστικά αντανακλά και τους στόχους του εκάστοτε προβλήματος».(Γραικούσης κ.α., 2004).

Τα εφαρμοζόμενα κριτήρια αξιολογούνται ως προς τη βαρύτητα και τη συμμετοχή τους στην αλλαγή ή όχι των δεδομένων, αποδίδοντας ένα βαθμό σπουδαιότητας, ο οποίος καθορίζεται από το συντελεστή βαρύτητας. Οι συντελεστές αυτοί, μπορεί να είναι άμεσοι στην περίπτωση, που αριθμός των κριτηρίων είναι μικρός και είναι δυνατή ή επιλογή των συντελεστών βαρύτητας, ή έμμεσοι σε αντίθετη περίπτωση. (LIFE03, 2005). Στη δεύτερη κατηγορία, πρέπει να γίνεται ιεράρχηση των κριτηρίων με σειρά σπουδαιότητας, να αποδίδεται ένα συνολικός ή μέγιστος βαθμός βαρύτητας, το σύνολο των οποίων θα αποδώσει τον τελικό συντελεστή βαρύτητας. Σε κάποιες περιπτώσεις, μπορούν να εφαρμοστούν και κριτήρια, στα οποία δεν είναι δυνατή η απόδοση συντελεστή βαρύτητας.

3.2 ΜΟΝΤΕΛΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ – ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ- ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ (LOCATION-ALLOCATION)

Σύμφωνα με τους Laporte G. Et al (2015), το πρώτο κανονιστικό μοντέλο χωροθέτησης σκόπευε να διευκρινίσει «τί πρέπει να κάνουμε», που προτάθηκε από τον Carl Friedrich Launhardt (1832-1918) και τον Alfred Weber (1868-1958).

Τυπολογία των μοντέλων χωροθέτησης

- i. Τα αναλυτικά μοντέλα χωροθέτησης, τα οποία υποθέτουν ότι η ζήτηση διανέμεται μερικώς πάνω στο χώρο. Για παράδειγμα, μπορεί να υποθεθεί ότι η πυκνότητα της ζήτησης είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη σε μία περιοχή. Τα μοντέλα αυτά, κάνουν πολύ δυνατές παραδοχές για να λειτουργήσουν.
- ii. Τα συνεχή μοντέλα υποθέτουν ότι οι απαιτήσεις συναντώνται σε διάσπαρτα σημεία. Το επίπεδο ζήτησης σε αυτά τα σημεία θεωρείται εκ των προτέρων γνωστό. Οι υποψήφιες εγκαταστάσεις, μπορεί να βρίσκονται οπουδήποτε σε μια περιοχή ,. Το μοντέλο χωροθέτησης WEBER, είναι χαρακτηριστικό αυτής της κατηγορίας, το οποίο βρίσκει το κέντρο βαρύτητας των σημείων ζήτησης. Το πρόβλημα αυτό τυπικά επιλύεται με τη διαδικασία Weiszfeld.
- iii. Network (μοντέλα χωροθέτησης δικτύων), τα οποία αντιμετωπίζουν τις απαιτήσεις και τις εγκαταστάσεις ότι βρίσκονται σε ένα δίκτυο, που αποτελείται από κόμβους και συνδέσμους. (ένα παράδειγμα είναι το οδικό δίκτυο, που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αυτού του είδους η ανάλυση). Όλες οι απαιτήσεις και οι εγκαταστάσεις χωροθετούνται πάνω στο δίκτυο. Οι εγκαταστάσεις μπορούν να βρίσκονται είτε στους κόμβους ή στις συνδέσεις του δικτύου. Η έρευνα σε αυτή την κατηγορία, στοχεύει στην εύρεση αποτελεσματικών αλγόριθμων, που επιλύουν ειδικές περιπτώσεις του προβλήματος χωροθέτησης. Ενδεικτικό είδος αλγόριθμου αυτής της κατηγορίας είναι ο Αλγόριθμος Goldman.
- iv. Τα ασυνεχή (discrete), μοντέλα χωροθέτησης, τα οποία δεν κάνουν ιδιαίτερες παραδοχές, για τις απαιτήσεις και τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων. Δίνονται απλά οι θέσεις ή οι συντεταγμένες των κόμβων ζήτησης και των υποψήφιων θέσεων. «Οι αποστάσεις μεταξύ της ζήτησης και τις υποψήφιες τοποθεσίες που δεν πρέπει να τηρούν κάποια συγκεκριμένη φόρμουλα. Για παράδειγμα, οι ναύλοι αεροπορικών εταιρειών μεταξύ των διαφορετικών πόλεων στις Ηνωμένες Πολιτείες, δεν φαίνεται να σχετίζονται πολύ από τις αποστάσεις μεταξύ των

πόλεων. Τα μοντέλα αυτά, είναι συχνά διατυπωμένα, ως μοντέλα ακέραιου προγραμματισμού και αντιμετωπίζεται με τις ακριβείς ή ευρετικές μεθόδους».(Daskin, M., 2013)

3.2.1 ΕΥΡΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

Πολλοί ευρετικοί αλγόριθμοι, έχουν χρησιμοποιηθεί, ώστε να επιλύσουν τα προβλήματα χωροθέτησης – κατανομής. Οι ευρετικοί αλγόριθμοι, χρειάζονται στην γρήγορη επίλυση μεγάλων προβλημάτων και στην προώθηση καλής έναρξης για τους ακριβείς αλγόριθμους. Ο πρώτος ευρετικός αλγόριθμος, που χρησιμοποιήθηκε είναι γνωστός ως διαδραστικός αλγόριθμος χωροθέτησης κατανομής του Cooper (1964). Ο αλγόριθμος αυτός, παράγει p υποσύνολα από σταθερά σημεία και τότε επιλύει το κάθε ένα χρησιμοποιώντας την ακριβή μέθοδο, που επιλύει το πρόβλημα χωροθέτησης μίας λειτουργίας. Το σύνολο των σταθερών σημείων διαιρείται σε p υποσύνολα. Για κάθε ένα από αυτά τα υποσύνολα, χρησιμοποιώντας την αρχική θέση της εγκατάστασης, εφαρμόζεται η μέθοδος ακριβούς χωροθέτησης ώστε να βρει τη βέλτιστη χωροθέτηση μόνης εγκατάστασης. Κάθε σταθερό σημείο τότε επανατοποθετείται στην εγγύτερη εγκατάσταση. Όταν ολοκληρωθεί η επαναχωροθέτηση όλων των σταθερών σημείων η ακριβής μέθοδος, εφαρμόζεται ξανά ώστε να αποδειχθεί ότι όλες οι εγκαταστάσεις έχουν μεταφερθεί από τις αρχικές θέσεις. «Η διαδικασία αυτή εναλλάσσεται μεταξύ των φάσεων χωροθέτησης και κατανομής κι επαναλαμβάνεται ωσότου καμία περαιτέρω βελτίωση δεν μπορεί να γίνει. Η λύση βρίσκεται από τον αλγόριθμο τοπικού ελάχιστου».(Zanjirani Farahani R.,Hekmatfar M., 2009).

Οι πιο αντιπροσωπευτικοί αλγόριθμοι αυτής της κατηγορίας είναι οι:

- Set Covering Location Problem (SCLP) (Σύνολο κάλυψης): ελαχιστοποιεί τον αριθμό των σημείων εξυπηρέτησης προς εγκατάσταση, εξυπηρετώντας παράλληλα το σύνολο της ζήτησης (π.χ. εγκατάσταση πυροσβεστικών σταθμών) (Snyder, L., 2010)
- Maximize covering Location Model (MCLM)(Μέγιστης Κάλυψης), που εστιάζει στο να υπολογίσει την κάλυψη του μέγιστου ποσοστού της ζήτησης εγκαθιστώντας ελάχιστο αριθμό εγκαταστάσεων, που μπορούν να λειτουργήσουν σε οποιοδήποτε χρόνο, με τον προϋπολογισμό των κεφαλαίων(Snyder, L., 2010).

- P-center Facility Location Problem (p-κέντρα), που περιλαμβάνει p όμοιες εγκαταστάσεις σε ένα δίκτυο (network) ώστε να ελαχιστοποιήσει τη μέγιστη απόσταση μεταξύ των σημείων ζήτησης και των πλησιέστερων κέντρων εξυπηρέτησης.
- P- median, (p- διάμεσος), ο οποίος αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο και είναι αυτός ο αλγόριθμος, που θα χρησιμοποιηθεί στην επίλυση του προβλήματος αυτής της εργασίας.

3.2.1.1 Αλγόριθμος p-median

Ένα κλασικό μοντέλο σ' αυτόν τον τομέα των ευρετικών μοντέλων χωροθέτησης - κατανομής είναι το p – median (Hakimi, 1964 & 1965), το οποίο βρίσκει τις τοποθεσίες των p – εγκαταστάσεων ώστε να ελαχιστοποιήσει τη συνολική απόσταση σταθμισμένη ως προς τη ζήτηση μεταξύ των κόμβων ζήτησης και των εγκαταστάσεων στις οποίες έχουν ανατεθεί (οι κόμβοι ζήτησης). Το μοντέλο αυτό μπορεί να διατυπωθεί ως εξής (Zvi Drezner, Horst W. Hamacher):

$$\min z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_i d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Υπό τους περιορισμούς:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$0 \leq x_{ij} \leq y_j \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n y_j = p$$

$$x_{ij} \in (0,1), \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$$

Όπου:

J : πιθανή θέση εγκατάστασης λειτουργίας

i : θέση ζήτησης

m : συνολικός αριθμός των σημείων ζήτησης στην περιοχή ενδιαφέροντος

n : συνολικός αριθμός πιθανών θέσεων λειτουργιών

a_i : βάρος που συσχετίζεται με το κάθε σημείο ζήτησης

d_{ij} : απόσταση μεταξύ του χρήστη i και του κέντρου j

x_{ij} : $\begin{cases} 1 & \text{αν η περιοχή ζήτησης i είναι καθορισμένη σε μία λειτουργία j} \\ & \end{cases}$

0 αν όχι
 p : αριθμός κέντρων παροχής υπηρεσιών (Zvi Drezner, Horst W. Hamache, 2001)

Η αντικειμενική συνάρτηση (1) ελαχιστοποιεί τη συνολική απόσταση ταξιδιού σταθμισμένη ως προς τη ζήτηση.

3.2.1.2 Αλγόριθμος επίλυσης των MAXIMIZE CAPACITATED Covering Problems

Στα προβλήματα χωροθέτησης, εκτός αυτών, των οποίων η κύρια συνιστώσα, που καθορίζει την εξεύρεση λύσης είναι κάποιο μέγεθος απόστασης ή χρόνου, χωρίς να υπάρχει περιορισμός άλλου μεγέθους, ανακύπτουν και προβλήματα των οποίων οι εγκαταστάσεις μπορούν να εξυπηρετήσουν πεπερασμένο αριθμό ζήτησης. Η μετρήσιμη αυτή τιμή, μπορεί να είναι είτε ο πληθυσμός μίας περιοχής, είτε ο όγκος ή η μάζα μίας εγκατάστασης, που μπορεί να εξυπηρετηθεί. Για την επίλυση αυτών των προβλημάτων, έχουν αναπτυχθεί αντίστοιχα «Μοντέλα κάλυψης μέγιστης χωρητικότητας», «Maximize Capacited Covering Problems- CLCMP».

Οι Current και Storbeck (1988), ασχολήθηκαν και προσέγγισαν τέτοιου είδους προβλήματα (Eiselt H. A, Sandblom C.L., 2004), αποδίδοντας τον επόμενο αλγόριθμο(1). Οι επιστήμονες, αυτοί αντιμετώπισαν αυτά τα προβλήματα ως ειδικές περιπτώσεις χωροθέτησης αποθηκών, με πεπερασμένη όμως χωρητικότητα, εισάγοντας ακόμη ένα κριτήριο για ανάλυση.

Σύμφωνα με τους Current και Storbeck (1987) ένα τέτοιο πρόβλημα μπορεί να τυποποιηθεί ως εξής:

$$\text{minimize } Z = \sum_{i=1} a_i U_i, \quad (1)$$

Υπό τον περιορισμό

$$\sum_{j \in N_i} x_{ij} + U_i = 1, \quad \forall i \in I, \quad (2)$$

$$\sum_{i \in M_j} a_i x_{ij} - k_j Y_j \leq 0, \quad \forall j \in J, \quad (3)$$

$$\sum_{i \in j} Y_j = p, \quad (4)$$

$$Y_j \in (0, 1), \quad \forall j \forall J, \quad (5)$$

Όπου:

U_1 είναι το ποσοστό της απαίτησης στον κόμβο i , που δεν καλύπτεται,

$$M_j = \{i \mid d_{ij} \leq S\}.$$

Η εξίσωση (1), ελαχιστοποιεί τη συνολική απαίτηση, που δεν καλύπτεται από κάποιο σημείο εξυπηρέτησης. Ο περιορισμός της (2), καταμετρά το ποσοστό ζήτησης του κάθε κόμβου ζήτησης, το οποίο είτε προσδιορίζεται σε μία εγκατάσταση που την καλύπτει είτε σε μία, που μπορούσε να θεωρηθεί ότι θα έπρεπε να καταμετρηθεί ως μη καλυπτόμενο στη συνάρτηση βελτιστοποίησης. Η εξίσωση (3) είναι η καινοτομία των Current και Storbeck, (1987), η οποία εξασφαλίζει ότι η συνολική ζήτηση, που προσδιορίζει μία εγκατάσταση, δεν υπερβαίνει τη χωρητικότητα της εγκατάστασης. Ο περιορισμός αυτός, εξασφαλίζει επίσης ότι η ζήτηση θα εκχωρηθεί μόνο σε πιθανές θέσεις εγκαταστάσεων, οι οποίες έχουν ήδη χωροθετηθεί ως επιλεγμένες. Με τον περιορισμό (4), εξασφαλίζεται ότι ακριβώς p εγκαταστάσεις θα λειτουργήσουν και ο (5), απαγορεύει εγκαταστάσεις να λειτουργήσουν μερικώς.

3.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ VORONOI

Το διάγραμμα VORONOI, είναι μία γεωμετρική δομή, η οποία αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο, κι εφαρμόζεται σε μία πληθώρα επίλυσης χωρικών αναλύσεων. Το Ευκλείδιο διάγραμμα Voronoi, πρακτικά διαμερίζει μία επίπεδη περιοχή σε τομείς – τμήματα, αποτελούμενα από ένα σύνολο σημείων η απόσταση των οποίων είναι η εγγύτερη από το κέντρο του κάθε τομέα στον οποίο ανήκουν.

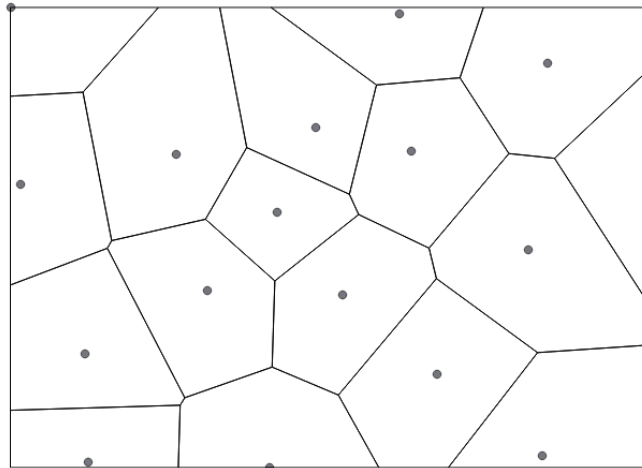
Όπως έχει διατυπωθεί και στις σημειώσεις του Μαθήματος Υπολογιστικής Γεωμετρίας του Τμήματος Η/Υ και Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων του διδάσκοντος Λ. Παληού (2005):

Έστω $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ ένα πεπερασμένο σύνολο σημείων (κόμβων) σε μία περιοχή. Σε κάθε κόμβο ορίζονται τα σημεία, που είναι πιο κοντά σε αυτόν δημιουργώντας με βάση

την Ευκλείδεια απόσταση, τις περιοχές Voronoi. Μαθηματικά η περιοχή Voronoi $V(p_i)$ του κόμβου p_i ορίζεται ως εξής:

$$V(p_i) = \{x \mid \forall j \neq i, d(x, p_i) \leq d(x, p_j)\},$$

Όπου $d(a,b)$, συμβολίζεται η Ευκλείδεια απόσταση των δύο σημείων a και b . Κάθε περιοχή Voronoi είναι ένα κλειστό σύνολο αποτελούμενο από τα εγγύτερα σε αυτό σημεία.



Εικόνα 5: Διάγραμμα Voronoi για $n=17$ κόμβους (ιδία επεξεργασία)

3.4 Διερεύνηση κι επιλογή των κριτηρίων, που χρησιμοποιούνται στην χωρική ανάλυση για την επίλυση του εν λόγω προβλήματος

Η μέθοδος της πολυκριτηριακής Ανάλυσης, είναι ένα εργαλείο, που χρησιμοποιείται στη λήψη αποφάσεων σύνθετων και πολυδιάστατων προβλημάτων. Η λήψη αποφάσεων σύμφωνα με τον San Christobal Mateo J.R., (2012), είναι η μελέτη της αναγνώρισης και της επιλογής εναλλακτικών λύσεων, ώστε να βρεθεί η βέλτιστη λύση βασιζόμενη πάνω σε διαφορετικούς παράγοντες, λαμβάνοντας υπόψη τις προσδοκίες των μελετητών. Στην περίπτωση προβλημάτων χωρικής ανάλυσης ανακύπτουν παράγοντες, που πρέπει να εξετάζονται σφαιρικά και διεξοδικά ώστε να εντοπίζονται τα σωστά κριτήρια, που μέσω αυτών θα οδηγείται η επίλυση σε αντικειμενικά και ορθά αποτελέσματα. Οι παράγοντες, που πρέπει να εξεταστούν, μπορούν να αποτελούν απαγορευτικό, αποτρεπτικό, ή προτεινόμενο υπό συνθήκη κριτήριο ανάλυσης.

Η διερεύνηση των κατάλληλων κριτηρίων, που θα απορρίψουν ή θα καταστήσουν ικανές για χωροθέτηση των σημείων εξυπηρέτησης, κάποιες θέσεις αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα. Δεν υπάρχει νομοθετικό πλαίσιο, που να ορίζει κάποια ελάχιστα απαιτούμενα για την ορθή χωροθέτηση των κάδων στον αστικό ιστό. Από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, έχουν γίνει κάποιες υποδείξεις προτάσεις, που συνήθως ακολουθούν οι Δήμοι. Περισσότερο, αφορούν σε πρακτικές προτάσεις παρά σε επιβολή κανόνων.

Σύμφωνα με τους Καραγιαννίδη κ.α., (2006), η τοποθέτηση κάδων πρέπει να αποφεύγεται από γωνίες δρόμων, σηματοδότες, διαβάσεις πεζών και ράμπες απόμων με ειδικές ανάγκες. Επίσης σημεία αποκλεισμού θεωρούνται οι στάσεις λεωφορείων και ράμπες ασθενοφόρων. Παράλληλα θα πρέπει να αποφεύγεται η χωροθέτηση κάδων ΑΣΑ σε σχολεία, εκκλησίες, πάρκα, αθλητικούς χώρους, παιδικές χαρές, ακάλυπτα οικόπεδα, εγκαταλειμμένα σπίτια και χώρους υγειονομικού ενδιαφέροντος.

Η χωροθέτηση των κάδων στα προαναφερθέντα σημεία, μπορεί να οδηγήσει σε παρεμπόδιση της κυκλοφορίας των οχημάτων, πρόκληση ατυχήματος είτε μεταξύ οχημάτων ή ακόμη και με πεζούς. Μπορεί επίσης να δυσχεράνει το έργο της αποκομιδής.

Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω περιορισμούς διασφαλίζεται η δημόσια υγεία κι επιτυγχάνεται αισθητική αναβάθμιση των χώρων.

3.4.1 ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ

Το μέγεθος του πληθυσμού, αποτελεί έναν από τους βασικότερους παράγοντες στα περισσότερα προβλήματα χωροθέτησης κατανομών. Η σωστή χρήση αυτής της παραμέτρου, μπορεί να οδηγήσει στη βέλτιστη επίλυση και για το λόγο αυτό, πρέπει πάντα να διαχειρίζεται με μεγάλη προσοχή.

Για τον προσδιορισμό του μεγέθους του πληθυσμού, που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην επίλυση ενός προβλήματος, έχουν ασχοληθεί αρκετές έρευνες. «Η ανάδειξη σημαντικών αποκλίσεων μεταξύ των εναλλακτικών μεγεθών πληθυσμού, –ειδικά στις μικρότερες χωρικές κλίμακες– αναδεικνύουν ότι, η οργάνωση του χώρου δεν πρέπει να βασιστεί αποκλειστικά στους μόνιμους κατοίκους αλλά πρέπει να λαμβάνει επίσης υπόψη τους «περιοδικούς» κατοίκους»_(Ντικέν, Μ., Κρομυδάκης, Ν.). Η ευμεταβλητότητα και μη σταθερότητα του πληθυσμού, το καθιστούν ένα μέγεθος, που ιδιαίτερα σημαντικό για το

χωροταξικό σχεδιασμό. Η λήψη αποφάσεων για την εγκατάσταση σημείων εξυπηρέτησης, πρέπει να εξετάζει τις διάφορες κατηγορίες του πληθυσμού (πραγματικός, μόνιμος, νόμιμος) καθώς και την κινητικότητα, που μπορεί να εμφανίζεται χωρικά.

3.4.2 Αισθητικά κριτήρια- Εντοπισμός σημείων ιδιαίτερου ενδιαφέροντος

Η χωροθέτηση του δικτύου των κάδων συλλογής αποβλήτων σε μία πόλη, είναι σημαντικό να ερευνάται και από την αισθητική της υπόσταση. Εντός του αστικού ιστού, θα πρέπει να εντοπίζονται και να αποκλείονται θέσεις, στις οποίες η τοποθέτηση ενός κάδου θα υποβαθμίσει σημαντικά την αισθητική του τοπίου. Τέτοιες θέσεις είναι οι δρόμοι, που διέρχονται από την είσοδο των εκκλησιών, μουσείων ή αρχαιολογικών χώρων, κτιρίων ιδιαίτερης αξίας πολιτιστικής ή αρχιτεκτονικής κλπ. Ένας άλλος χώρος, που θα πρέπει να αποφεύγεται η χωροθέτηση μεγάλων κάδων είναι οι παιδικές χαρές και τα πάρκα, που συχνάζουν παιδιά διότι αποτελούν εν δυνάμει σημεία μόλυνσης ή ελκυστικότητας αδέσποτων ζώων.

3.4.3 Κριτήρια ασφάλειας

Αν και δεν υπάρχουν θεσμοθετημένοι όροι χωροθέτησης των κάδων, όπως προαναφέρθηκε, εντούτοις η λανθασμένη επιλογή κάποιων θέσεις μπορεί να αποτελέσει αιτία πρόκλησης ατυχημάτων. Η χωροθέτηση των κάδων π.χ. κοντά σε διασταυρώσεις οδών, μπορεί να μειώσει την ορατότητα στους οδηγούς, με αποτέλεσμα την πρόκληση κάποιου ατυχήματος. Επίσης ένας κυκλικός κόμβος αποτελεί πολύ κακό σημείο επιλογής τοποθέτησης κάδου γιατί η στάση του απορριμματοφόρου οχήματος κατά τη φάση αποκομιδής, μπορεί να μειώσει την ορατότητα των διερχόμενων οδηγών.

4 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

4.1 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΑ

Για την εκτίμηση του σωστού μεγέθους του πληθυσμού, συγκρίθηκαν τα στοιχεία του μόνιμου & de facto πληθυσμού των 2 οικισμών και τελικά επιλέχθηκε η χρήση του μόνιμου λόγω του γεγονότος ότι πρόκειται για ένα μέγεθος σταθερό, που αντικατοπτρίζει την πραγματική εικόνα. Παράλληλα λήφθηκε υπόψη το γεγονός ότι και οι δύο οικισμοί δεν αποτελούν τουριστικό προορισμό, δεν φιλοξενούν κάποιο ανώτερο ή ανώτατο εκπαιδευτικό ίδρυμα, οπότε και δεν παρατηρείται διακύμανση του πραγματικού πληθυσμού μέσα στο έτος.

	1991	2001	2011	ΜΕΤΑΒΟΛΗ 1991-2001	ΜΕΤΑΒΟΛΗ 2001-2011
ΑΛΜΥΡΟΣ	8.502	7.895	7.955	-7,1%	-0,8%
ΕΥΞΕΙΝΟΥΠΟΛΗ	2.296	2.507	2.281	9,1%	-9,0%
ΣΥΝΟΛΟ	10.798	10.402	10.236	3,1%	-1,6%

Πίνακας 10: Πληθυσμιακά στοιχεία οικισμών Αλμυρού- Ευξεινούπολης

Από την ΕΛ. ΣΤΑΤ. παραχωρούνται τα πληθυσμιακά δεδομένα / Ο.Τ, τα οποία συνθέτουν ένα νέο αρχείο.

Πρακτικά ένας πολίτης επιθυμεί να διανύσει από την οικία του την ελάχιστη δυνατή απόσταση μέχρι τον κάδο, ώστε να αποθέσει τα απορρίμματα, που παράγει. Αυτό σημαίνει ότι ένας κάδος δεν εξυπηρετεί τον πληθυσμό μόνο ενός οικοδομικού τετραγώνου αλλά τον πληθυσμό, που βρίσκεται εκατέρωθεν της οδού, που είναι τοποθετημένος. Έτσι επιβάλλεται να βρεθεί ένας τρόπος, ώστε να προκύπτουν ως σημεία ζήτησης όχι ένα ανά οικοδομικό τετράγωνο αλλά τόσα, ώστε να εξυπηρετείται καλύτερα το μέγεθος του πληθυσμού. Για το λόγο εφαρμόζεται διάγραμμα “Voronoi”, που θα διαμερισματοποιήσει τα Ο.Τ σε μικρότερα. Με την εφαρμογή των εντολών random points και points in polygon του λογισμικού QGis, τα τμηματοποιημένα πια ΟΤ θα αποτελούν ένα νέο σημείο ζήτησης με συγκεκριμένο αριθμό πληθυσμού εξυπηρέτησης. (η διαδικασία απεικονίζεται στο κεφάλαιο 5.2.)

4.2 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΣΑ

Τα στατιστικά στοιχεία των ετήσιων παραγόμενων ποσοτήτων λαμβάνονται από το τοπικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων του Δήμου και έχουν ως εξής:

Έτος	Ετήσια ποσότητα ΑΣΑ προς ΧΥΤΑ ποσοστό		Ετήσια ποσότητα αποβλήτων, προς ΚΔΑΥ ποσοστό		μεταβολή	Ημερήσια παραγωγή/άτομο ημέρα σε kg	
						σύμμεικτα	ανακύκλωση
2009	5.936,23tn	81,65%	1.334,25tn	18,35%		0,87	0,20
2010	4.160,05tn	87,24%	608,70tn	12,76%	-30,46%	0,62	0,09
2011	7.043,53tn	91,41%	661,74tn	8,59%	-32,68%	1,03	0,10
2012	7.148,93tn	93,40%	363,10tn	4,86%	-45,13%	1,05	0,05
2013	6.574,90tn	96,10%	266,48tn	3,82%	-21,40%	0,97	0,04
2014	7.028,24tn	97,66%	167,87tn	2,34%	-42,75%	1,03	0,04
Μ.Ο.ημερήσιας ποσότητας αποβλήτων/κάτοικο						0,92	0,09

Πίνακας 11: Στατιστικά στοιχεία, παραγόμενων ΑΣΑ στο Δήμο Αλμυρού

Από το 2009, λειτούργησε με θεαματικά αποτελέσματα, η δράση της ανακύκλωσης συσκευασιών, που περιλάμβανε κεντρικό δίκτυο συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών σε μπλε κάδους χωρητικότητας 1100Lt, καθ' όλη την έκταση των οικισμών Αλμυρού κι Ευξεινούπολης. Το ποσοστό ανακύκλωσης επί του συνόλου της μάζας των ΑΣΑ ανήλθε τελικά στο 18,35%, με υπόλειμμα μόλις 2% το οποίο επιστράφηκε στο Δήμο για τελική διάθεση στο ΧΥΤΑ.

Τα τελευταία χρόνια η δράση της ανακύκλωσης είχε ατονήσει, όμως από τα τέλη του 2015, έχει ξεκινήσει να λειτουργεί πάλι εντατικά οπότε, τα μεγέθη, που θα χρησιμοποιηθούν στον παρόντα σχεδιασμό, είναι η μέγιστη τιμή, δηλαδή θα χρησιμοποιηθεί η ποσότητα των 1,04kg κι 0,20kg ως ημερήσια παραγόμενη ποσότητα συμμίκτων κι ανακυκλώσιμων απορριμμάτων αντίστοιχα.

4.3 ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΔΩΝ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΑΣΑ,

Δημιουργούνται δύο νέα αρχεία, στα οποία δείχνονται σημειακά οι υφιστάμενες θέσεις των πράσινων και μπλε κάδων αντίστοιχα. Η καταγραφή γίνεται με τη βοήθεια ενός συστήματος GPS, Garmin E-trex 10. Το δίκτυο των κάδων συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών ανέρχεται σε 180τεμάχια, ενώ των σύμμεικτων ΑΣΑ σε 308.

Η χωρητικότητα όλων των κάδων, ανέρχεται σε 1100lt. Για να τηρηθούν οι κανόνες ασφαλείας, λαμβάνεται υπόψη η παραδοχή ότι ο κάδος δεν πρέπει ποτέ να ξεπερνά σε πλήρωση το 85%, ώστε να διατηρείται το καπάκι πάντα κλειστό, τόσο για τη στεγανότητα του κάδου, την αποφυγή έκλυσης δυσοσμίων όσο και για την αποφυγή της όχλησης από κάποιο ζώο, που μπορεί να σκορπίσει τα απορρίμματα εκτός του κάδου. Έτσι η μέγιστη μάζα, που μπορεί να συλλεγεί σε ένα κάδο ισοδυναμεί :

α. Σύμμικτα ΑΣΑ

Το μέσο ειδικό βάρος των σύμμεικτων απορριμμάτων, ισοδυναμεί με 350kg/m^3 . Με μέγιστη πληρότητα το 85% των 1100lt, δηλαδή 935lt, η μέγιστη μάζα, που μπορεί να φέρει ένας κάδος ανέρχεται σε 327,25kg.

Β. Ανακυκλώσιμα ΑΣΑ:

Υλικό	Ε.Β. (kg/cm^3)		Ποσοστό συμμετοχής στην ανακύκλωση	Kg/cm^3 ανακυκλώσιμων υλικών
		Μ.Ο.		
Χαρτί-Χαρτόνι	40-130	105	50,4%	67,64
	40-80	60		
Πλαστικά	40-130	85	31,4%	26,69
Γυαλί	160-485	402,5	9,7%	39,04
Σιδηρούχα κράματα	50-160	105	8,8%	9,24
Ειδικό Βάρος Ανακυκλώσιμων υλικών				142,61 kg/cm^3

Πίνακας 12: Υπολογισμός Ε.Β. των μικτών ανακυκλώσιμων αποβλήτων (πηγή : ΕΣΔΑ 4^ο παραδοτέο, Μουσιόπουλος- Καραγιαννίδης 2002, ίδια επεξεργασία)

Η χωρητικότητα, του κάθε κάδου, είναι 1100lt. Με την παραδοχή ότι λαμβάνεται ως μέγιστος όγκος χωρητικότητας το 85% του κάδου, για λόγους που έχουν ήδη αναλυθεί ανωτέρω, στο σχεδιασμό θα ληφθούν υπόψη οι εξής ποσότητες:

Χωρητικότητα (85%) : 935lt,

Ε.Β ανακυκλώσιμων $142,61\text{kg/m}^3$

Βάρος ανακυκλώσιμων, που μπορεί να δεχθεί ένας κάδος : 133,34kg.

4.4 ΟΧΗΜΑΤΑ

Για την αποκομιδή των σύμμεικτων ΑΣΑ, απαιτούνται 2 απορριμματοφόρα (12m³ το καθένα), τα οποία πραγματοποιούν 2 δρομολόγια το καθένα ανά εβδομάδα. Επίσης πραγματοποιείται για την εξυπηρέτηση της αυξημένη ζήτησης των αναγκών των επιχειρήσεων, που βρίσκονται στο κέντρο του Αλμυρού, ένα επιπλέον δρομολόγιο ανά εβδομάδα.

Μέγιστη δυνατή μάζα αποκομιδής / όχημα : 5tn (από τα ζυγολόγια της Υπηρεσίας Καθαριότητας του Δήμου). Διανυόμενη απόσταση 64km/day και όχημα.

Για την αποκομιδή των ανακυκλώσιμων, απασχολείται ένα απορριμματοφόρο όχημα χωρητικότητας 20m³ και μέγιστης μάζας 5tn , μία φορά την εβδομάδα, το οποίο διανύει 87km/ δρομολόγιο.

Τα ανωτέρω στοιχεία ψηφιοποιούνται και δημιουργούνται δύο νέα διανυσματικά, γραμμικά αρχεία για την αποτύπωση των πραγματοποιούμενων ημερήσιων διαδρομών.

4.4.1 ΔΙΑΝΥΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΘΕΣΗΣ

Για την ανάπτυξη ενός ισχυρού μοντέλου σχεδιασμού για την δράση ανακύκλωσης, απαιτείται να δοθεί ιδιαίτερη σημασία όχι μόνο σε τεχνοοικονομικούς παράγοντες, αλλά στην πρόθεση του κοινού να συμμετέχει ενεργά. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από την οργάνωση ενός δικτύου, που είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στη πηγή παραγωγής : τα νοικοκυριά. Έτσι η επίλυση του προβλήματος εστιάζει στην ελαχιστοποίηση της απόστασης που διανύει ένας πολίτης προς τον κάδο απόθεσης.

Στα πλαίσια εκπόνησης του Τοπικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων πραγματοποιήθηκε μία έρευνα, στην τοπική κοινωνία, στην οποία οι πολίτες καλούνταν να απαντήσουν για τη μέγιστη απόσταση, που προτίθενται να διανύσουν ώστε να συμμετέχουν ενεργά κι ανελλιπώς στην τοπική δράση της ανακύκλωσης. Τα ερωτηματολόγιο απάντησαν 500 πολίτες, το 82% των οποίων υποστήριξε ότι η μέγιστη απόσταση, που προτίθενται να διανύσουν είναι τα 150m. Αυτή είναι και η μέγιστη απόσταση, που θα χρησιμοποιηθεί και στον υπολογισμό της χωροθέτησης του δικτύου των κάδων ανακύκλωσης.

4.5 Συγκεντρωτική παρουσίαση των δεδομένων χωρικής και πολυκριτηριακής ανάλυσης, που χρησιμοποιούνται στην επίλυση του προβλήματος

ΑΡΧΕΙΟ	ΤΥΠΟΣ αρχείου	κριτήρια	παρατηρήσεις
Οδικό δίκτυο	γραμμικό	<ul style="list-style-type: none"> • Κατεύθυνση οχημάτων • Ταχύτητα κίνησης των οχημάτων • Χρόνος διέλευσης • Μήκος οδών 	
Οικοδομικά τετράγωνα	πολυγωνικό	<ul style="list-style-type: none"> • Κατάτμηση ΟΤ για τη δημιουργία νεών μικρότερων τουέων ζήτησης 	
Πληθυσμός	σημειακό	<ul style="list-style-type: none"> • Αριθμός κατοίκων ανά ΟΤ 	Υπολογισμός μέγιστης ποσότητας αποβλήτων
Σημεία ζήτησης	σημειακό	<ul style="list-style-type: none"> • Το κέντρο των οδών /ΟΤ ως κατάλληλη θέση χωροθέτησης κάδου 	
Θέσεις επηροής ασφάλειας	σημειακό	<ul style="list-style-type: none"> • Αποκλεισμός των 7 πρώτων μέτρων/οδό ΟΤ ως σημείο χωροθέτησης • Αποκλεισμός Κυκλικών κόμβων • Αποκλεισμός χωροθετημένων θέσεων χώρων στάθμευσης ΑΜΕΑ 	μείωση ορατότητας – μείωση ασφάλειας
Μέγεθος ζήτησης	σημειακό	<ul style="list-style-type: none"> • Ορισμός της παραγόμενης ποσότητας ΑΣΑ ανά σημείο ζήτησης 	
Μέγεθος εξυπηρέτησης	σημειακό	<ul style="list-style-type: none"> • Ορισμός προς μέγιστης ποσότητας αποβλήτων, που μπορεί να δεχθεί ένα σημείο εξυπηρέτησης 	Οριοθέτηση μέγιστων ποσοτήτων
Διανύμενη απόσταση	γραμμικό	<ul style="list-style-type: none"> • Η μέγιστη απόσταση, που διανύεται από το σημείο ζήτησης προς το σημείο εξυπηρέτησης 	
Σημεία αισθητικού ενδιαφέροντος	πολυγωνικό	<ul style="list-style-type: none"> • Αποκλεισμός χωροθέτησης 	<ul style="list-style-type: none"> • Παιδικές χαρές • Πάρκα • Μουσεία & χώροι αρχαιολογικού ενδιαφέροντος • Κτίρια πολιτιστικής, αρχιτεκτονικής και τουριστικής αξίας • Σχολεία • Καταστήματα υγειονομικού ενδιαφέροντος

Πίνακας 13: Δεδομένα πολυκριτηριακής ανάλυσης

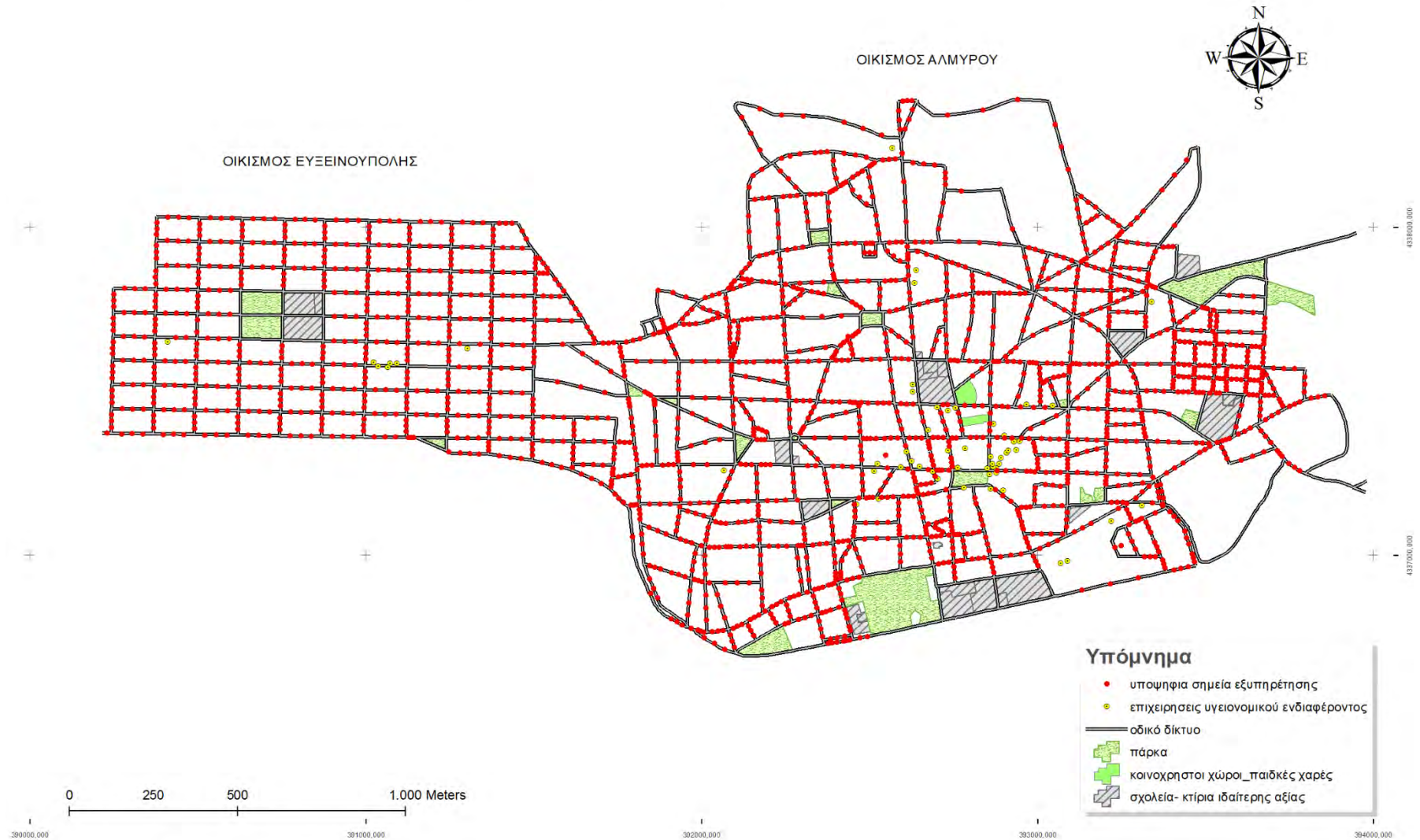
5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

5.1 Εφαρμογή κριτηρίων επιλογής- αποκλεισμού

Η επίλυση του προβλήματος, γίνεται με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS 10.2.1. Αρχικά λαμβάνει χώρα η εισαγωγή των αρχείων των δεδομένων, (οδικό δίκτυο, υφιστάμενα δίκτυα πράσινων και μπλε κάδων, τα οικοδομικά τετράγωνα με τα πληθυσμιακά δεδομένα) και δημιουργείται μέσω του ArcCatalog ένα καλά δομημένο “network”.

Δημιουργείται σημειακό αρχείο, που προκύπτει από τομή των οδών /Ο.Τ σε 4 μέρη. Έπειτα πραγματοποιείται η δημιουργία των αρχείων, που αναφέρθηκαν ως κριτήρια επιλογής ή αποκλεισμού στη διαδικασία της χωροθέτησης των κάδων μέσω των οποίων απομακρύνονται οι υποψήφιες θέσεις χωροθέτησης των κάδων, που συμπίπτουν σε αυτά. Ακολουθεί ο τελικός χάρτης, που απεικονίζει τις υποψήφιες θέσεις χωροθέτησης κάδων.

ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΨΗΦΙΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ



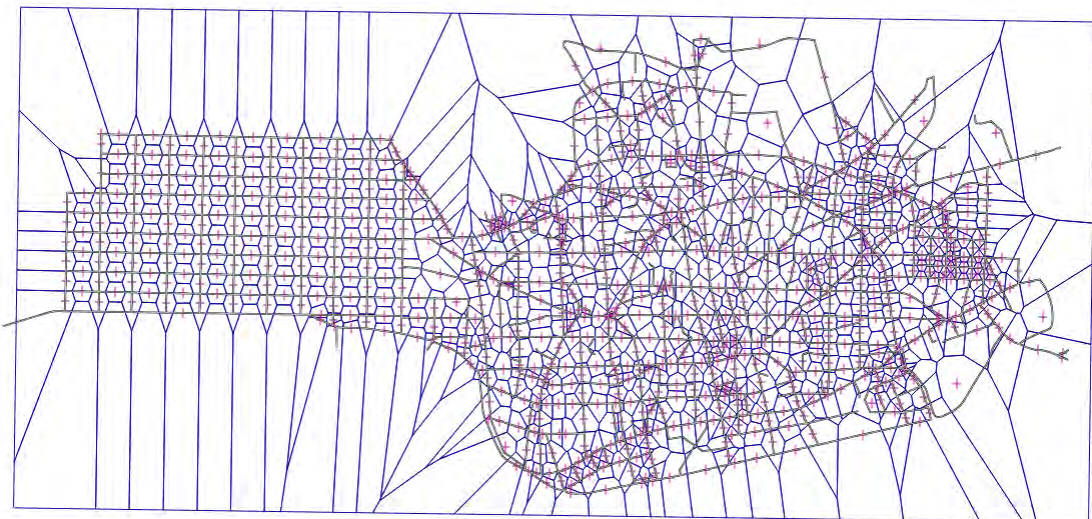
Χάρτης 4: Τελική χωροθέτηση πιθανών σημείων εξυπηρέτησης (1576 σημεία).

5.2 Τμηματοποίηση των Ο.Τ.

Η διαδικασία αυτή, πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό Quantum GIS. Ο συνολικός αριθμός των οικοδομικών τετραγώνων είναι ίσος με 335. Αρχικά υπολογίζεται η πυκνότητα κατοίκησης ανά οικοδομικό τετράγωνο. Τα ΟΤ, που η πυκνότητα ξεπερνά τους ... κατοίκους / 100m², επιλέγεται να τμηματοποιηθούν ώστε να κατανεμηθούν σε περισσότερα του ενός σημεία ζήτησης/ Ο.Τ.

Εισάγεται το αρχείο των μέσων των οδών /Ο.Τ. και εφαρμόζεται το διάγραμμα Voronoi. Εφαρμόζοντας την εντολή intersect του αρχείου Voronoi, με αυτό των Ο.Τ. αφαιρείται το τμήμα της οδοποιίας και ταυτόχρονα τμηματοποιούνται τα πυκνοκατοικημένα Ο.Τ. Με τη διαδικασία αυτή, διακορπίζονται τα σημεία ζήτησης προς όλες τις κατευθύνσεις, καθώς δεν είναι συγκεντρωμένο το σύνολο του πληθυσμού στη μία πλευρά των Ο.Τ. Με την εντολή Random points, που εφαρμόζεται στο αρχικό αρχείο των ΟΤ, μοιράζονται τυχαία τα άτομα στο χώρο. Με την εντολή Points in Polygon, στο αρχείο των τμηματοποιημένων ΟΤ, καταμετρείται τελικά ο πληθυσμός. Το κέντρο κάθε πολυγώνου πια (συνολικά 1576 εκ των οποίων τα 1247 παρουσιάζουν πληθυσμό ≥ 3 κατοίκων /1000m²), αποτελεί κι ένα σημείο ζήτησης.

Η διαδικασία παρουσιάζεται σχηματικά ως εξής:



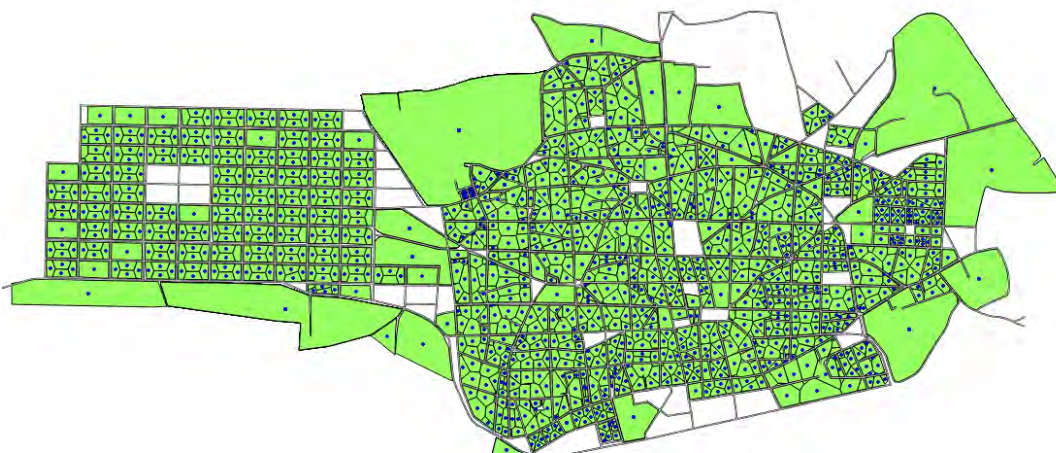
Εικόνα 6; Εφαρμογή διαγράμματος voronoi με κέντρα τα μέσα των οδών/ΟΤ



Εικόνα 7: *Intersect* του διαγράμματος Voronoi, και των OT με πυκνότητα κατοίκησης >



Εικόνα 8: *Random points* στο πολυγωνικό αρχείο των OT



Εικόνα 9: *Points in polygon* στο τελικό αρχείο, που προκύπτει από την ένωση του *intersect* και των OT με πυκνότητα κατοίκησης $\leq 3/1000^{m^2}$.

5.3 Εφαρμογή του μοντέλου χωρικής ανάλυσης για τη χωροθέτηση των κάδων

Στο λογισμικό ArcGIS 10.2.1, εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο Maximize capacitated Coverage, εισάγονται :

α. τα 1576 σημεία ζήτησης όπως προέκυψε από την τμηματοποίηση των Ο.Τ., μέσω του διαγράμματος Νομοποι, (κι αφαιρώντας αυτά, που έχουν πληθυσμό = 0, απομένουν 1247 σημεία ζήτησης)

β. τα 2173, πιθανά σημεία χωροθέτησης των κάδων, όπως προέκυψε από την χωρική ανάλυση του κεφαλαίου 5.1

γ. η μέγιστη χωρητικότητα των κάδων σε κιλά, όπως υπολογίστηκε στο κεφάλαιο 4.3.

5.3.1 Χωροθέτηση κάδων σύμμεικτων ΑΣΑ

Ιδανικά για την εξυπηρέτηση 12.236 κατοίκων, με συχνότητα αποκομιδής 2 φορές την εβδομάδα απαιτούνται 154 κάδοι. Οπότε ο αριθμός των 308 αρχικά φαίνεται να υπερκαλύπτει τις ανάγκες.

5.3.1.1 Σενάριο Α: Υφιστάμενη κατάσταση

Εισάγονται οι 308 θέσεις ως σημεία εξυπηρέτησης, ώστε να γίνει εκτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης. Ως μέγιστη διανυόμενη απόσταση ορίζονται τα 100m κι εφαρμόζεται η ανάλυση.

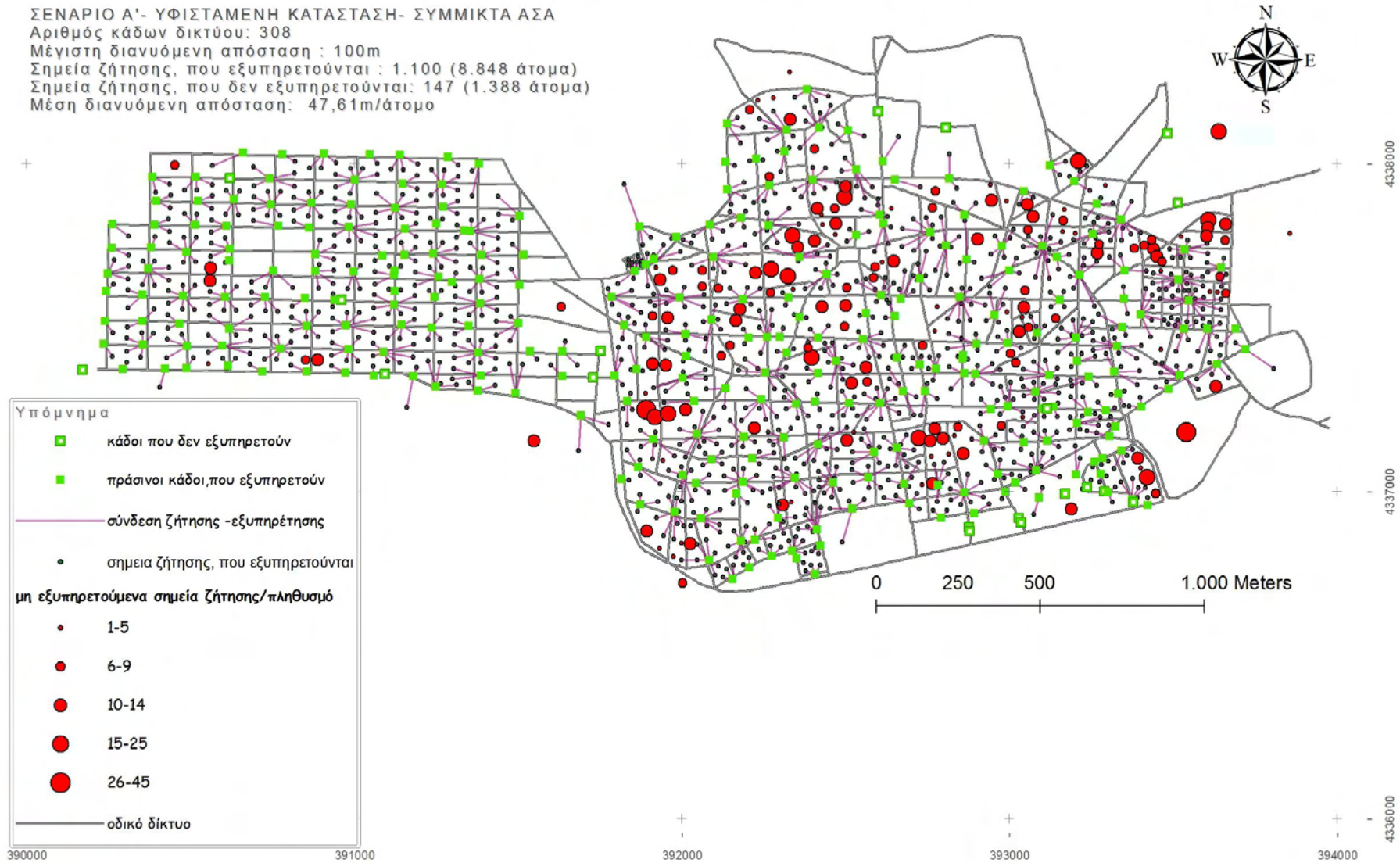
Όπως απεικονίζεται και στον επόμενο χάρτη, 147 σημεία ζήτησης δεν εξυπηρετούνται από το υφιστάμενο δίκτυο πράσινων κάδων. Τα σημεία αυτά αντιπροσωπεύουν 1.886 κατοίκους, δηλαδή το 18,43%. Επαναλαμβάνεται η ανάλυση χωρίς περιορισμό της διανυόμενης απόστασης εξυπηρέτησης και προκύπτει ότι η μέγιστη διανυόμενη απόσταση εξυπηρέτησης ανέρχεται στα 323m.

Σύμφωνα με αυτά τα στοιχεία, η επαναχωροθέτηση των κάδων κρίνεται απαραίτητη.

Στον επόμενο χάρτη, παρουσιάζεται το υφιστάμενο δίκτυο των πράσινων κάδων και η σύνδεσή του με τα σημεία ζήτησης.

ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΤΩΝ ΣΥΜΜΙΚΤΩΝ ΑΣΑ

ΣΕΝΑΡΙΟ Α' - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ- ΣΥΜΜΙΚΤΑ ΑΣΑ
 Αριθμός κάδων δικτύου: 308
 Μέγιστη διανυόμενη απόσταση : 100m
 Σημεία ζήτησης, που εξυπηρετούνται : 1.100 (8.848 άτομα)
 Σημεία ζήτησης, που δεν εξυπηρετούνται: 147 (1.388 άτομα)
 Μέση διανυόμενη απόσταση: 47,61m/άτομο



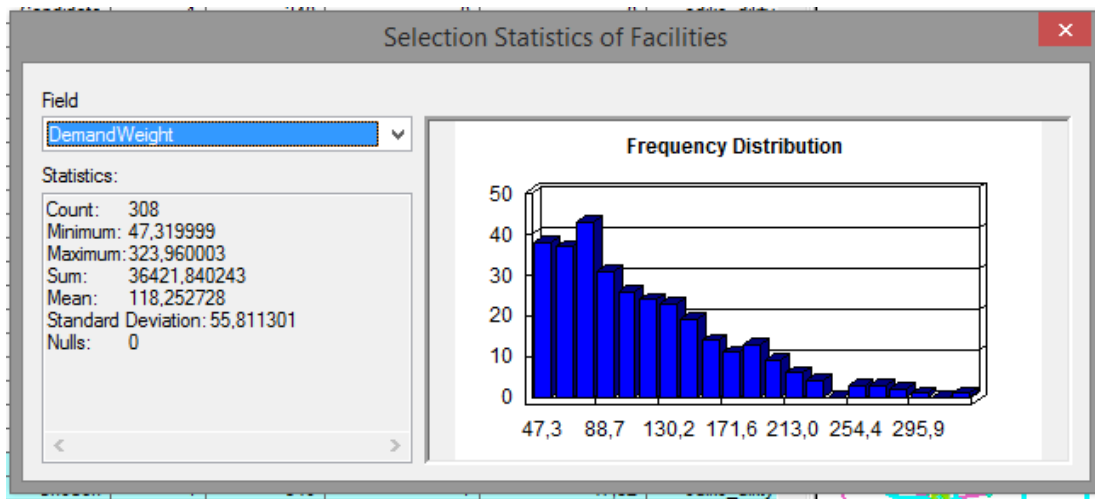
Χάρτης 5: Χωροθέτηση Κάδων Σεναρίου Α' - Σύμμικτα ΑΣΑ

5.3.1.2 Σενάριο Β: Επαναχωροθέτηση 308 κάδων με κριτήριο τα 100m ως μέγιστη διανύμενη απόσταση μεταξύ του σημείου ζήτησης και του σημείου εξυπηρέτησης.

Στο λογισμικό εισάγονται τα 1247 πιθανά σημεία ζήτησης, τίθεται ως μέγιστη διανύμενη απόσταση τα 100m και πραγματοποιείται η ανάλυση:

Από την εφαρμογή του αλγόριθμου MAXIMIZE CAPACITATED COVERAGE, προκύπτουν 308 νέες θέσεις χωροθέτησης, οι οποίες εξυπηρετούν τα 1213 από τα 1247. Αυτό σημαίνει ότι 34 σημεία ζήτησης, που αντιστοιχούν σε 223 άτομα, βρίσκονται πιο μακριά από την ακτίνα των 100m.

Στο επόμενο διάγραμμα, παρουσιάζεται η πληρότητα των κάδων, η οποία φτάσε σαν μέγιστο τα 323,96kg, ενώ ο μέσος όρος πλήρωσής τους είναι ίσος με 118,25kg. Η ποσότητα αυτή είναι κάτω του 50% της χωρητικότητας του κάδου. Αυτί σημαίνει ότι υπάρχει επάρκεια χώρου αλλά τα σημεία ζήτησης παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά στο χώρο. Οπότε στο Σενάριο Γ, θα εξετασθεί η περίπτωση της αύξησης της μέγιστης διανύμενης ποσότητας.



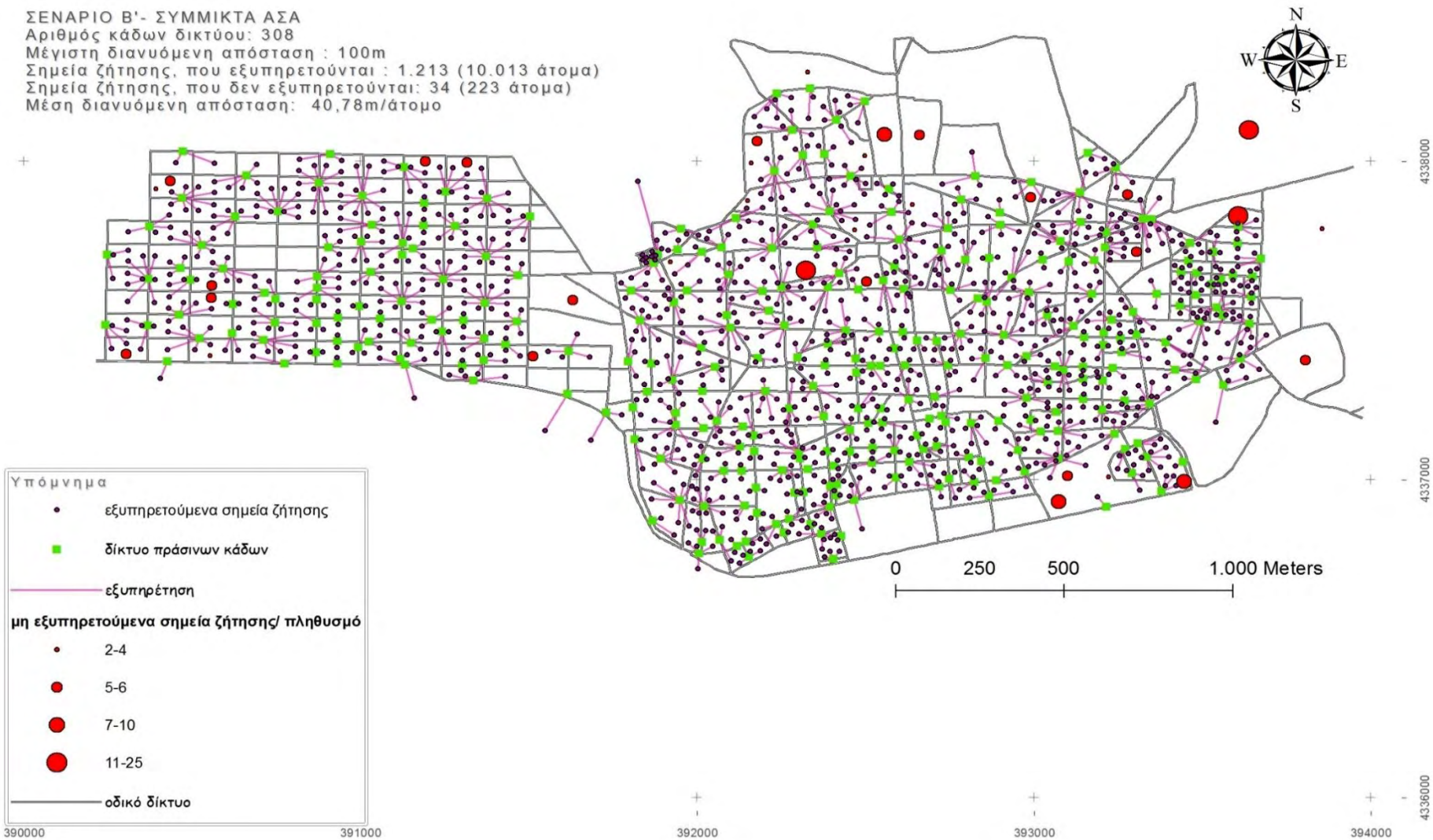
Διάγραμμα 3: Στοιχεία πληρότητας κάδων, κατά την εφαρμογή του Σεναρίου Β.

Στον χάρτη 6, απεικονίζονται οι νέες θέσεις εξυπηρέτησης και η σύνδεσή τους με τα σημεία ζήτησης.

ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΤΩΝ ΣΥΜΜΙΚΤΩΝ ΑΣΑ

ΣΕΝΑΡΙΟ Β'- ΣΥΜΜΙΚΤΑ ΑΣΑ

Αριθμός κάδων δικτύου: 308
 Μέγιστη διανυόμενη απόσταση : 100m
 Σημεία ζήτησης, που εξυπηρετούνται : 1.213 (10.013 άτομα)
 Σημεία ζήτησης, που δεν εξυπηρετούνται: 34 (223 άτομα)
 Μέση διανυόμενη απόσταση: 40,78m/άτομο

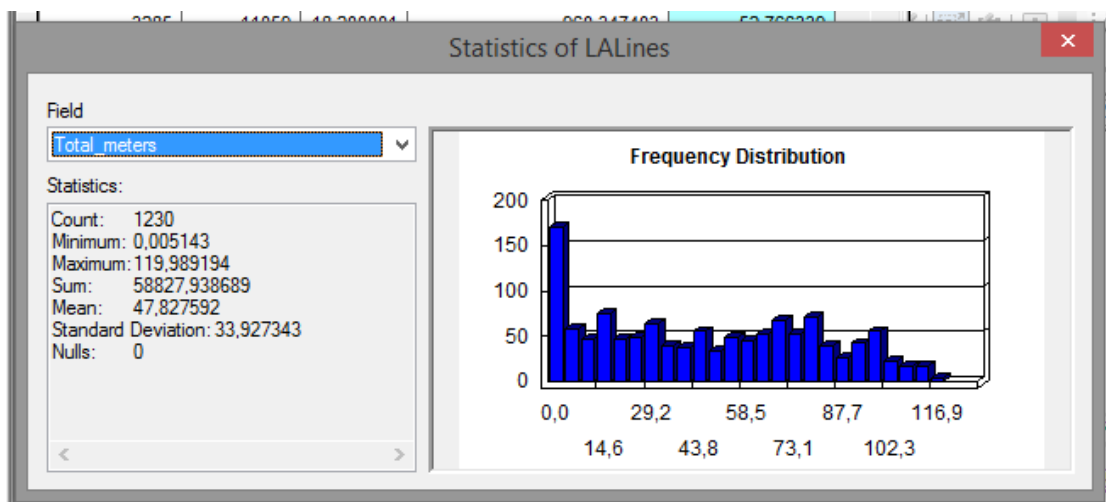


Χάρτης 6: Χωροθέτηση κάδων Σεναρίου Β' - Σύμμικτα ΑΣΑ

5.3.1.3 ΣΕΝΑΡΙΟ Γ.: ΕΠΑΝΑΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ 280 ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΔΙΑΝΥΟΜΕΝΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΣΤΑ 120m.

Μέσω αυτής της εναλλακτικής πρότασης, γίνεται προσπάθεια να χωροθετηθούν οι κάδοι με τέτοιο τρόπο , ώστε να καλύπτεται η ζήτηση , με μικρότερο αριθμό κάδων αλλά με μεγαλύτερη απόσταση εξυπηρέτησης..

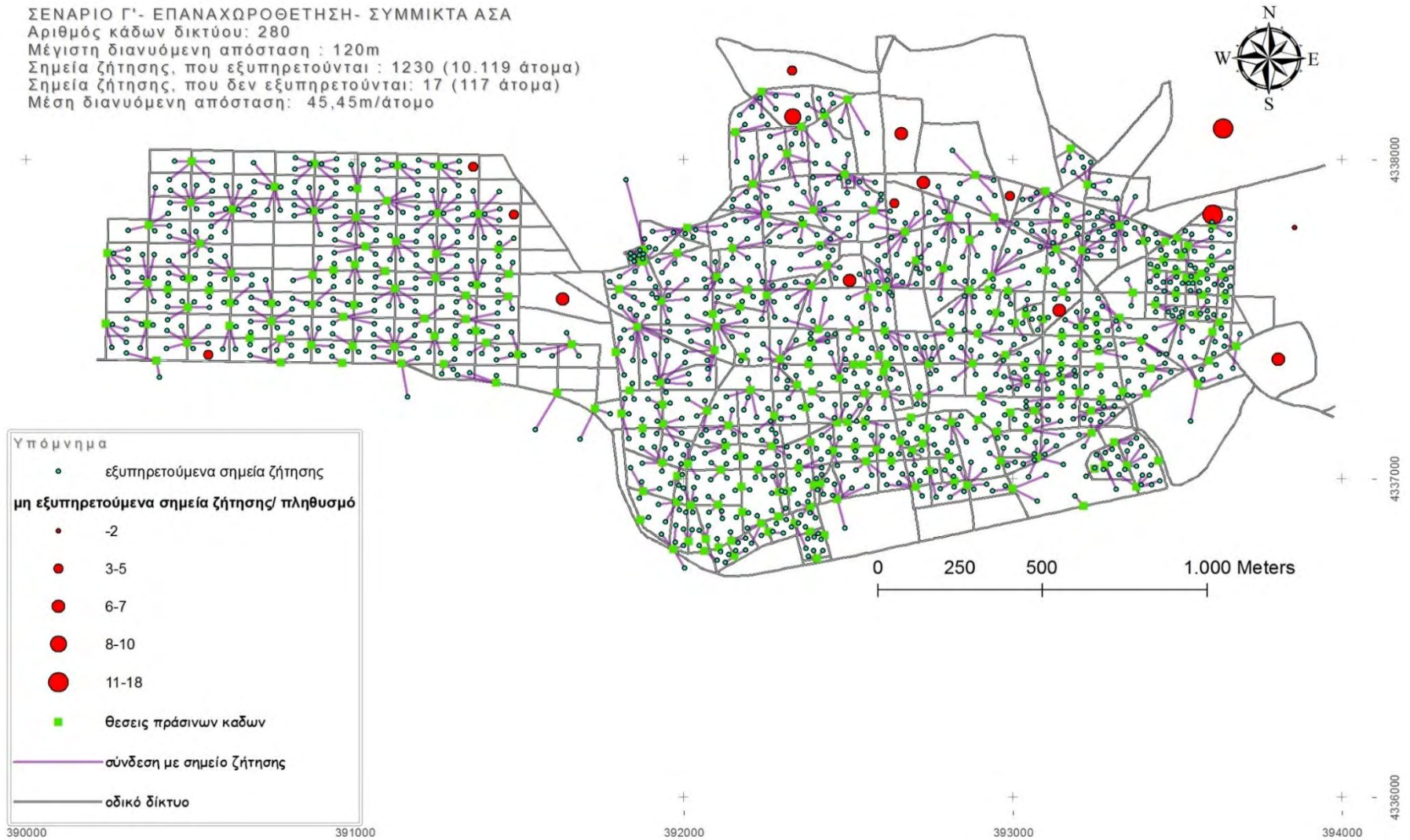
Τίθεται ως μέγιστη απόσταση εξυπηρέτησης τα 120m, και μειώνεται ο αριθμός των κάδων σε 280. Πραγματοποιείται η ανάλυση και προκύπτει ότι το 98, 86% του πληθυσμού καλύπτεται πλήρως ενώ ένα νοικοκυριό απέχει κατά μέσο όρο από το σημείο εξυπηρέτησης 47,8m, ενώ μόνο 75 σημεία ζήτησης από τα 1230 εξυπηρετούμενα καλούνται να διασχίσουν απόσταση μεγαλύτερη των 100m (διάγραμμα 4).



Διάγραμμα 4: Στοιχεία διανύομενης απόστασης κατά την εφαρμογή του Σεναρίου Γ'.

ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΤΩΝ ΣΥΜΜΙΚΤΩΝ ΑΣΑ

ΣΕΝΑΡΙΟ Γ'- ΕΠΑΝΑΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ- ΣΥΜΜΙΚΤΑ ΑΣΑ
 Αριθμός κάδων δικτύου: 280
 Μέγιστη διανυόμενη απόσταση : 120m
 Σημεία ζήτησης, που εξυπηρετούνται : 1230 (10.119 άτομα)
 Σημεία ζήτησης, που δεν εξυπηρετούνται: 17 (117 άτομα)
 Μέση διανυόμενη απόσταση: 45,45m/άτομο



Χάρτης 7: Χωροθέτηση κάδων Σεναρίου Γ – Σύμμικτα ΑΣΑ

5.3.2 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ ΑΣΑ

Ιδανικά ο πληθυσμός των 10.236 ατόμων, που παράγουν κατά μέσο όρο 0,2kg/day ανακυκλώσιμων ΑΣΑ, και με συχνότητα αποκομιδής 1 φορά την εβδομάδα, καλύπτεται από τη χωροθέτηση δικτύου αποτελούμενου από 108 κάδους.

Έτσι αρχικά εξετάζεται η περίπτωση της χωροθέτησης αυτών των κάδων και σε δεύτερη φάση η χρήση όλων των κάδων για τρεις πρακτικούς λόγους:

- α. ο Δήμος διαθέτει ήδη 184 κάδους, οπότε δεν θα προβεί σε επιπλέον έξοδα και
- β. θα μειωθούν τα κόστη αποκομιδής λόγω μείωσης του δρομολογίου(εργατοώρες κλπ)
- γ. τα ανακυκλώσιμα ΑΣΑ είναι καθαρά υλικά και δεν αποτελούν εν δυνάμει εστίες μόλυνσεως αν παραμείνουν στους κάδους περισσότερες ημέρες.

5.3.2.1 ΣΕΝΑΡΙΟ Α: Χρήση υφιστάμενου χωροθετημένου δικτύου μπλε κάδων

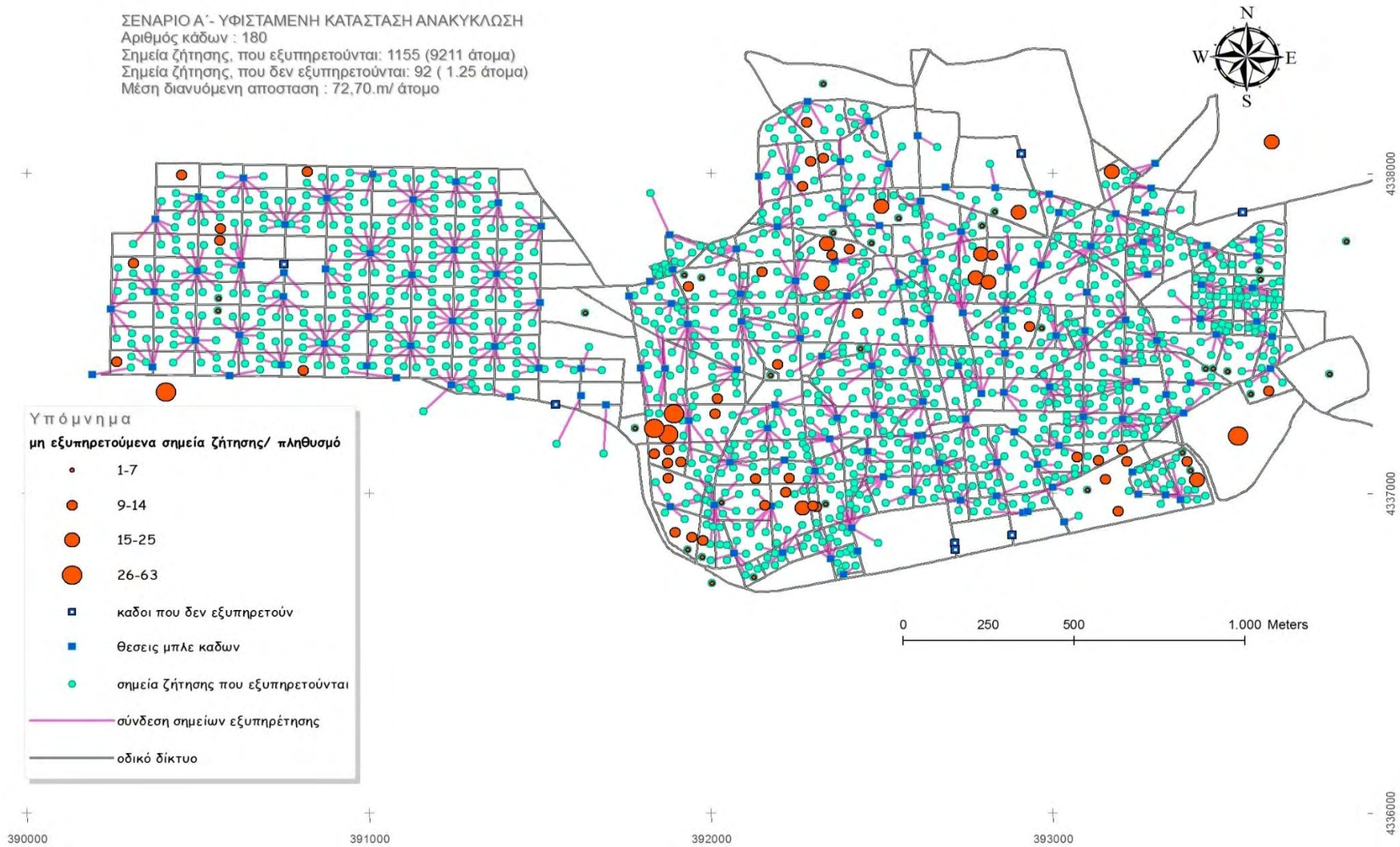
Εισάγονται τα δεδομένα, στο λογισμικό. Ως θέσεις ζήτησης παραμένουν τα κέντρα των πολυγώνων Νοσοποι, ως σημεία εξυπηρέτησης εισάγονται αυτά του υφιστάμενου δικτύου των μπλε κάδων και πραγματοποιείται η επίλυση χωρίς να τίθεται ζήτημα μέγιστης διανύμενης απόστασης εξυπηρέτησης. Προκύπτει το συμπέρασμα ότι 1477 πολίτες, πρέπει να διανύουν πάνω από 150 μέτρα (μέγιστο 480m), για να αποθέσουν τα απόβλητα ανακύκλωσης.

Επαναλαμβάνεται η ανάλυση με ορισμό μέγιστης διανύμενης απόστασης τα 150m. Από εκεί προκύπτει ο χάρτης 8, και τα μέσα από τα μεταδεδομένα υπολογίζεται ότι 92/1247 σημεία ζήτησης δεν εξυπηρετούνται. Αυτά αντιστοιχούν σε 1025 πολίτες: ποσοστό μη εξυπηρετούμενου πληθυσμού ~ 10%. Οι μη ευαισθητοποιημένοι πολίτες εξ' αυτών, πιθανόν να αποθέτουν τα ανακυκλώσιμα ΑΣΑ τους στο δίκτυο των πράσινων κάδων μειώνοντας την αποτελεσματικότητα του μέτρου της ανακύκλωσης.

Το πρόβλημα της λανθασμένης χωροθέτησης έχει αποδειχθεί, έμπρακτα, οπότε στα επόμενα βήματα προσεγγίζονται 2 νέα σενάρια χωροθέτησης, που θα εκμηδενίσουν το ανωτέρω πρόβλημα.

ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΔΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

ΣΕΝΑΡΙΟ Α' - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ
 Αριθμός κάδων : 180
 Σημεία ζήτησης, που εξυπηρετούνται: 1155 (9211 άτομα)
 Σημεία ζήτησης, που δεν εξυπηρετούνται: 92 (1.25 άτομα)
 Μέση διανυόμενη απόσταση : 72,70.μ/ άτομο



Χάρτης 8: Χωροθέτηση Σεναρίου Α – Ανακυκλώσιμα ΑΣΑ

5.3.2.2 ΣΕΝΑΡΙΟ Β: ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΤΩΝ ΚΑΔΩΝ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΑΝΥΟΜΕΝΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟΘΕΣΗΣ 150m.

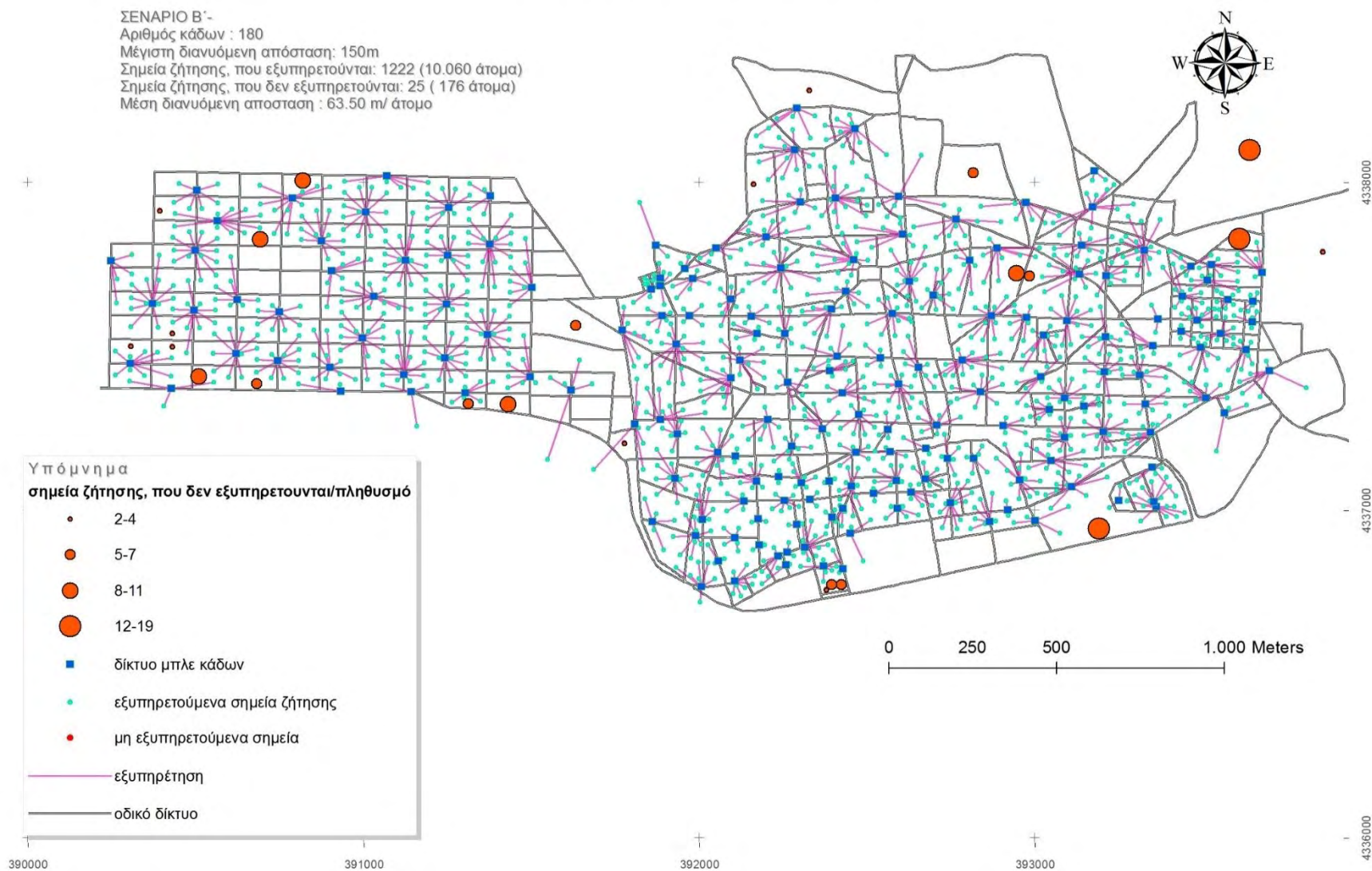
Από τις προηγούμενες δοκιμές, προέκυψε ότι λόγω της λάθος χωροθέτησης του δικτύου των μπλε κάδων κάποια σημεία ζήτησης απείχαν έως και 480m από τα σημεία απόθεσης. Σε αυτή τη δοκιμή, εισάγεται νέο δίκτυο υποψήφιων σημείων, όπως προέκυψε από το κεφάλαιο 5.1 (1247 σημεία).

Γίνεται ανάλυση με μέγιστη διανυόμενη απόσταση τα 150m, επιλογή 180 σημείων (όσα και ο αριθμός των υφιστάμενων κάδων). Προκύπτει ο χάρτης 9 και μέσα από τα μεταδεδομένα φαίνεται ότι :

Τα 1222 από τα 1247 σημεία ζήτησης (98,4%) εξυπηρετούνται πλήρως από την προτεινόμενη σωροθέτηση. Τα 25 σημεία ζήτησης, που δεν εξυπηρετούνται αντιστοιχούν σε 169 πολίτες (ή 236,6kg /εβδομάδα).

Εξετάζοντας τον χάρτη, που δημιουργείται, φαίνεται ότι τα 25 αυτά σημεία, είναι σημεία ζήτησης τα οποία είναι χωροθετημένα εκτός οικισμού, σε κατοικίες που έχουν δομηθεί σε οικόπεδα > 4.000τ.μ. οπότε και η απόσταση αυτή είναι λογικό να μην ικανοποιείται πλήρως.

ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΔΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

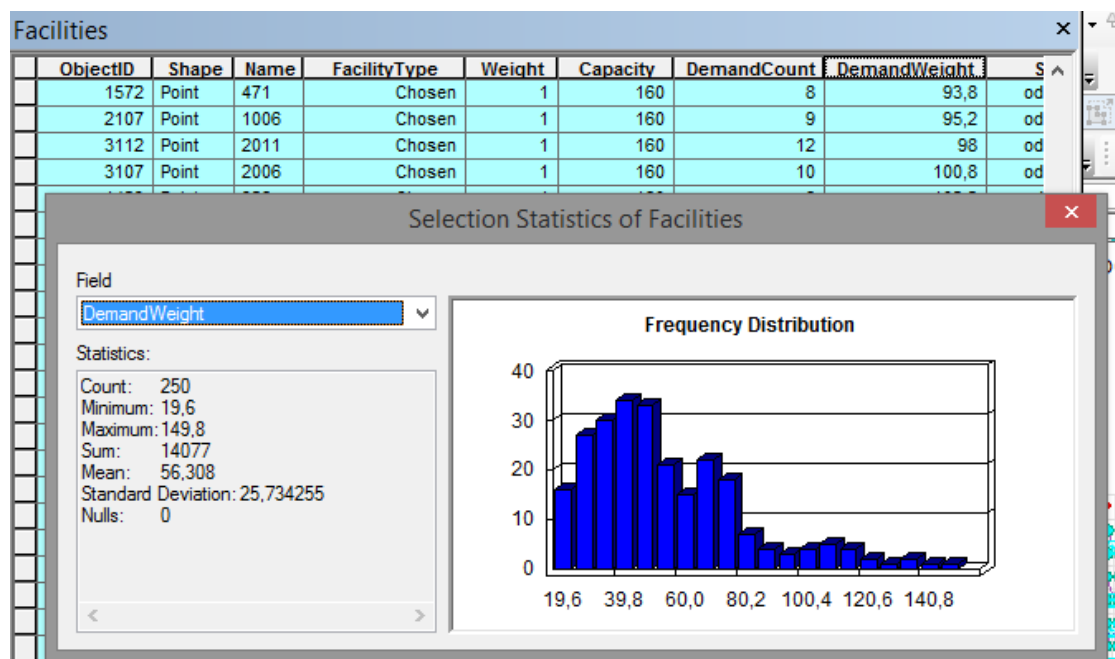


Χάρτης 9: Χωροθέτηση 180 σημείων εξυπηρέτησης σε απόσταση $\leq 150m$ από τα σημεία ζήτησης

5.3.2.3 ΣΕΝΑΡΙΟ Γ: ΑΥΞΗΣΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΤΩΝ ΚΑΔΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΔΙΑΝΥΟΜΕΝΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ στα 120m.

Στην προσπάθεια να γίνει πιο ελκυστική στους πολίτες η δράση της ανακύκλωσης, τίθεται προς επίλυση το σενάριο Β, σύμφωνα με το οποίο, αυξάνεται ο αριθμός των κάδων σε 250 με κύριο στόχο να μειωθεί η μέγιστη διανυόμενη απόσταση προς τα σημεία εξυπηρέτησης στα 120m. Αυτό είναι ίσως και ένα μέτρο, που μπορεί να αυξήσει το ενδιαφέρον των πολιτών για μεγαλύτερη συμμετοχή.

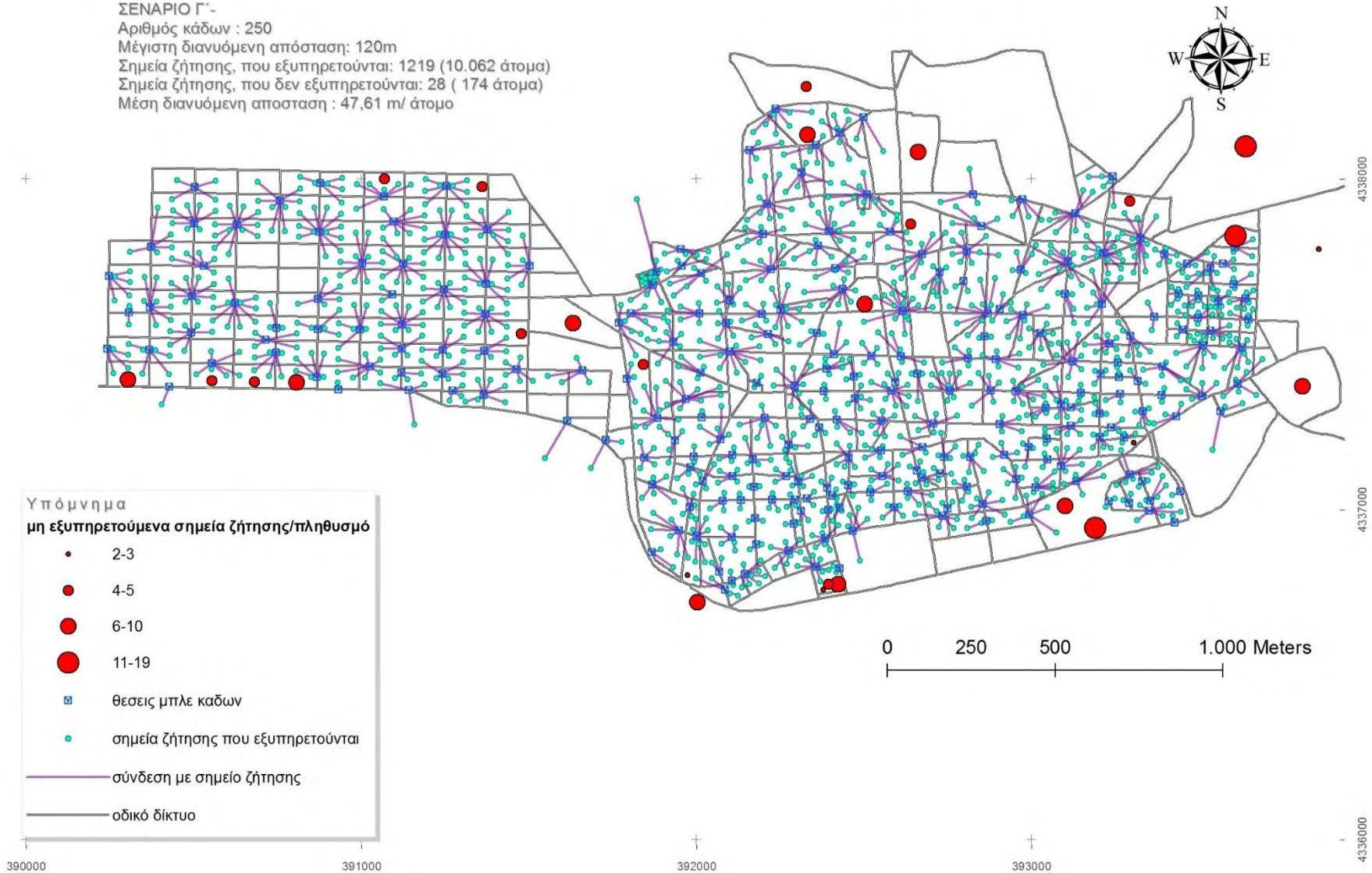
Πραγματοποιείται η ανάλυση και προκύπτει ότι με τη χωροθέτηση 250 κάδων σε μέγιστη απόσταση 120m, 1219 από τα 1247 σημεία ζήτησης εξυπηρετούνται πλήρως (ποσοστό 97,8%). Τα σημεία ζήτησης, που δεν εξυπηρετούνται αντιστοιχούν σε 174 πολίτες, από νοικοκυριά κυρίως εκτός οικισμού.



Διάγραμμα 5: Διάγραμμα πληρότητας των κάδων σε kg ανακυκλώσιμων υλικών/ 7 ημέρες

ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΔΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

ΣΕΝΑΡΙΟ Γ'-
 Αριθμός κάδων : 250
 Μέγιστη διανυόμενη απόσταση: 120m
 Σημεία ζήτησης, που εξυπηρετούνται: 1219 (10.062 άτομα)
 Σημεία ζήτησης, που δεν εξυπηρετούνται: 28 (174 άτομα)
 Μέση διανυόμενη αποσταση : 47,61 m/ άτομο



Χάρτης 10: Χωροθέτηση δικτύου κάδων ανακύκλωσης, Σενάριο Γ'

5.4 Εφαρμογή του μοντέλου χωρικής ανάλυσης για την επαναγάραξη διαδρομών αποκομιδής

Για το σχεδιασμό των βέλτιστων διαδρομών, εισάγονται τα στοιχεία που προέκυψαν κατά την εφαρμογή των μοντέλων χωροθέτησης- κατανομών ανά σενάριο και κατηγορία αποβλήτων. Θέτοντας ως σημείο εκκίνησης τον χώρο στάθμευσης των απορριμματοφόρων οχημάτων και ως σημείο απόθεσης τη θέση του ΣΜΑ γίνεται χρήση του αλγόριθμου Vehicle Routing Problem, μέσω της εφαρμογής “Network Analyst, New fleet Routing”. Ρυθμίζονται οι μεταβλητές του χρόνου και της απόστασης για την εφαρμογή του αλγόριθμου. Τα διαθέσιμα δεδομένα είναι:

- Αριθμός οχημάτων σύμμικτων : 2
- Αριθμός οχημάτων Ανακύκλωσης : 1
- Χωρητικότητα των απορριμματοφόρων οχημάτων: 5.000kg,
- Ωράριο εργασίας εργατών καθαριότητας: 06:00 – 13:00,
- Σημείο έναρξης : Χώρος στάθμευσης οχημάτων,
- Σημείο Απόθεσης : Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ),
- Χρόνος αποκομιδής / κάδο : 50sec.

A. ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ: ΣΥΜΜΕΙΚΤΑ ΑΣΑ

Σενάριο A: Δεν επιχειρείται επαναπροσδιορισμός διαδρομής, μιας και περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση κατά την οποία διανύονται 165km/day και από τα 2 απορριμματοφόρα, απαιτούνται 6h 30min/απορριμματοφόρο και στο σύνολο εκτελούνται 8 εβδομαδιαία δρομολόγια αποκομιδής.

Σενάριο B: Επαναχωροθέτηση 308 κάδων, με μέγιστη διανυόμενη απόσταση από το σημείο ζήτησης στο σημείο απόθεσης: 100m.

Από αυτή την ανάλυση, προκύπτουν τα εξής στοιχεία:

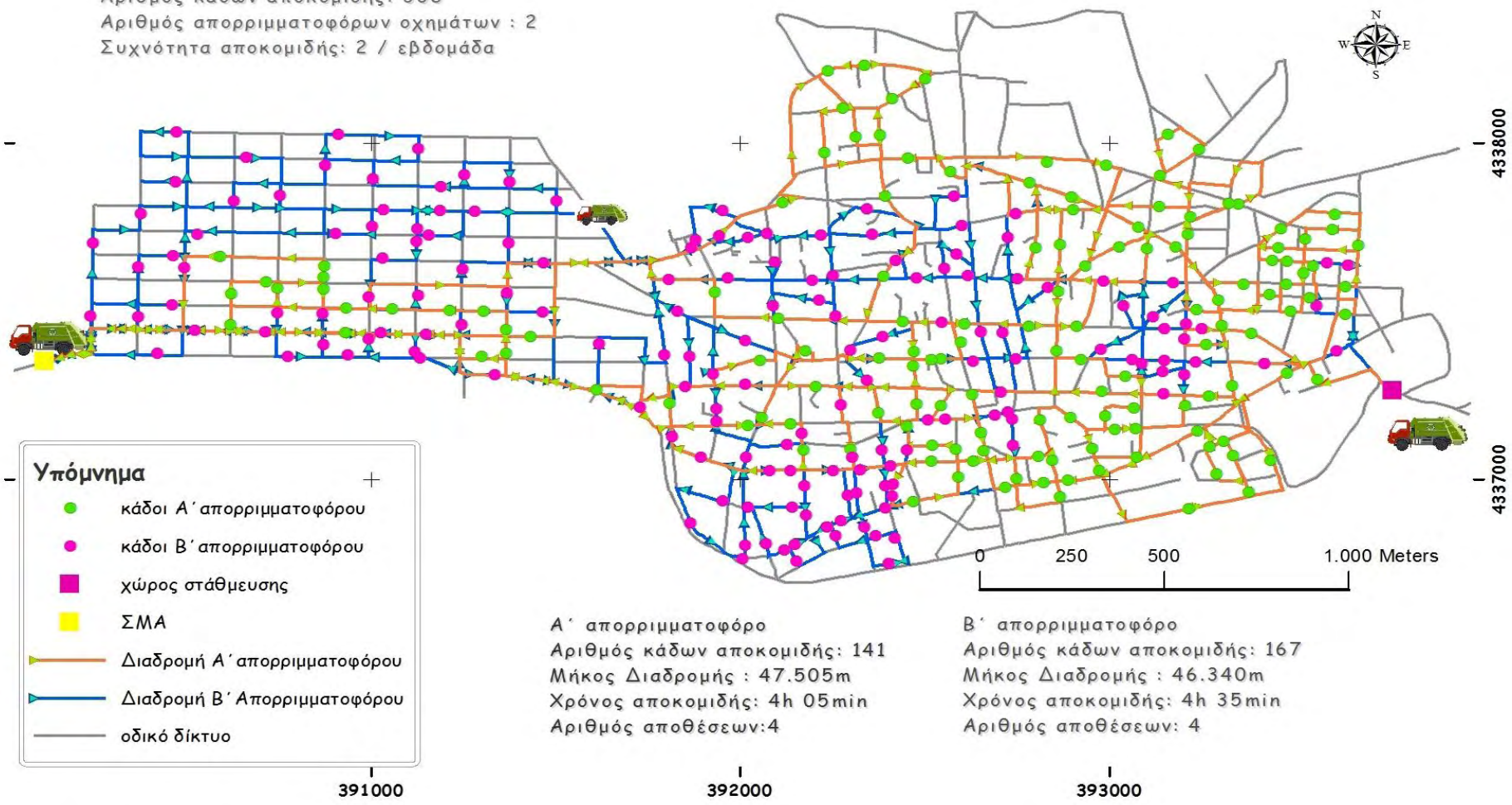
	Αρ. κάδων που αποκομίζονται	Αρ. αποθέσεων	Διανυόμενη απόσταση	Χρόνος αποκομιδής
Απορριμματοφόρο A	141	4	47.505m	4h 05min
Απορριμματοφόρο B	167	4		4h 35min
Σύνολα	308	8		

Πίνακας 14: Συνοπτικά μεταδεδομένα από την ανάλυση διαδρομών Σεναρίου B- Σύμμεικτα ΑΣΑ

Στους επόμενους τρεις (3) χάρτες παρουσιάζονται συνοπτικά και αναλυτικά οι διαδρομές ανά απορριμματοφόρο όχημα, που προκύπτουν.

ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΣΧΗΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ ΤΩΝ ΚΑΔΩΝ ΣΥΜΜΕΙΚΤΩΝ ΑΣΑ
Σενάριο Β'

Αριθμός κάδων αποκομιδής: 308
Αριθμός απορριματοφόρων οχημάτων : 2
Συχνότητα αποκομιδής: 2 / εβδομάδα

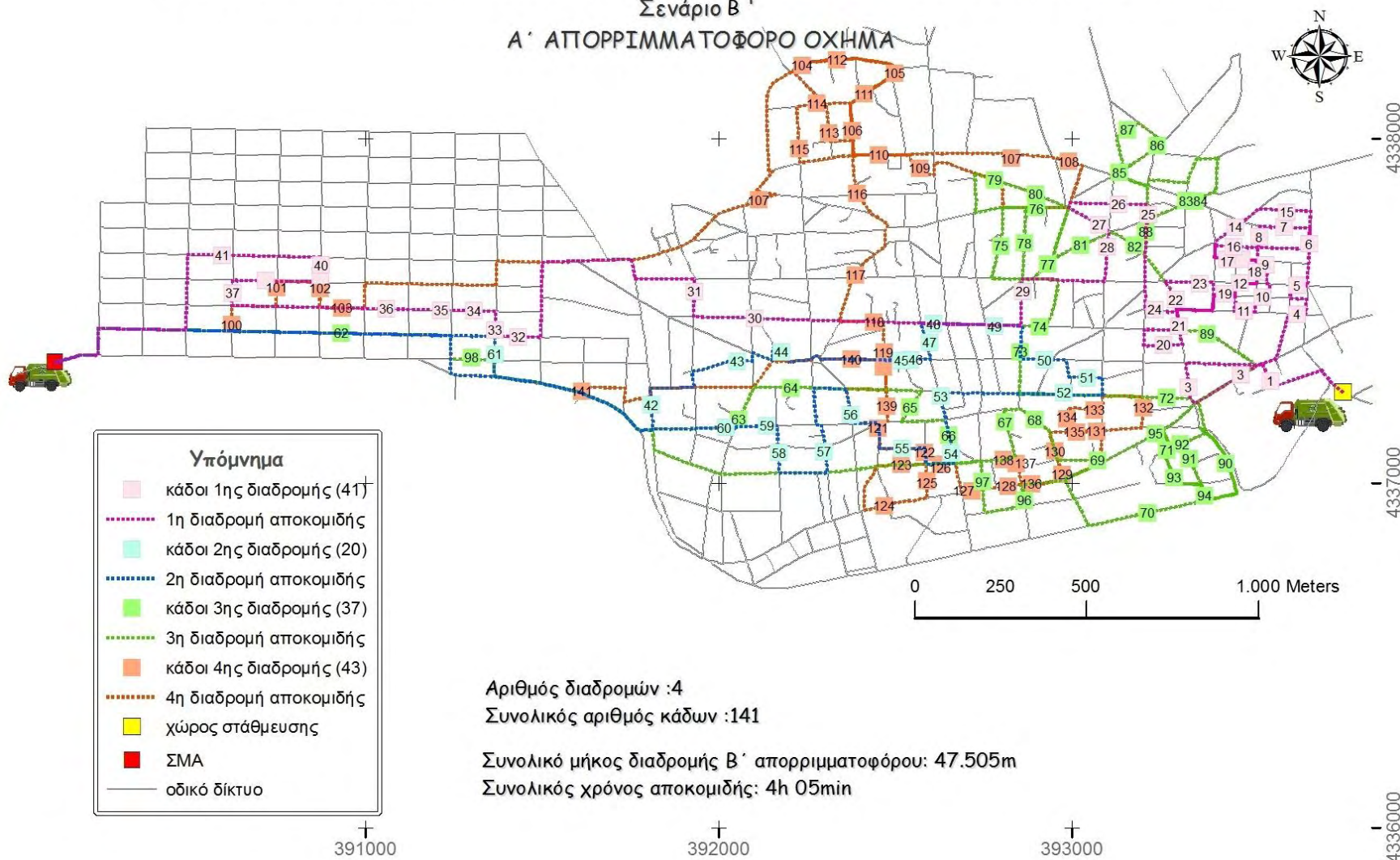


Χάρτης 11: Σχεδιασμός διαδρομών Σεναρίου Β' σύμμεικτων ΑΣΑ

ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΣΧΗΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ ΤΩΝ ΚΑΔΩΝ ΣΥΜΜΕΙΚΤΩΝ ΑΣΑ

Σενάριο Β'

Α' ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΟΦΟΡΟ ΟΧΗΜΑ

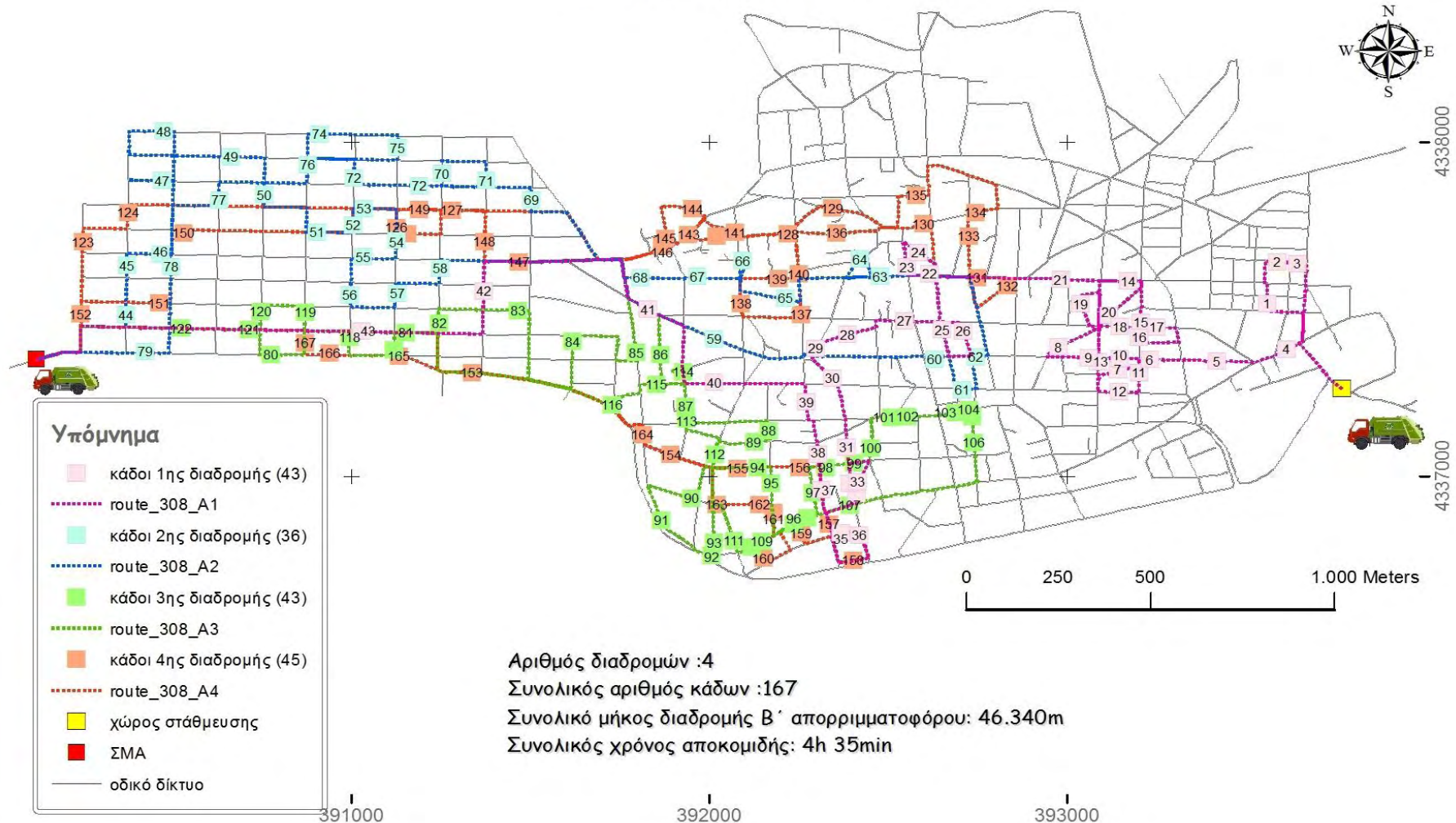


Χάρτης 12: Ημερήσιες διαδρομές αποκομιδής σύμμεικτων- Σενάριο Β' – Α απορριμματοφόρο όχημα

ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΣΧΗΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ ΤΩΝ ΚΑΔΩΝ ΣΥΜΜΕΙΚΤΩΝ ΑΣΑ

Σενάριο Β'

Β' ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΟΦΟΡΟ ΟΧΗΜΑ



Χάρτης 13: Ημερήσιες διαδρομές αποκομιδής σύμμεικτων- Σενάριο Β' – Β απορριματοφόρο όχημα

Σενάριο Γ΄:

Επαναχωροθέτηση 280 κάδων, με μέγιστη διανυόμενη απόσταση από το σημείο ζήτησης στο σημείο απόθεσης: 120m.

Από αυτή την ανάλυση, προκύπτουν τα εξής στοιχεία:

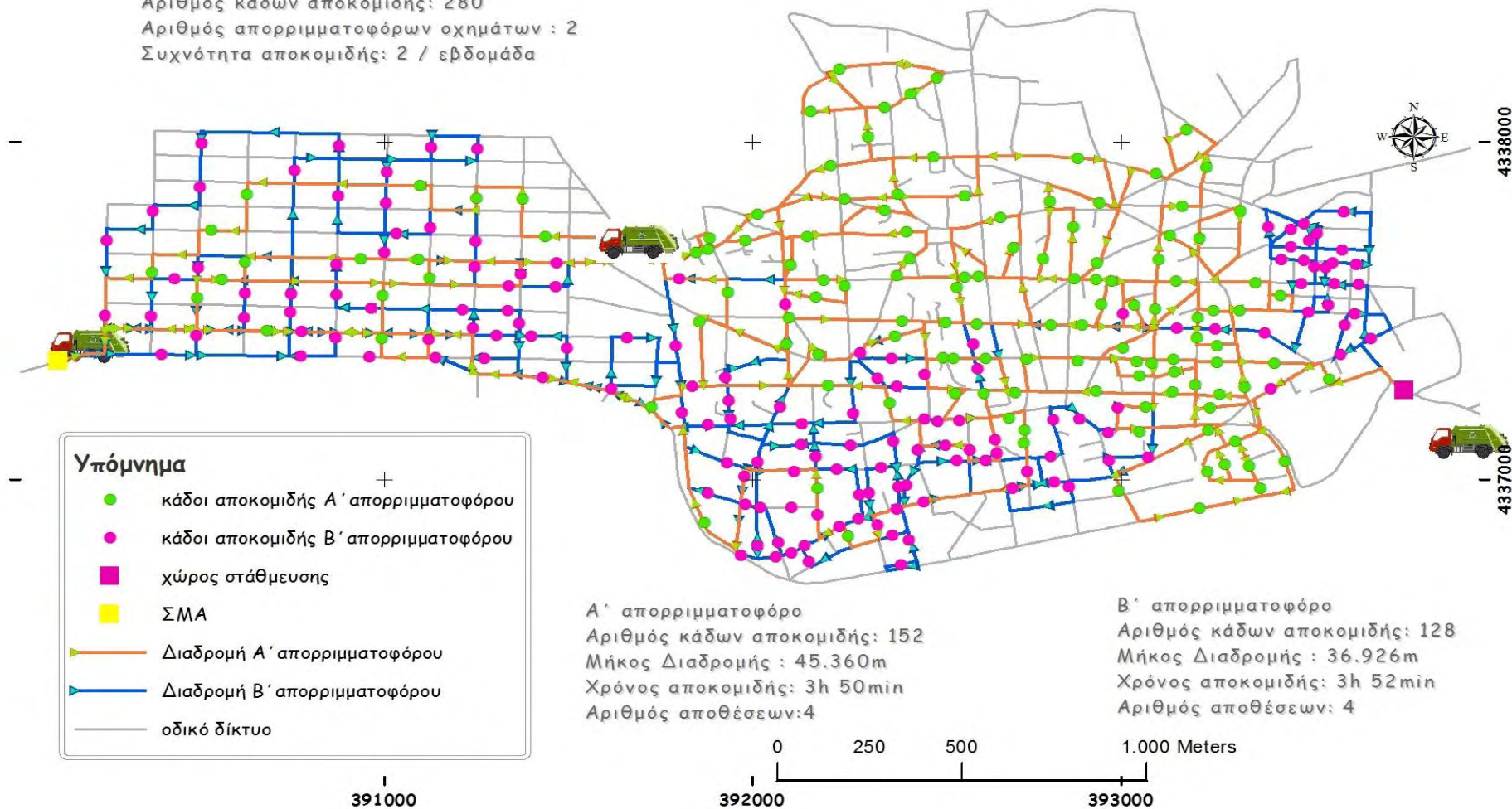
	Αρ. κάδων που αποκομίζονται	Αρ. αποθέσεων	Διανυόμενη απόσταση	Χρόνος αποκομιδής
Απορριματοφόρο Α	152	4	45.360m	3h 50min
Απορριματοφόρο Β	128	4	36.926m	3h 52min
Σύνολα	280	8		

Πίνακας 15: Συνοπτικά μεταδεδομένα από την ανάλυση διαδρομών Σεναρίου Γ- Σύμμεικτα ΑΣΑ

Στους επόμενους τρεις (3) χάρτες παρουσιάζονται συνοπτικά και αναλυτικά οι διαδρομές ανά απορριματοφόρο όχημα, που προκύπτουν.

ΣΧΗΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ ΤΩΝ ΚΑΔΩΝ ΣΥΜΜΕΙΚΤΩΝ
ΣΥΜΜΙΚΤΑ ΑΣΑ - Σενάριο Γ'

Αριθμός κάδων αποκομιδής: 280
Αριθμός απορριματοφόρων οχημάτων : 2
Συχνότητα αποκομιδής: 2 / εβδομάδα

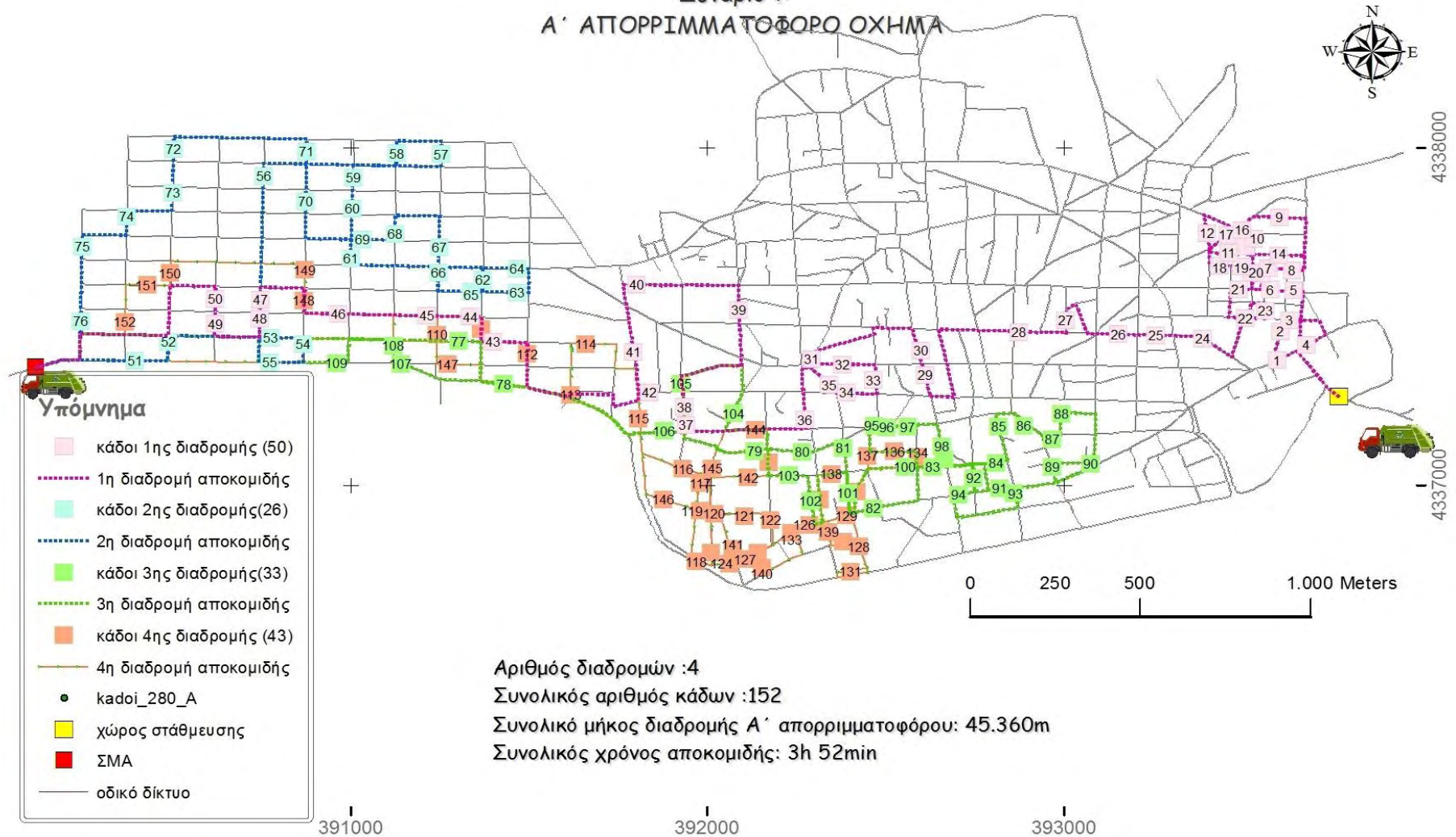


Χάρτης 14: Διαδρομές αποκομιδής σύμμεικτων- Σενάριο Γ

ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΣΧΗΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ
ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ ΤΩΝ ΚΑΔΩΝ ΣΥΜΜΕΙΚΤΩΝ ΑΣΑ

Σενάριο Γ'

Α' ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΟΦΟΡΟ ΟΧΗΜΑ

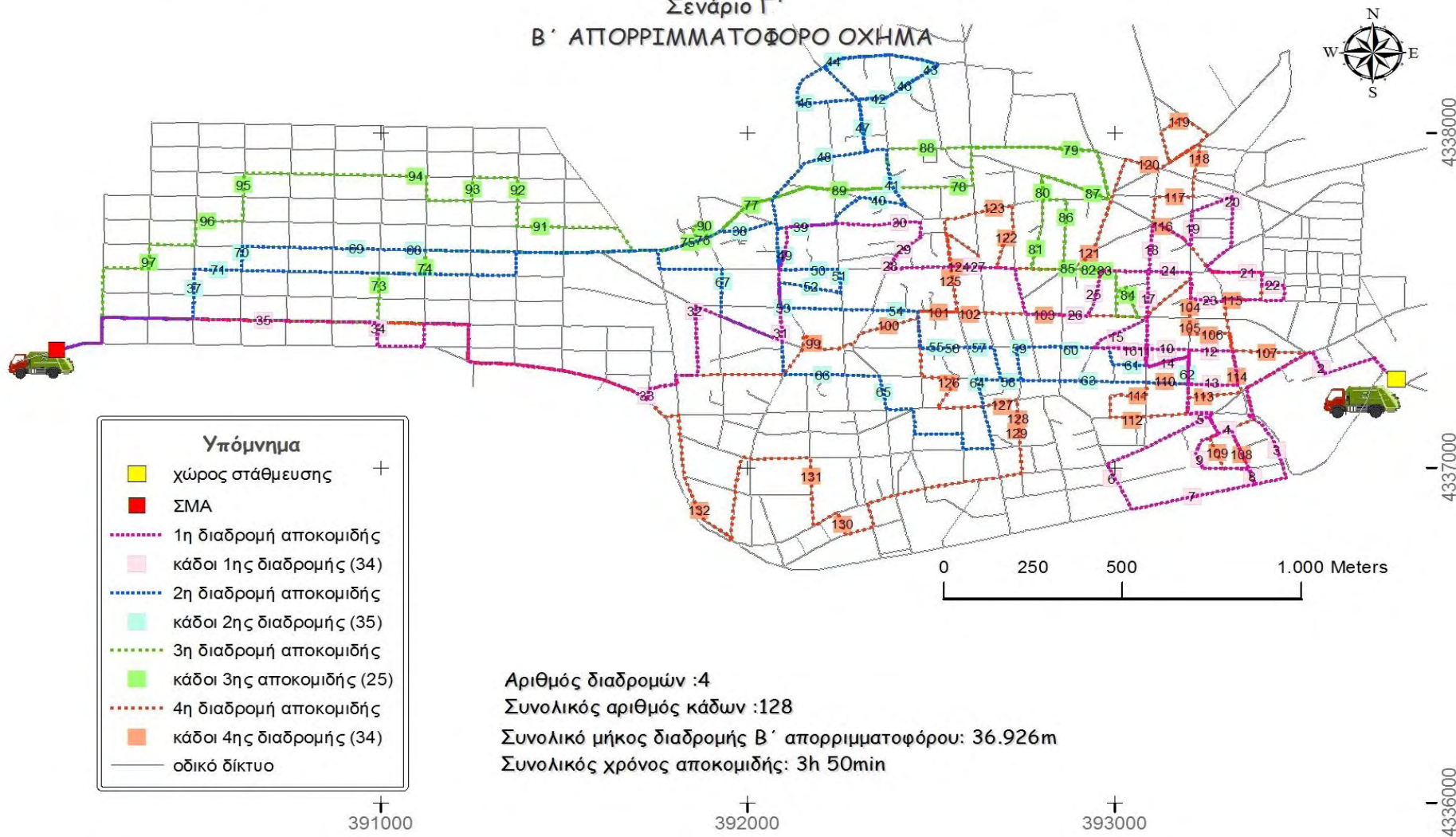


Χάρτης 15: Ημερήσιες διαδρομές αποκομιδής σύμμεικτων- Σενάριο Γ' – Α απορριμματοφόρο όχημα

ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΣΧΗΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ ΤΩΝ ΚΑΔΩΝ ΣΥΜΜΕΙΚΤΩΝ ΑΣΑ

Σενάριο Γ'

Β' ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΟΦΟΡΟ ΟΧΗΜΑ



Χάρτης 16: Ημερήσιες διαδρομές αποκομιδής σύμμεικτων- Σενάριο Γ' – Β απορριμματοφόρο όχημα

B. ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ: ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ ΑΣΑ

Σενάριο Α: Δεν επιχειρείται επαναπροσδιορισμός διαδρομής, μιας και περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση κατά την οποία διανύονται 87km/day και από ένα απορριμματοφόρο, απαιτούνται δη και στο σύνολο εκτελείται 1 εβδομαδιαίο δρομολόγιο αποκομιδής.

Σενάριο Β: Επαναχωροθέτηση 180 κάδων, με μέγιστη διανυόμενη απόσταση από το σημείο ζήτησης στο σημείο απόθεσης: 150m.

Από αυτή την ανάλυση, προκύπτουν τα εξής στοιχεία:

	Αρ. κάδων που αποκομίζονται	Αρ. αποθέσεων	Διανυόμενη απόσταση	Χρόνος αποκομιδής
Απορριμματοφόρο Α	180	3	52.442m	4h 35min

Πίνακας 16: Συνοπτικά μεταδεδομένα από την ανάλυση διαδρομών Σεναρίου Β- Σύμμεικτα ΑΣΑ

Σενάριο Γ': Επαναχωροθέτηση 180 κάδων, με μέγιστη διανυόμενη απόσταση από το σημείο ζήτησης στο σημείο απόθεσης: 150m.

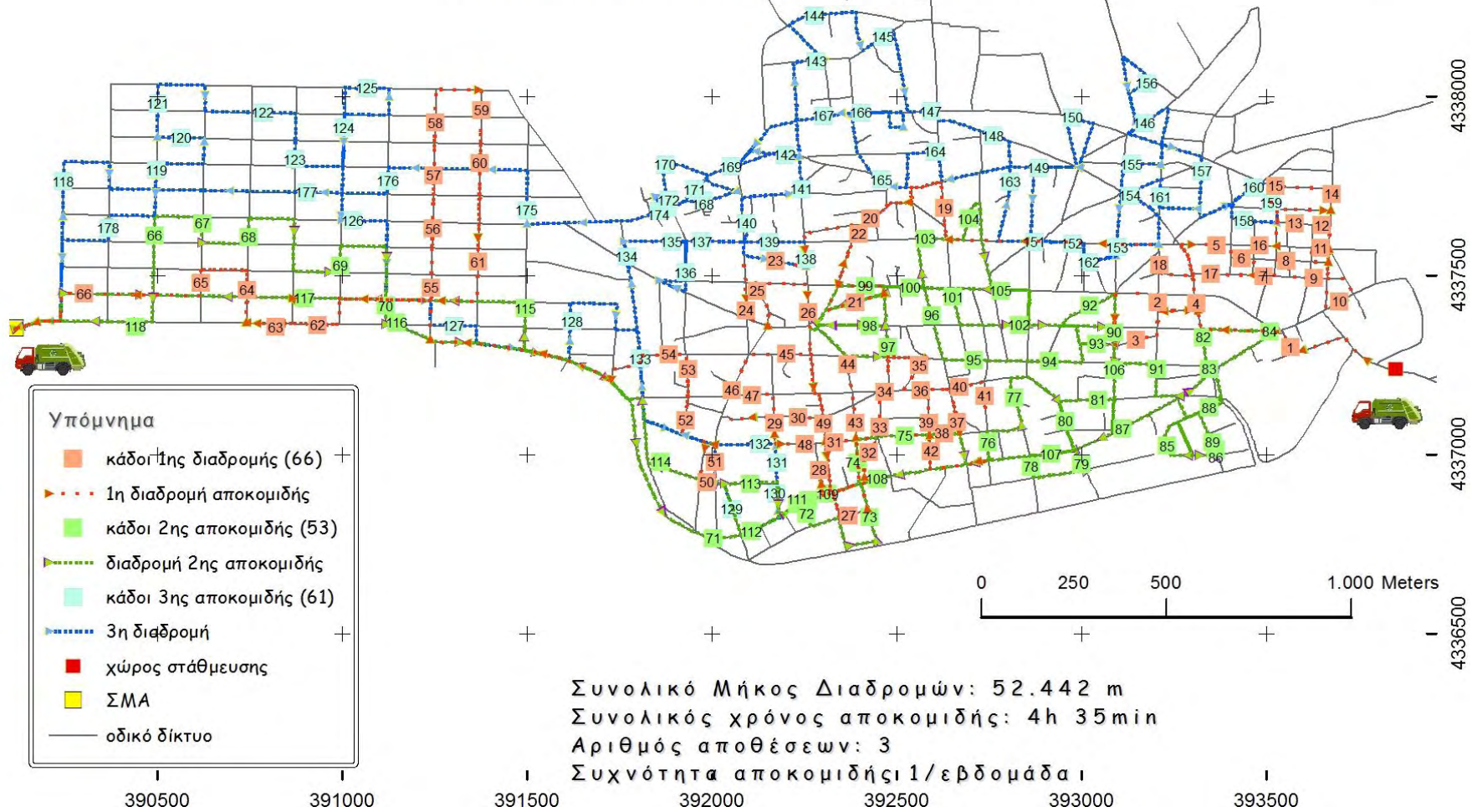
Από αυτή την ανάλυση, προκύπτουν τα εξής στοιχεία:

	Αρ. κάδων που αποκομίζονται	Αρ. αποθέσεων	Διανυόμενη απόσταση	Χρόνος αποκομιδής
Απορριμματοφόρο Α	250	3	51.802m	5h 53min

Στους επόμενους τρεις (3) χάρτες παρουσιάζονται συνοπτικά και αναλυτικά οι διαδρομές, που προκύπτουν.

ΣΧΗΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ ΤΩΝ ΚΑΔΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ
Σενάριο Β'

Αριθμός απορριματοφόρων : 1
Συνολικός αριθμός κάδων ανακύκλωσης : 180

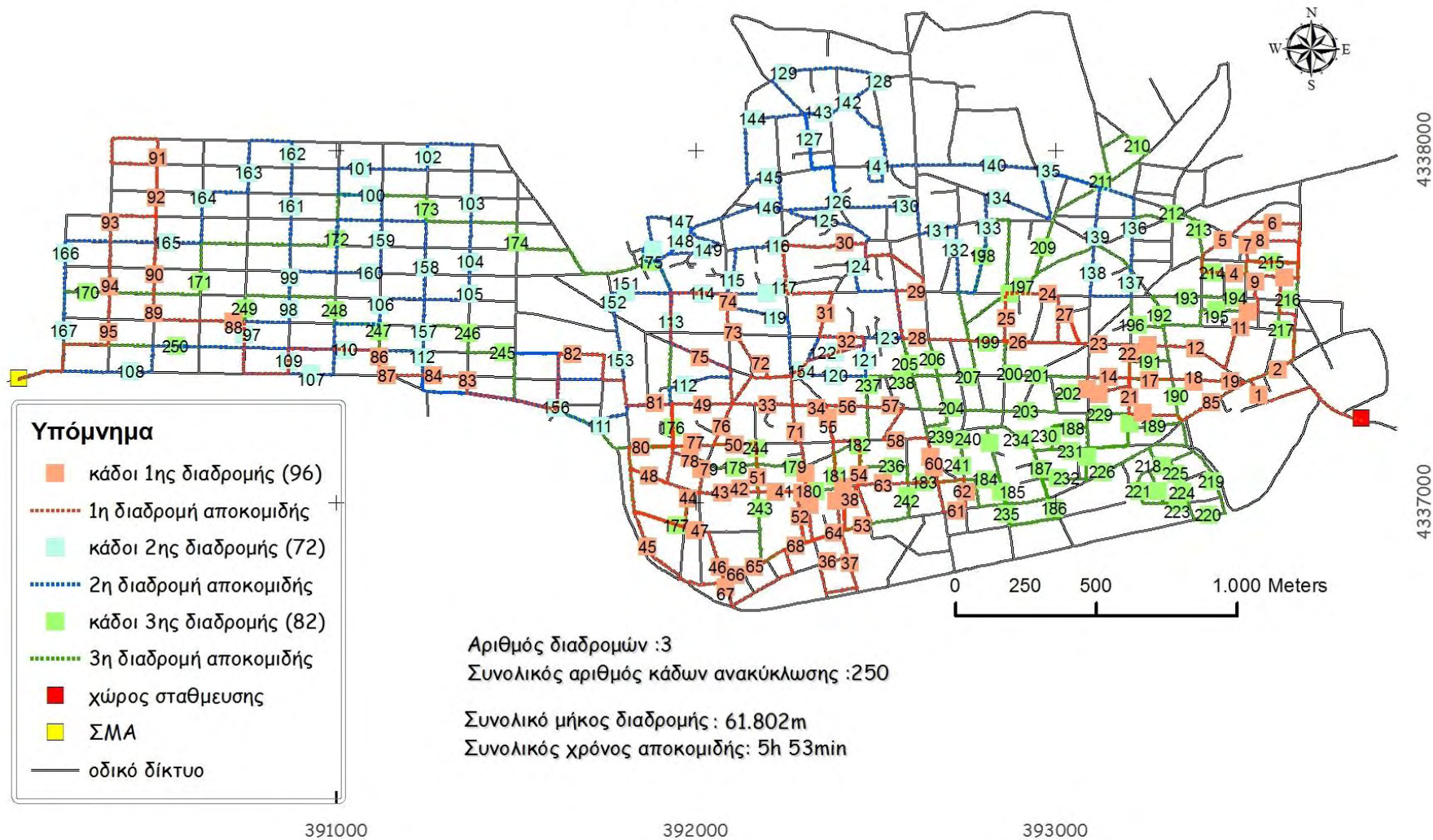


Χάρτης 17: Διαδρομές αποκομιδής κάδων Ανακύκλωσης –Σενάριο Β'

ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΣΧΗΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ ΤΩΝ ΚΑΔΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ ΑΣΑ

Σενάριο Γ'

Αριθμός οχημάτων : 1



Χάρτης 18: Διαδρομές αποκομιδής κάδων ανακύκλωσης – Σενάριο Γ'

Α. ΣΥΜΜΙΚΑΤΑ ΑΣΑ

	ΣΕΝΑΡΙΟ Α (υφιστάμενη κατάσταση)		Σενάριο Β Α /Β όχημα		Σενάριο Γ Α/Β όχημα	
Αρ. κάδων	308		308		280	
Αρ. εξυπηρετούμενων ατόμων – ποσοστό	8.841	86,37%	10.013	97,8%	10.119	98,9%
Μέγιστη απόσταση ζήτησης- εξυπηρέτηση	100m		100m		120m	
Μέση απόσταση ζήτησης εξυπηρέτησης / άτομο	47,61m		40,78m		45,45m	
Ποσοστιαία διαφορά με υφιστάμενη κατάσταση			-14,4%		-4,5%	
Διανυόμενη απόσταση αποκομιδής	Α: 64.000m		Α': 47.505m		Α: 45.360m	
	Β : 64.000m		Β' : 46.340m		Β : 36.926m	
Ποσοστιαία διαφορά με υφιστάμενη κατάσταση			-27%		-38%	
Χρόνος αποκομιδής	Α: 6h 00min		Α: 4h 05min		Α: 3h 52min	
	Β: 6h 15min		Β: 4h 35min		Β: 3h 50min	
Εβδομαδιαία δρομολόγια	Α:4		Α:2		Α:2	
	Β:4		Β:2		Β:2	

Πίνακας 17: Μεταδιδόμενα από την εφαρμογή των μοντέλων χωρικής ανάλυσης- σύμμεικτα ΑΣΑ

Β. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ ΑΣΑ

	ΣΕΝΑΡΙΟ Α (υφιστάμενη κατάσταση)		Σενάριο Β		Σενάριο Γ	
Αρ. κάδων	180		180		250	
Αρ. εξυπηρετούμενων ατόμων -- ποσοστό	9.211	90%	10.067	98,4%	10.062	98,3%
Μέγιστη απόσταση ζήτησης- εξυπηρέτηση	150		150		120	
Μέση απόσταση ζήτησης εξυπηρέτησης	72,70m		63,5m		47,61m	
Ποσοστιαία διαφορά με υφιστάμενη κατάσταση			-13%		-34%	
Διανυόμενη απόσταση αποκομιδής	87.000m		52.442m		61.802m	
Ποσοστιαία διαφορά με υφιστάμενη κατάσταση			-39%		-29%	
Χρόνος αποκομιδής	6h		4h 35min		5h 53min	

Πίνακας 18: Μεταδιδόμενα από την εφαρμογή των μοντέλων χωρικής ανάλυσης- σύμμεικτα ΑΣΑ

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για το βέλτιστο σχεδιασμό των συστημάτων αποκομιδής είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη μια σειρά κριτηρίων. Η κάθε περιοχή διαθέτει διαφορετικά χαρακτηριστικά, τόσο φυσικά, τεχνικά όσο και κοινωνικά. Η συλλογή των στοιχείων, που θα προσδώσουν βαρύτητα στα κριτήρια του τελικού σχεδιασμού είναι σημαντικό να γίνεται πάντα με τέτοιο τρόπο, ώστε συνδυάζονται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Η εξέλιξη των Γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, αποτελεί ένα βασικό εργαλείο επίλυσης αντίστοιχων προβλημάτων. Ο σχεδιασμός της αποκομιδής των ΑΣΑ από τους Δήμους, μπορεί με την κατάλληλη τεχνογνωσία και τη χρήση των αντίστοιχων λογισμικών και αλγορίθμων, που περιγράφηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στην εν λόγω έρευνα, να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο διαχείρισης των αποβλήτων προσφέροντας μία σειρά ωφελειών.

Η χρήση του αλγορίθμου Maximize Capacitated Coverage, δίνει τη δυνατότητα χωροθέτησης κι επιλογής των κατάλληλων σημείων εξυπηρέτησης με οριοθέτησης της χωρητικότητας ενός ή περισσότερων μεγεθών εξυπηρέτησης (πληθυσμό, όγκο, μάζα κλπ), σε μία μέγιστη διανυόμενη απόσταση από το σημείο ζήτησης στο σημείο εξυπηρέτησης.

Μέσω της ελαχιστοποίησης των διανυόμενων αποστάσεων από τα οχήματα και την ελαχιστοποίηση του χρόνου αποκομιδής επιτυγχάνεται η μείωση του κόστους των προσφερόμενων υπηρεσιών. Ένας πολύ σημαντικός τομέας, που θα πρέπει παράλληλα να λαμβάνεται υπόψη στη λήψη αποφάσεων είναι η βελτίωση της ποιότητας ζωής και η ποιότητα και η επάρκεια των προσφερόμενων υπηρεσιών.

Αναλύοντας την υφιστάμενη κατάσταση, αποδείχθηκε ότι έστω και μετά από 8 έτη από τη λειτουργία του κεντρικού δικτύου κάδων συλλογής ΑΣΑ, ούτε η χωροθέτηση ούτε τα δρομολόγια έχουν σχεδιαστεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Λαμβάνοντας υπόψη ως μετρικά, τη μέγιστη και τη μέση διανυόμενη απόσταση των ατόμων προς το σημείο εξυπηρέτησης (κάδο), το ποσοστό των ατόμων που καλύπτονται από τα σημεία ζήτησης, καθώς και την ημερήσια διανυόμενη απόσταση του στόλου των απορριμματοφόρων και το χρόνο ημερήσιας αποκομιδής, μπορούν να διεξαχθούν ασφαλή αποτελέσματα ως προς τη βελτίωση του συνόλου του σχεδιασμού αποκομιδής.

Μέσα από την εν λόγω έρευνα προτείνονται δύο λύσεις ανά περίπτωση, οι οποίες αποτελούν καλύτερες από άποψη χρόνου αποκομιδής, διανυόμενης απόστασης οχημάτων, διανυόμενης απόστασης προς τον κάδο /κάτοικο και ποσοστό κάλυψης εξυπηρέτησης της ζήτησης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι με την εφαρμογή των μοντέλων χωρικής ανάλυσης επετεύχθη σημαντική μείωση τόσο στο χρόνο αποκομιδής όσο και στη διανυόμενη απόσταση, που πραγματοποιούν τα οχήματα καθημερινά. Ιδιαίτερα σημαντική κρίνεται η αύξηση της κάλυψης εξυπηρέτησης από την επαναχωροθέτηση των κάδων, ενώ το σημαντικότερο όλων είναι το γεγονός ότι μειώνονται στο μισό τα απαιτούμενα εβδομαδιαία δρομολόγια (4 από 8 στο σύνολο), αφού με το σωστό σχεδιασμό, η αποκομιδή τόσο των σύμμεικτων όσο και των ανακυκλώσιμων ΑΣΑ πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια εργασίας μίας ημέρας.

Για την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων, χρησιμοποιήθηκε η πιο λεπτομερής βαθμίδα των δεδομένων στον πληθυσμό (λόγω ευαίσθητων προσωπικών δεδομένων είναι ανά οικοδομικό τετράγωνο). Ένα σημείο στο οποίο θα μπορούσε να βελτιωθεί η εν λόγω έρευνα είναι στη λεπτομέρεια της κατανομής του πληθυσμού. Ένα άλλο σημείο, που δεν εξετάζεται, είναι η δημιουργία ζωνών αποκομιδής και κυρίως της περιοχής, που ασκείται η εμπορική δραστηριότητα του οικισμού του Αλμυρού. Αυτό έγινε σκόπιμα, διότι οι επιχειρήσεις, εξυπηρετούνται από αυτόνομο δίκτυο κάδων, το οποίο έχει τοποθετηθεί ατομικά σε ιδιωτικούς χώρους των επιχειρήσεων (σύνολο 50 κάδοι- 15 σύμμεικτων , 35 ανακυκλώσιμων) και αποκομίζεται από επιπλέον δρομολόγιο τρεις φορές την εβδομάδα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
2. Μουσιόπουλος, Καραγιαννίδης (2002), Σημειώσεις στο μάθημα ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
3. Ντυκέν, Κρομυδάκης Η ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ-ΜΟΝΙΜΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΧΩΡΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ: ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ, 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Χωροταξίας,
4. Παληός Λ., (2005), Σημειώσεις του Μαθήματος Υπολογιστικής Γεωμετρίας του Τμήματος Η/Υ και Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
5. Πραβιώτη Σ., Σταθάκης Δ., 2013, 1ο Συνέδριο Χωρικής Ανάλυσης: Πρακτικά, Αθήνα, 2013, Σ. Καλογήρου (Επ.) ISBN: 978-960-86818-6-6
6. ΤΟΠΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΔΗΜΟΥ ΑΛΜΥΡΟΥ
7. Current J.R., & Storbeck G.E., (1988), Environment and Planning B: Planning and Design, 1988, volume 15, pages 153-163
8. Daniel Hoornweg and Perinaz Bhada-Tata, March 2012, No. 15, WHAT A WASTE A Global Review of Solid Waste Management, “The world bank”
9. Dantrakul S., et al, *Applied p-median and p-center algorithms for facility location problems*, Expert Systems with Applications 41 (2014) 3596–3604
10. Daskin M., *Network and Discrete Location, models, algorithms, and applications*, Wiley 2013, 2nd edition, p. 20-22
11. Development of best management systems for high priority waste streams in Cyprus, LIFE Third Countries Project Number LIFE03 TCY/CY/000018, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2005
12. Drezner Z., Hamacher, 2002, *Facility Location, Application and Theory*, Springer, p132-135
13. Eiselt, Carl-Louis Sandblom, (2004), *Decision Analysis, Location Models, and Scheduling Problems*, Sprieger
14. Fotheringham S., Wegener M., 2000 *Spatial model and GIS, New potential and New Models*, (published by Taylor and Francis) p. 3-11

15. Gallardo, M. Carlos ↑, M. Peris, F.J. Colomer, (2015) Methodology to design a municipal solid waste pre-collection system. A case study, Elsevier, Waste Management 36 (2015) 1–11.
16. Gavrilova, Marina L. (Ed.), (2008), Generalized Voronoi Diagram: A Geometry-Based Approach to Computational Intelligence , pp. 3-10 Studies in Computational Intelligence , Springer- Verlag Berlin Heidelberg 2009
17. Hoornweg D. and Perinaz Bhada-Tata, March 2012, No. 15, WHAT A WASTE A Global Review of Solid Waste Management, “The world bank”
18. Karadimas, N. V., Doukas, N., Kolokathi, M., & Defteraiou, G. (2008, December) Routing Optimization Heuristics Algorithms for Urban Solid Waste Transportation Management. WSEAS Transactions on Computers, 7(12), 2022-2031.
19. Laporte G., Nickel S., Saldanha de Gama F., *Facility Location, 2015, Sprienger,*
20. Malakahmad A. et al, 2013, *Solid waste collection routes optimization via GIS techniques in Ipoh city, Malaysia, Procedia Engineering 77 (2014) 20 – 27.*
21. Rada E.C., et al, 2013, Web-GIS oriented systems viability for municipal solid waste selective collection optimization in developed and transient economies, Elsevier, Waste Management 33 (2013) 785–792
22. Rada, E.C., Grigoriu, M., Ragazzi, M., Fedrizzi, P., 2010a. Web oriented technologies and equipments for MSW collection. In: Proceedings of International Conference “Risk Management, Assessment and Mitigation”, Bucharest, Romania, pp. 150–153.
23. Reza Zanjirani Farahani, Masoud Hekmatfa, 2009, Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Studies r, p. 93-103, Springer- Verlang Berlin Heidelberg.
24. San Cristóbal Mateo J. R., Multi-Criteria Analysis in the Renewable Energy Industry, 7 Green Energy and Technology, DOI: 10.1007/978-1-4471-2346-0_2, © Springer-Verlag London Limited 2012
25. Snyder L., Legigh University, (201,,,) Foundations of Location Analysis, H. A. Eiselt and V. Marianov (eds.), Springer
26. Wyld C. David, 2010, TAKING OUT THE TRASH (AND THE RECYCLABLES): RFID AND THE HANDLING OF MUNICIPAL SOLID WASTE, International Journal Of Software Engineering & Applications (IJSEA), Vol 1, Num 1.