

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VEHICLE ROUTING PROBLEM)	3
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.2 ΒΑΣΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ.	3
1.3 ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VRP).	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	9
ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ (TSP), ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VRP) ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥΣ	9
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
2.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ	9
2.3 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ ΜΕ ΠΑΡΑΛΑΒΕΣ	12
2.4 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.	12
2.5 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΚΕΝΤΡΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ.	13
2.6 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΜΕ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΧΡΟΝΟΥ ΚΑΙ ΚΟΣΤΗ ΑΝΑΜΟΝΗΣ	14
2.7 ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ ΜΕ ΕΝΑ ΧΡΟΝΙΚΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΣΤΑ ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΧΡΟΝΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ.	16
2.8 ΕΝΑΣ ΕΥΡΕΤΙΚΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟ ΚΑΙ ΤΟ ΑΣΥΜΜΕΤΡΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΑΡΑΛΑΒΕΣ.	17
2.9 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΕΙΣ ΚΙΒΩΤΙΩΝ (BIN PACKING)	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	20
ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ Α.Ε.	20
3.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ Α.Ε.	20
3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ Α.Ε.	22
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ - ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	23
3.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΛΑΤΟΛΟΓΙΟΥ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ Α.Ε. ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΩΝ ΔΙΑΝΟΜΩΝ.	23

3.4	ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΠΑΡΑΛΑΒΩΝ _____	24
3.5	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΦΟΡΤΗΓΩΝ _____	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 _____		27
ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ _____		27
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ _____	27
4.2	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ _____	27
4.3	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ _____	29
4.4	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ _____	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 _____		32
ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ		
ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VEHICLE ROUTING		
PROBLEM) _____		32
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ _____	32
5.2	ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ _____	32
5.3	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ _____	33
5.4	ΜΟΝΤΕΛΟ LINGO _____	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VEHICLE ROUTING PROBLEM)

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

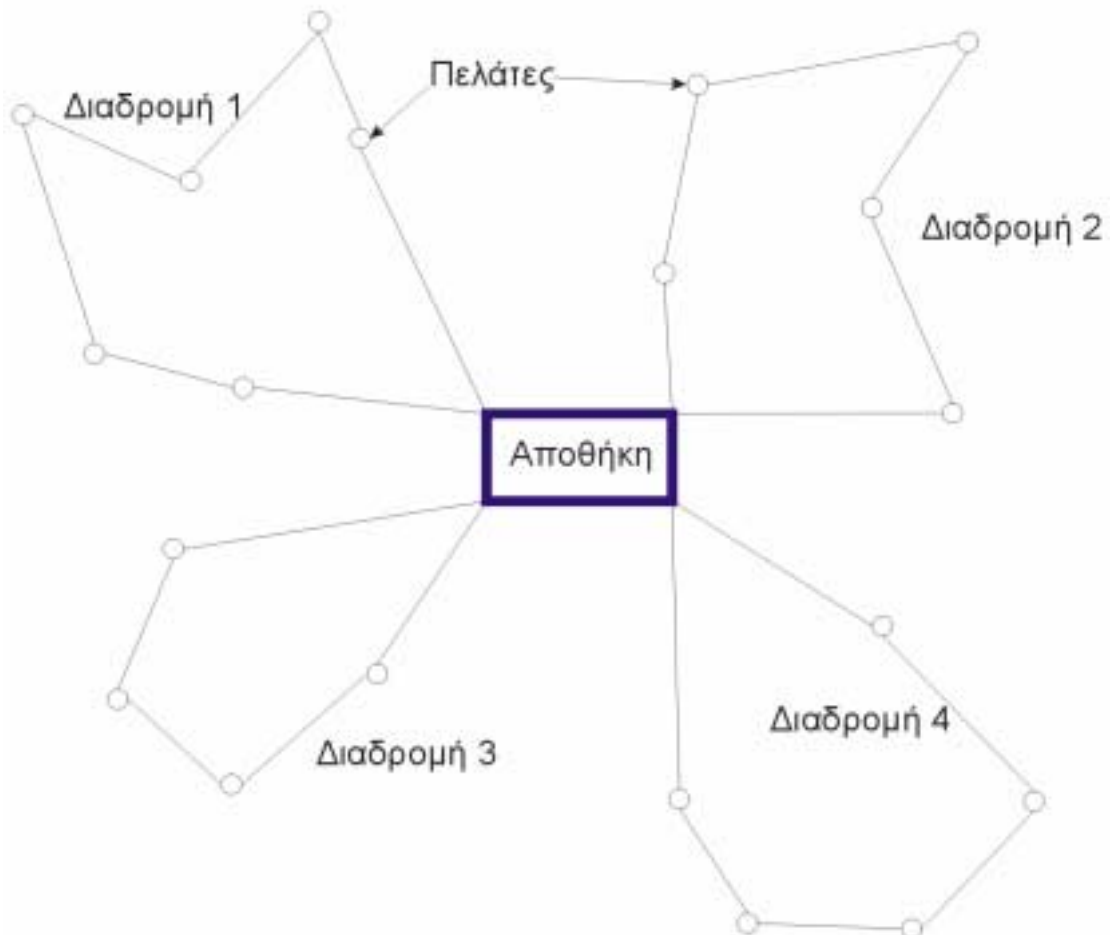
Για την γενική περιγραφή του θέματος με το οποίο θα ασχοληθεί αυτή η διπλωματική εργασία θεωρούμε ένα βασικό πρόβλημα διανομής. Σε αυτό το πρόβλημα απαιτείται από ένα σύνολο οχημάτων, που είναι βασισμένα σε ένα ή περισσότερα κέντρα διανομής, να επισκεφτούν μέσα σε δεδομένο χρόνο πελάτες που είναι σε διαφορετικά σημεία. Σκοπός των οχημάτων είναι η διανομή των προϊόντων και η ικανοποίηση της ζήτησης των πελατών. Το συγκεκριμένο πρόβλημα εμφανίζεται σε ένα πολύ μεγάλο αριθμό πραγματικών περιπτώσεων που αφορούν την διανομή αγαθών και προσδιορίζεται γενικώς ως το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων (Vehicle Routing Problem VRP) ή (Vehicle Scheduling Problem) ή και ακόμη απλά σαν Πρόβλημα Διανομής (Delivery Problem). Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί εύκολα να συσχετιστεί και με το Πρόβλημα του Πλανόδιου Πωλητή (Traveling Salesman Problem).

Επειδή ο αριθμός των περιπτώσεων που υπάρχουν στο Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων (VRP) είναι πολύ μεγάλος θα γίνει μια παρουσίαση του βασικού θεωρητικού προβλήματος και στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι προεκτάσεις του με στόχο να καλυφθούν όσο το δυνατόν περισσότερο οι καταστάσεις που περιέχει το πρόβλημα που θα μελετηθεί σε αυτή τη διπλωματική.

1.2 ΒΑΣΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ.

Το βασικό Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων είναι πολύ εύκολο να διατυπωθεί. Μας δίνονται οι πελάτες που είναι $i=2,3,4,\dots,n$ ενώ $i=1$ είναι η κεντρική αποθήκη ή αλλιώς το κέντρο διανομής. Ο πελάτης i έχει ζήτηση q_i σε

ποσότητα προϊόντων, το κόστος μετάβασης μεταξύ δύο πελατών i και j ορίζεται ως c_{ij} . Εάν έχουμε k οχήματα που εκτελούν τις μεταφορές τότε η χωρητικότητα του οχήματος k είναι Q_k . Υποθέτουμε ότι όλοι οι πελάτες και τα οχήματα θα εξυπηρετούν με φθίνουσα σειρά τα q_i και Q_k .



Σχήμα 1.1

Οπότε σύμφωνα με τα παραπάνω το βασικό Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων είναι να δρομολογηθούν τα οχήματα με τέτοιον τρόπο ώστε όλοι οι πελάτες να προμηθεύονται την συνολική ποσότητα που απαιτούν και ταυτόχρονα να ελαχιστοποιείτε το συνολικό κόστος. Χρειάζεται όμως να σημειωθεί ότι θα πρέπει να αντιστοιχεί μια διαδρομή για κάθε όχημα που να ξεκινάει και να καταλήγει στην κεντρική αποθήκη (σχήμα 1.1).

Το βασικό Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων αγνοεί πάρα πολλούς περιορισμούς και προεκτάσεις που πολύ συχνά συναντώνται σε πραγματικά προβλήματα.

Προβλήματα που συναντώνται στην πραγματικότητα είναι τα παρακάτω:

- Υπάρχει περίπτωση στην οποία το κάθε όχημα μπορεί να κάνει περισσότερες από μια διαδρομές, με δεδομένο ότι ο συνολικός χρόνος που ξοδεύτηκε σ' αυτές τις διαδρομές είναι λιγότερος από το χρόνο T (ο οποίος σχετίζεται με την περίοδο λειτουργίας). Ένας τέτοιος περιορισμός απαιτεί γνώσεις του χρόνου ταξιδιού, (και μεταξύ κάθε ζευγαριού πελατών).
- Κάθε πελάτης θα πρέπει να δεχτεί επίσκεψη μόνο σε δεδομένο χρονικό 'παράθυρο' (time window), δηλαδή για παράδειγμα κατά την διάρκεια των ωρών εργασίας ή του ωραρίου καταστημάτων.
- Το πρόβλημα μπορεί να εμπεριέχει ταυτόχρονα και διανομές και παραλαβές. Επιπρόσθετα, μπορεί να αναμιγνύει διανομές και παραλαβές σε μια μόνο διαδρομή ενός οχήματος, ή εναλλακτικά, μπορεί να προϋποθέτει πρώτα την εκτέλεση των διανομών σε μια διαδρομή πριν γίνει οποιαδήποτε παραλαβή. Η τελευταία περίπτωση αναφέρεται συχνά σαν backhauling.
- Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση εκτός από τούς πελάτες είναι πιθανόν και τα οχήματα (πιο συγκεκριμένα οι οδηγοί τους), να έχουν χρονικά 'παράθυρα' (time windows), δηλαδή ωράριο των οδηγών ή περιορισμούς στην κυκλοφορία των οχημάτων. Οπότε τα οχήματα θα εργάζονται στην τομή των δύο χρονικών 'παραθύρων'.
- Κάτι που πρέπει επίσης να ληφθεί υπ' όψη είναι οι άλλες δραστηριότητες κατανάλωσης χρόνου, οι οποίες υπολογίζονται επιπλέον στον χρόνο ταξιδιού του οχήματος. Τέτοιοι χρόνοι είναι αυτοί που χρειάζεται ένα όχημα να φορτωθεί ή να ξεφορτωθεί, ακόμη και η αναμονή στο κέντρο διανομής για την φόρτωση.

Παρόλο που οι παραπάνω περιορισμοί και προεκτάσεις είναι λίγοι σε σχέση με αυτά που πραγματικά συναντάμε στα προβλήματα δρομολόγησης το βασικό

Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων δεν αλλάζει ουσιαστικά την φύση του. Εάν χρησιμοποιήσουμε υβριδικές μεθόδους μπορούμε να προσαρμόσουμε κατάλληλα τις περιπτώσεις που θα συναντήσουμε στο βασικό Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων.

1.3 ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VRP).

1.3.1 ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΚΕΝΤΡΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ (ΑΠΟΘΗΚΕΣ)

Σε εταιρίες με πολλαπλά κέντρα διανομής (αποθήκες) συναντάτε πολύ συχνά το φαινόμενο το καθένα από αυτά να είναι αυτόνομο, δηλαδή εξυπηρετείτε από το δικό του στόλο οχημάτων και εξυπηρετεί το δικό του γεωγραφικό χώρο πελατών. Σε περιπτώσεις σαν και αυτή η εταιρεία αντιμετωπίζει το πρόβλημα σαν πρόβλημα πολλών μεμονωμένων Προβλημάτων Δρομολόγησης Οχημάτων.

Σε άλλες περιπτώσεις τα οχήματα μπορεί να ξεκινούν από ένα κέντρο διανομής και να καταλήγουν σε άλλο για να φορτώσουν ξανά πιθανώς και να συνεχίσουν την διανομή.

1.3.2 ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΠΕΛΑΤΩΝ

Ο χρόνος ο οποίος χρειάζεται για να εξυπηρετηθούν οι πελάτες είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους σε Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων (VRP) και αποτελεί μέτρο του επιπέδου εξυπηρέτησης. Εφόσον η παραγγελία του πελάτη είναι μια δυναμική, μη περιοδική διαδικασία, οποιαδήποτε προσπάθεια ορισμού του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων για μια δοσμένη χρονική περίοδο πρέπει να είναι μια προσέγγιση μιας αυθαιρέτως επιβαλλόμενης παραγγελίας. Τέτοιες προσεγγίσεις είναι οι επόμενες:

- i. *Τυπική περίοδος.* Θεωρούμε την περίπτωση όπου οι πελάτες είναι συγκεκριμένοι και οι απαιτήσεις τους υποτίθεται τυπικές σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Ένας πελάτης αναμένετε να παραγγείλει μια φορά κάθε t μέρες, απαιτείται να δεχτεί επίσκεψη T/t φορές κατά την περίοδο των T ημερών και αυτές οι επισκέψεις να είναι $t \pm \epsilon$ μεταξύ τους, για μικρές τιμές του ϵ . Οι καθορισμένες διαδρομές που προκύπτουν από τη λύση του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων συχνά γνωστοποιούνται και έτσι ο κάθε πελάτης γνωρίζει πότε θα πρέπει να περιμένει διανομές.
- ii. *Διακεκομμένου χρόνου (cut-off time).* Παραγγελίες που γίνονται τις προηγούμενες T μέρες, διανέμονται στις επόμενες T μέρες. Το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων για μια περίοδο T -ημερών είναι τότε απολύτως καθορισμένο. Ωστόσο, με ένα τέτοιο σύστημα, παραγγελίες που παραλαμβάνονται κατά την διάρκεια της τρέχουσας περιόδου T -ημέρας και οι οποίες μπορεί ή έπρεπε να διανεμηθούν στην τρέχουσα περίοδο, αγνοούνται μέχρι την επόμενη. Άρα θα διαπιστωθεί πρόβλημα ως προς την εφικτότητα της εκτέλεσης ορισμένων παραγγελιών σε ορισμένες περιόδους.
- iii. *Αργά μετακινούμενες προτεραιότητες πελατών.* Μια συχνά χρησιμοποιούμενη εναλλακτική για τον ορισμό περιόδου, όπως στις δυο προηγούμενες περιπτώσεις, είναι να τεθεί μια προτεραιότητα σε κάθε πελάτη σύμφωνα με τον χρόνο που υπολείπεται μέχρι την ημερομηνία που πρέπει να δεχθεί ο πελάτης την επίσκεψη (έστω T μέρες μετά την επιβεβαίωση της παραγγελίας). Όσο λιγότερος χρόνος απομένει τόσο υψηλότερη είναι η προτεραιότητα που έχει ο πελάτης. Για οποιαδήποτε ώρα το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων τότε θα επελέγη και μια πολύπλοκη αντικειμενική συνάρτηση με τα κόστη δρομολόγησης αλλά και των προτεραιοτήτων των πελατών, σε μια προσπάθεια να συντηρηθεί η εξυπηρέτηση των πελατών μέσα σε T -ημέρες μέγιστης καθυστέρησης.

1.3.3 ΠΟΛΛΑΠΛΟΤΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Σε ορισμένα Προβλήματα Δρομολόγησης τα οχήματα διαχωρίζονται σε τμήματα και έτσι διαφορετικά προϊόντα αποθηκεύονται σε ξεχωριστά τμήματα. Τέτοια προβλήματα εμφανίζονται σε διανομές καυσίμων, κατεψυγμένων ή μη τροφίμων κτλ. και αφορούν προβλήματα τοποθέτησης κιβωτίων (bin-packing).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ (TSP), ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VRP) ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

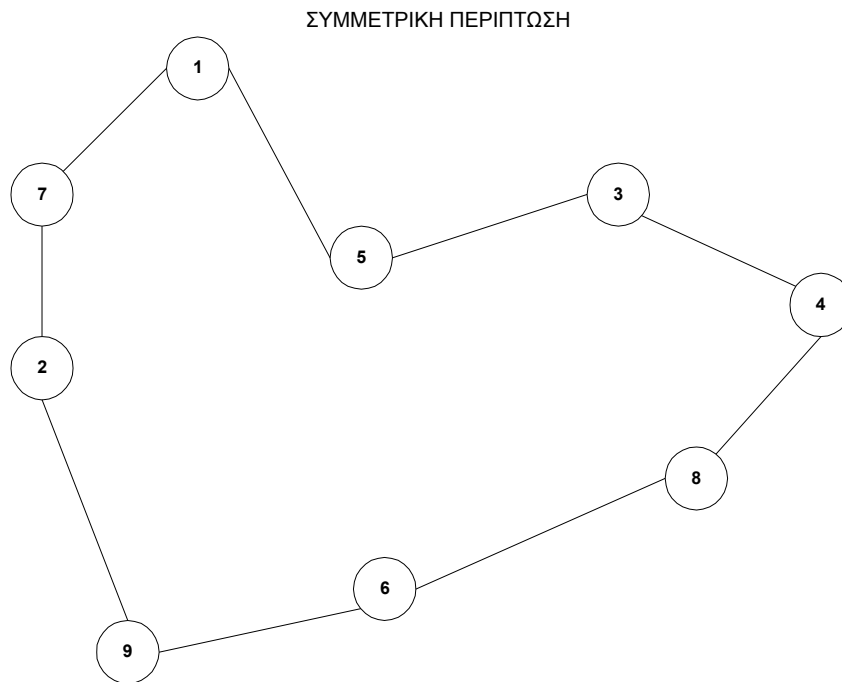
Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι να παρουσιάσει την έρευνα που έχει γίνει γύρω από το πρόβλημα το οποίο προσπαθεί να επιλύσει αυτή η διπλωματική, δηλαδή του Προβλήματος του Περιπλανώμενου Πωλητή και του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων. Παράλληλα θα δοθούν και ορισμένες μαθηματικές διατυπώσεις που έχουν παρουσιαστεί σε διάφορες επιστημονικές δημοσιεύσεις.

2.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ

Το Πρόβλημα του Περιπλανώμενου Πωλητή (TSP) μπορεί να διατυπωθεί όπως παρακάτω. Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι έχουμε N πόλεις, εάν ένας πωλητής ξεκινάει από την πόλη η οποία είναι η έδρα του για να επισκεφτεί κάθε πόλη ακριβώς μια φορά και μετά να επιστρέψει πίσω, έτσι πρέπει να βρεθεί η σειρά της περιοδείας με τέτοιο τρόπο ώστε η συνολική απόσταση που διανύει να είναι η ελάχιστη. Το Πρόβλημα του Περιπλανώμενου Πωλητή (TSP) είναι ένα κλασσικό NP -ολοκληρωμένο πρόβλημα το οποίο έχει πάρα πολύ μεγάλα περιθώρια έρευνας και είναι πολύ δύσκολο να επιλυθεί. Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για τη λύση του και έχουν χρησιμοποιηθεί και ακριβείς και ευρετικές – ή πιθανοτήτων – μέθοδοι.

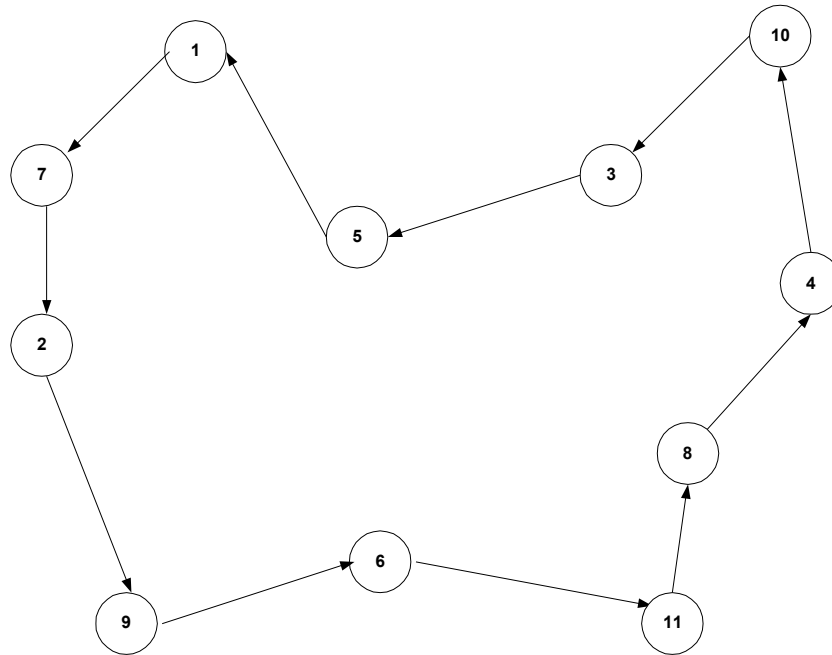
Για να λυθεί το πρόβλημα θα πρέπει να ανατεθεί στον πωλητή ένα δρομολόγιο το οποίο θα ελαχιστοποιεί την συνολική διανυόμενη απόσταση με στόχο την συμπλήρωση του κύκλου επισκέψεων. Θεωρείτε γνωστή η απόσταση από την μια πόλη στην άλλη και αυτό ισχύει για όλα τα ζεύγη των πόλεων. Είναι απαραίτητο επίσης να σημειωθεί ότι η απόσταση από την πόλη i στην πόλη j

πρέπει η ίδια με την απόσταση από την j στην i πόλη. Αυτές οι δυο αποστάσεις μπορούν να διαφέρουν όταν για παράδειγμα υπάρχουν μονοδρομήσεις σε κάποια πόλη. Όταν οι αποστάσεις για τα ζευγάρια i,j είναι οι ίδιες τότε το Πρόβλημα του Περιπλανώμενου Πωλητή είναι συμμετρικό (σχήμα 2.1), αλλιώς ασύμμετρο (σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.1

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ



Σχήμα 2.2

Η μαθηματική διατύπωση για το Πρόβλημα του Περιπλανώμενου Πωλητή είναι σύμφωνα με τον ακέραιο προγραμματισμό η παρακάτω:

n : ο αριθμός των πόλεων

c_{ij} : το κόστος του ταξιδιού από την πόλη i στην πόλη j

$$X_{ij}^k = \begin{cases} 1 & \text{εάν ο πωλητής μεταβαίνει από την πόλη } i \text{ στην πόλη } j \\ 0 & \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

Επειδή από την πόλη i θα πρέπει να φύγει ακριβώς μια φορά,

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Επίσης, επειδή την κάθε πόλη j θα πρέπει να επισκεφτεί ακριβώς μια φορά,

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Η αντικειμενική συνάρτηση για καθένα δοσμένο κύκλο που καθορίζεται είναι

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} X_{ij} .$$

2.3 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ ΜΕ ΠΑΡΑΛΑΒΕΣ

Το Πρόβλημα του Περιπλανώμενου Πωλητή με Παραλαβές (Traveling Salesman Problem with Backhauls) είναι ένα πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με τη χρησιμοποίηση ενός οχήματος στο οποίο οι πελάτες χωρίζονται σε προμηθευόμενους (linehaul customers) και προμηθευτές (backhauls customers). Θα πρέπει να σχεδιαστεί η διαδρομή ελάχιστου κόστους, η οποία ξεκινάει από την διανομή στους προμηθευόμενους πελάτες και έπειτα συνεχίζει με τις παραλαβές από τους προμηθευτές. Αυτός είναι ο τρόπος με τον οποίο κανονίζεται το πρόβλημα των διάφορων διανομών και παραλαβών. Χρησιμοποιώντας εργαλεία τα οποία έχουν ήδη αναπτυχθεί για το Πρόβλημα του Περιπλανώμενου Πωλητή μπορούμε να αναπτύξουμε μια σχεδόν-βέλτιστη ευρετική μέθοδο για το Πρόβλημα του Περιπλανώμενου Πωλητή με Παραλαβές.

2.4 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.

Στην απλούστερη του μορφή το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων που αναλύσαμε διεξοδικά στο πρώτο κεφάλαιο μπορεί να αποδοθεί κάνοντας τις παρακάτω υποθέσεις. Ο στόλος των οχημάτων που θα εκτελούν τις διαδρομές θα είναι ομοιογενής και δεν θα έχουμε περιορισμούς με χρονικά παράθυρα.

Έτσι θα έχουμε την παρακάτω μαθηματική διατύπωση.

Αντικειμενική συνάρτηση προς ελαχιστοποίηση

$$\text{Min} \sum_v \sum_{ij} c_{ij} x_{ij}^v$$

Υπό τους περιορισμούς

$$\sum_{ij} d_i x_{ij}^v \leq K \quad \forall v = 1, 2, \dots, M$$

$$X = [x_{ij}^v] \in S^*$$

Όπου c_{ij} είναι η απόσταση που διανύουν τα οχήματα ή το κόστος του ταξιδιού από το i στο j

$$x_{ij}^v = \begin{cases} 1 & \text{εάν } i \text{ και } j \text{ ενώνονται στη διαδρομή } v \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

d_i = η ζήτηση στο σημείο i

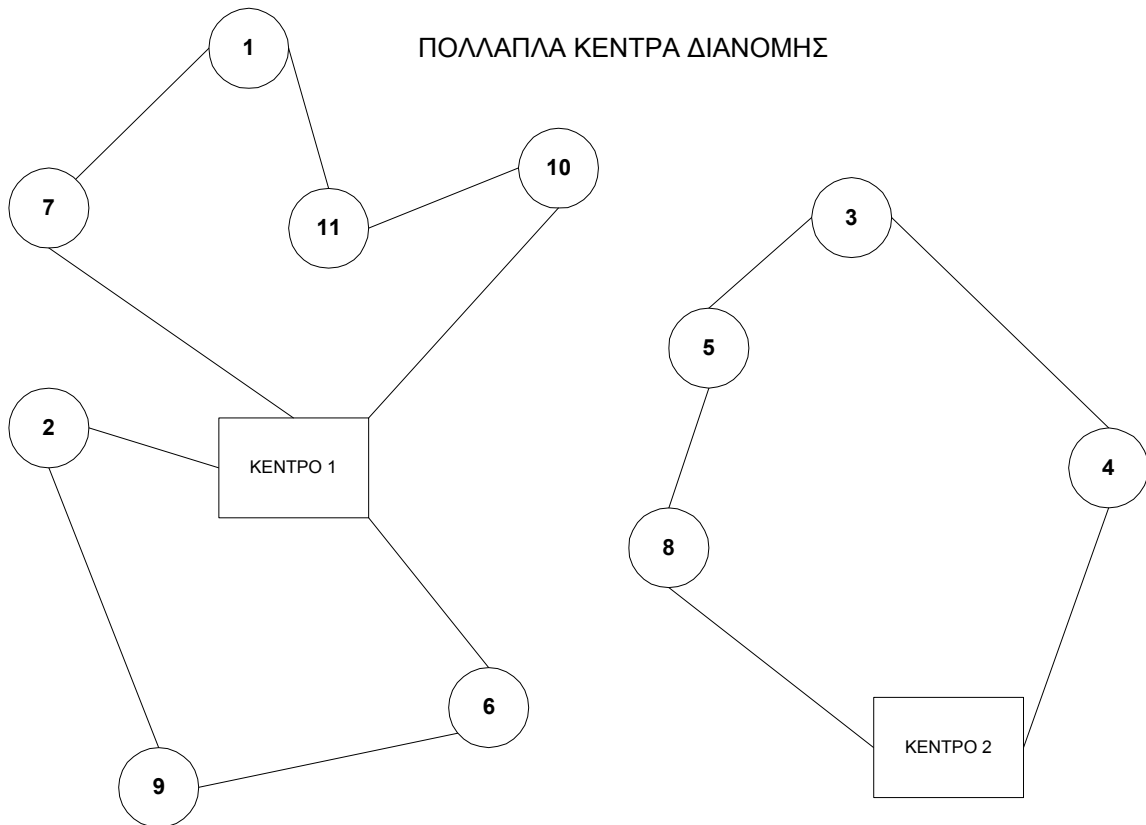
K = η χωρητικότητα του οχήματος

M = το σύνολο των οχημάτων

S^* = το σετ όλων των M λύσεων του περιπλανώμενου πωλητή.

2.5 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΚΕΝΤΡΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ.

Στο Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Πολλαπλά Κέντρα Διανομής (σχήμα 2.3) έχουμε την γενίκευση του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων που έχουμε δει στο πρώτο κεφάλαιο. Σε αυτό το πρόβλημα ο στόλος των οχημάτων πρέπει να εξυπηρετεί D κέντρα διανομής αντί για ένα όλοι οι άλλοι περιορισμοί που ισχύουν στο γενικό Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων ισχύουν κανονικά. Θα πρέπει όμως να προσθέσουμε ότι το κάθε όχημα θα ξεκινάει και θα τελειώνει την διαδρομή του στο ίδιο κέντρο διανομής – αποθήκη.



Σχήμα 2.3

2.6 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΜΕ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΧΡΟΝΟΥ ΚΑΙ ΚΟΣΤΗ ΑΝΑΜΟΝΗΣ

Για την καλύτερη προσέγγιση της πραγματικότητας, η οποία θα δώσει μεγαλύτερου βαθμού ανάλυση του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων χρησιμοποιούνται Προβλήματα Δρομολόγησης Οχημάτων πολλαπλών κέντρων διανομής με παράθυρα χρόνου και κόστη αναμονής.

Λαμβάνοντας υπόψη έναν στόλο των οχημάτων τοποθετημένων σε διάφορα κέντρα διανομής (αποθήκες) και ένα σύνολο ενεργειών που ολοκληρώνονται μέσα στο αντίστοιχο ορισμένο χρονικό παράθυρό τους, ο στόχος είναι και το ελάχιστο πρόγραμμα δαπανών του στόλου για την εκτέλεση όλων των στόχων. Ένα πρόγραμμα οχημάτων ορίζεται ως μια ακολουθία στόχων που πρέπει να εκτελέσει, και ένα εφικτό πρόγραμμα πρέπει να αρχίσει και να

τελειώσει στην ίδια αποθήκη. Κάθε ενέργεια ή διαδρομή καθορίζεται από μια αρχική και μια τελική θέση που βρίσκονται στο ίδιο κέντρο διανομής ή αποθήκη, μια διάρκεια μπορεί να περιλάβει τους χρόνους φόρτωσης, εκφόρτωσης και ταξιδιού καθώς επίσης και οποιοδήποτε μη απασχόλησης χρόνο που μπορούν να εμφανιστούν μεταξύ της φόρτωσης και της εκφόρτωσης, και ένα χρονικό παράθυρο που δηλώνει όταν πρέπει να αρχίσει η υπηρεσία. Η δομή δαπανών του προβλήματος είναι ευδιαχώριστη με το όχημα και εξαρτάται από σταθερές δαπάνες του, την συνολική απόσταση που καλύπτεται, τους χρόνους ταξιδιού και το χρόνο αναμονής μεταξύ των διαδοχικών ενεργειών. Στις εφαρμογές προβλημάτων δρομολόγησης, τα κόστη αναμονής αποτελούν το μισθό των οδηγών όταν είναι μη απασχολήσιμοι ή για το ενοίκιο των οχημάτων όταν νοικιάζονται με την ώρα και δεν χρησιμοποιούνται. Μπορούν επίσης να προκύψουν σε άλλα πλαίσια όπως οι επισκευές που σχεδιάζονται στις μεγάλες επιχειρήσεις δημόσιων υπηρεσιών (ηλεκτρική ενέργεια, τηλεφωνική υπηρεσία...) όπου οι επισκευές πρέπει να οριστούν στους πελάτες των οποίων υπηρεσία χρειάζεται την επιθεώρηση ή τις επισκευές. Τα κόστη αναμονής είναι σημαντικά στη πραγματική ζωή και ευρέως διαδεδομένα.

Όταν όλα τα χρονικά παράθυρα αντιπροσωπεύουν ένα ενιαίο χρονικό σημείο (καλούμενο η περίπτωση όχι χρονικών παραθύρων), το κόστος που αναλαμβάνεται για την αναμονή μεταξύ οποιωνδήποτε δύο διαδοχικών πελατών (στόχων) μπορεί εύκολα να υπολογιστεί δεδομένου ότι η έναρξη του χρόνου υπηρεσιών είναι γνωστή για κάθε ενέργεια. Ένα τέτοιο κόστος αναμονής μπορεί έπειτα να προστεθεί στο κόστος του ταξιδιού μεταξύ των αντίστοιχων δύο ενεργειών και να παραχθεί ένα γενικό κόστος. Αφ' ετέρου, όταν επιτρέπουν τα χρονικά παράθυρα κάποια ελαστικότητα, η έναρξη του χρόνου υπηρεσιών κάθε ενέργειας δεν είναι γνωστή a priori επομένως, τα κόστη αναμονής δεν μπορούν να οριστούν ως εισαγωγή στη διαδικασία βελτιστοποίησης. Σε αυτήν την περίπτωση, για να απλοποιησει το πρόβλημα, κάποιος μπορεί να προσεγγίσει τον χρόνο αναμονής μεταξύ οποιωνδήποτε δύο διαδοχικών ενεργειών μέχρι τον ελάχιστο χρόνο αναμονής μεταξύ αυτών των ενεργειών να ληφθεί μια δομή δαπανών παρόμοια με αυτόν της περίπτωσης χωρίς χρονικά παράθυρα. Το MDVSPTW μπορεί να εξεταστεί και

με τους δύο τύπους δομών δαπανών (δηλ., με και χωρίς γνωστές a priori κόστη αναμονής) και αναλύει τον αντίκτυπο της προσέγγισης ακριβώς για τα κόστη αναμονής και τα ελάχιστα.

2.7 ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ ΜΕ ΕΝΑ ΧΡΟΝΙΚΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΣΤΑ ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΧΡΟΝΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ.

Το Πρόβλημα του Περιπλανώμενου Πωλητή με πολλαπλά χρονικά παράθυρα (TSPMTW) είναι ένα δύσκολο πρόβλημα πάνω στο οποίο πολύ λίγα έχουν εκδοθεί μέχρι τώρα. Θεωρήστε μια εκδοχή στο πρόβλημα του δρομολογίου οχήματος, στο οποίο ο χρόνος που παίρνει για να κάνει μια παράδοση είναι ανάλογη με το μέγεθος της παράδοσης, και το οποίο επιτρέπει να διαιρεθεί μια παράδοση σε ένα πελάτη με παραπάνω από ένα οχήματα. Οι πελάτες έχουν πολλαπλά χρονικά παράθυρα, ένα η περισσότερα από τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παράδοση. Οι συγγραφείς χρησιμοποιούν μια κατασκευή γνώσης χωρίς κρίση, βασισμένα σε μια δυναμική επείγουσα καταχώρηση των πελατών ακολουθούμενη από μια απλή ανταλλαγή κόμβων βελτίωση στην γνώση χωρίς κρίση. Αναφέρουν υπολογιστικά αποτελέσματα σε προβλήματα όπου ο αριθμός των χρονικών παραθύρων ανά πελάτη είναι το πολύ δύο.

Θεωρήστε μια εφαρμογή διανομής βιομηχανικών αερίων όπου πρέπει να διατηρηθεί ανεφοδιασμός των πελατών σε κατά τόπους δεξαμενές. Το πρόβλημα τους συμπεριλαμβάνει έλεγχο απογραφής, πρόβλεψη ζήτησης, δυναμική ανακατανομή του προγραμματισμού για να περιλαμβάνει επείγουσες παραγγελίες, χωρισμένες παραδώσεις και πολλαπλά χρονικά παράθυρα. Χρησιμοποιούν μια λαγκραζιανή χαλάρωση μιας φόρμουλας συνδυασμένου προγραμματισμού ακέραιου αριθμού για να λύσουν αυτά τα μεγάλα προβλήματα δρομολογίου και προγραμματισμού, μέσα σε μια περίοδο δύο με πέντε ημερών. Στον τομέα του αυτοματοποιημένου κατασκευαστικού συστήματος, δημιούργησε έναν αλγόριθμο της κοντινότερης χρονικής πορείας για αυτόματα οδηγούμενα οχήματα σε ένα δίκτυο από τμήματα ραγών. Κατά την

προσέγγιση τους, οχήματα δρομολογούνται, ένα-ένα και είναι προεπιλεγμένες διαδρομές οι οποίες δεν γίνεται να τις αλλάξουν. Επειδή δύο οχήματα δεν μπορούν παράλληλα να κατέχουν τα ίδια τμήματα ραγών, τα προηγουμένως δρομολογημένα οχήματα καθιστούν ένα χρονικό διάστημα περιορισμού στα τμήματα ραγών τα οποία μοντελοποιούνται σαν πολλαπλά χρονικά παράθυρα για το παρών όχημα.

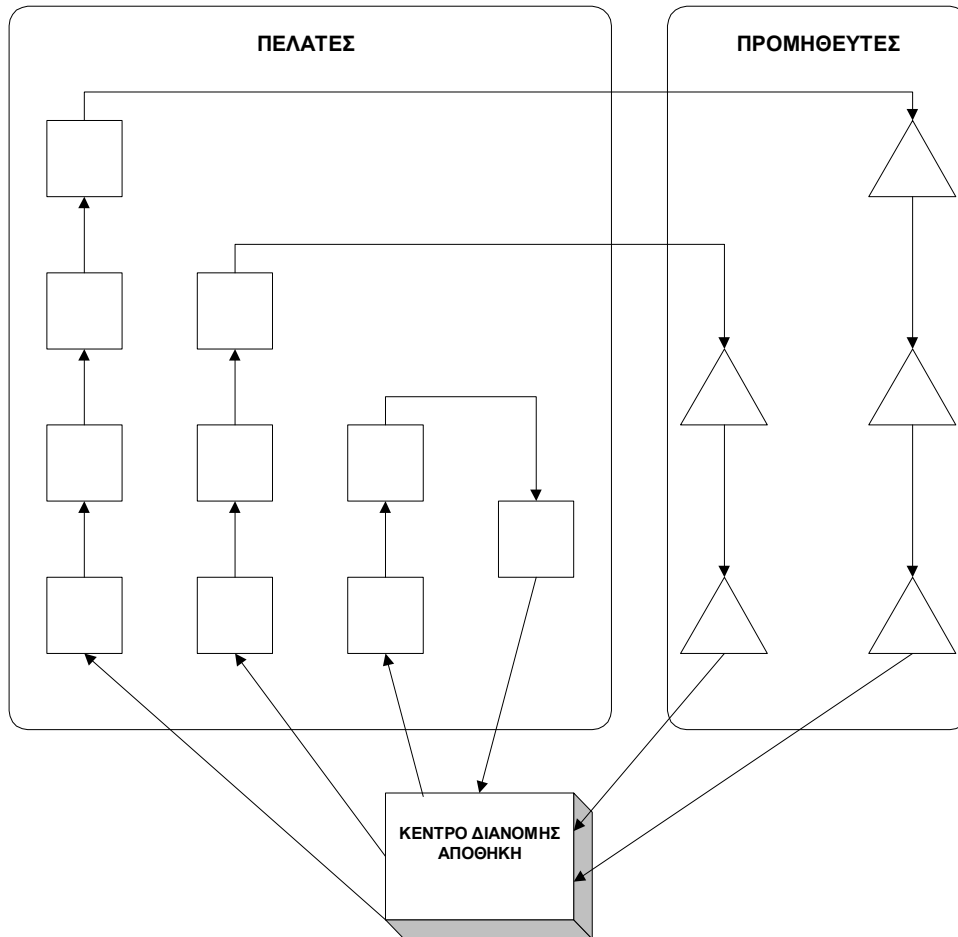
2.8 ΕΝΑΣ ΕΥΡΕΤΙΚΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟ ΚΑΙ ΤΟ ΑΣΥΜΜΕΤΡΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΑΡΑΛΑΒΕΣ.

Θεωρούμε μια επέκταση του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων την γνωστή ως το Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων με παραλαβές. Σε αυτή την περίπτωση όπως είδαμε και στην παράγραφο 2.3 έχουμε τους προμηθευόμενους πελάτες και τους προμηθευτές. Οι προμηθευόμενοι απαιτούν την διανομή μιας ποσότητας προϊόντων από το κέντρο διανομής, ενώ μια ποσότητα προϊόντων θα πρέπει να παραληφθεί από τους προμηθευτές και να μεταφερθεί στο κέντρο διανομής.

Ακόμη πιο συγκεκριμένα το Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων με παραλαβές μπορεί καθοριστεί από ένα σύνολο διαδρομών των οχημάτων που επισκέπτονται όλους τους πελάτες με τρόπο τέτοιο που α) κάθε όχημα πραγματοποιεί μια διαδρομή, β) σε κάθε διαδρομή το συνολικό φορτίο σχετίζεται με τους προμηθευόμενους και τους προμηθευτές και δεν ξεπερνά, ξεχωριστά, την χωρητικότητα του οχήματος (φορτηγού), γ) στην κάθε διαδρομή ο προμηθευτής, εάν υπάρχει κάποιος, θα δεχτεί επίσκεψη μετά τον προμηθευόμενο, δ) η συνολική απόσταση που διανύεται από τα οχήματα ελαχιστοποιείται.

Οι ευρετικοί αλγόριθμοι που μέχρι σήμερα προτάθηκαν για την λύση του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων με παραλαβές είναι επεκτάσεις του κλασσικού VRP. Ο πρώτος αλγόριθμος που παρουσιάστηκε για την λύση του

Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων με παραλαβές ήταν από τους Deif και Bodin το 1984 και αποτελεί μια επέκταση του πολύ γνωστού αλγόριθμου του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων των Clarke και Wright (1964).



Σχήμα 2.4

Στο σχήμα 2.4 παρουσιάζεται μια ανάθεση δρομολογίων σε τρία οχήματα και παρατηρούμε ότι το πρώτο και το δεύτερο εξυπηρετούν πρώτα τους πελάτες και έπειτα παραλαμβάνουν από τους προμηθευτές, ενώ το τρίτο εξυπηρετεί μόνο πελάτες.

2.9 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΕΙΣ ΚΙΒΩΤΙΩΝ (BIN PACKING)

Σε μια κλασική περίπτωση σε δοχεία τα οποία δεν έχουν την ίδια χωρητικότητα, δίνεται μια λίστα $L=(a_1, a_2, \dots, a_n)$ από αντικείμενα προς

αποθήκευση, καθένα από τα οποία έχει μέγεθος $s(\alpha_i) \in (0, 1]$, και ένας αριθμός από διαφορετικά δοχεία B^1, B^2, \dots, B^k με μεγέθη $1 = s(B^1) > s(B^2) > \dots > s(B^k)$. Υπάρχει απεριόριστος αριθμός δοχείων του κάθε μεγέθους. Στόχος είναι να τοποθετηθούν με τέτοιο τρόπο τα δοσμένα αντικείμενα στα δοχεία ώστε να χρησιμοποιηθεί η ελάχιστη δυνατή χωρητικότητα.

Υπάρχουν πολλοί αλγόριθμοι για το κλασσικό πρόβλημα bin packing. τέσσερις όμως είναι οι πιο διαδεδομένοι, που με κάποιες προσαρμογές εφαρμόζονται στα περισσότερα προβλήματα.

- I. Ο Next Fit (NF) τοποθετεί το αντικείμενο στο ανοικτό δοχείο που υπάρχει, αν ταιριάζει, εάν όχι το κλείνει.
- II. Ο First Fit (FF) που είναι βελτίωση του παραπάνω όπου όλα τα δοχεία παραμένουν ανοιχτά μέχρι να τελειώσει η τοποθέτηση και το αντικείμενα τοποθετηθεί εκεί που ταιριάζει καλύτερα.
- III. Ο Next Fit Decreasing (NFD) όπου πριν την τοποθέτηση ταξινομεί τα αντικείμενα έτσι ώστε $s(B_1) > s(B_2) > \dots > s(B_k)$ και στη νέα αυτή λίστα εφαρμόζει Next Fit (NF).
- IV. Ο First Fit Decreasing (FFD) ταξινομεί κατά τον Next Fit Decreasing (NFD) αλλά εφαρμόζει First Fit (FF).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ Α.Ε.

3.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ Α.Ε.

Η εταιρεία ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ Α.Ε. (Kombi) είναι μια επιχείρηση κατασκευής ειδών κεντρικής θέρμανσης, αεροθέρμανσης καθώς και ειδικών μηχανοηλεκτρολογικών εξοπλισμών, η οποία δραστηριοποιείται στον χώρο αυτό εδώ και εικοσιοκτώ χρόνια (από το 1973).

Οι εγκαταστάσεις της επιχείρησης βρίσκονται στην Πτολεμαΐδα σε ενιαίο στεγασμένο χώρο συνολικής επιφάνειας 4.200m². Λειτουργεί επίσης και υποκατάστημα στην Θεσσαλονίκη το οποίο καλύπτει χώρο συνολικής επιφάνειας 2.000m² ο οποίος χρησιμοποιείται σαν εκθεσιακός χώρος αλλά και σαν αποθήκη. Η κατασκευή των προϊόντων γίνεται με αυστηρές προδιαγραφές και τα γερμανικά πρότυπα DIN και καλύπτουν ανάγκες για Θέρμανση και Αεροθέρμανση σε κατοικίες, Βιομηχανικούς χώρους, συνεργεία, καταστήματα, θερμοκήπια κ.α. Όλα τα προϊόντα της επιχείρησης συνοδεύονται από δεκαετή (10) γραπτή εγγύηση.

Η ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ Α.Ε. εφαρμόζει το σύστημα διασφάλισης ποιότητας κατά EN ISO 9002. Τα προϊόντα της εταιρίας φέρουν το σήμανση ενεργειακής απόδοσης CE πιστοποιημένο από το Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει την άριστη ποιότητα κατασκευής των παραγόμενων προϊόντων και τον υψηλό βαθμό απόδοσης.

Στην δυναμική εξέλιξη της εταιρείας συνέβαλαν πολύ οι 62 συνεργάτες της εταιρείας. Σε αυτούς συγκαταλέγονται 19 άτομα διοικητικού προσωπικού, δηλαδή μηχανολόγοι, λογιστές, υπάλληλοι γραφείου, οδηγοί φορτηγών αυτοκινήτων και πωλητές. Οι υπόλοιποι αποτελούν το απασχολούμενο προσωπικό στην παραγωγική διαδικασία.

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός του εργοστασίου μετά από ένα τετραετές επενδυτικό πρόγραμμα έχει ανανεωθεί με τα πλέον σύγχρονα μηχανήματα εξεργασίας και συγκόλλησης χάλυβδοελασμάτων. Εκτός των παλαιότερων μηχανημάτων έχουν ενταχθεί πλήρως στην παραγωγική διαδικασία τα νέας τεχνολογίας μηχανήματα όπως τα 2 ρομποτικά συστήματα συγκολλήσεως, τα 2 CNC κοπτικά με δυνατότητα διάτρησης χάλυβδοελασμάτων μέχρι πάχος 6mm, το CNC ψαλίδι, η CNC στράντζα, ο CNC κύλινδρος κ.α.

Η ανανέωση του εξοπλισμού, η οποία αύξησε την παραγωγική δυνατότητα του εργοστασίου, σε συνδυασμό με την προσπάθεια του τμήματος Πωλήσεων έφεραν την εταιρία σε μεγαλύτερα επίπεδα από πλευράς πωλήσεων και τζίρου. Είναι πολύ σημαντικό επίσης να αναφέρουμε ότι τα τελευταία χρόνια η ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ Α.Ε. δραστηριοποιείται και στο εμπόριο προϊόντων που αφορούν την κεντρική θέρμανση και τον κλιματισμό τα οποία δεν παράγει η ίδια. Τέτοια προϊόντα είναι τα θερμαντικά σώματα τύπου panel, οι καυστήρες, οι κυκλοφορητές, όλων των ειδών τα κλιματιστικά και γενικότερα τα περισσότερα παρελκυόμενα που αφορούν την θέρμανση και τον κλιματισμό.



Σχήμα 3.1

Οι πελάτες της ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ Α.Ε. αυτή την στιγμή στην Ελλάδα είναι περίπου 800 επαγγελματίες (έμποροι, υδραυλικοί, μηχανικοί, εργολάβοι κ.α.), ενώ υπάρχει και ένα συνεχώς αυξανόμενο μερίδιο του λιανικού εμπορίου. Η εταιρεία αυτή την στιγμή εξάγει τα προϊόντα της στην Γερμανία και στην Γαλλία όπως επίσης και στην Ρωσία (Σιβηρία), Βουλγαρία, Ρουμανία, Γιουγκοσλαβία και Σκόπια.

Άμεσος στόχος της εταιρείας είναι η επέκταση της ήδη υπάρχουσας εξαγωγικής δραστηριότητας στις βαλκανικές χώρες και η δυναμική είσοδος στις αγορές των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ Α.Ε.

Η Θερμοδυναμική Α.Ε. παράγει περίπου 1000 διαφορετικά προϊόντα και τα μεγέθη τους είναι από μικρά εξαρτήματα έως λέβητες ενός τόνου. Επίσης εμπορεύεται και ένα πολύ μεγάλο αριθμό διάφορων προϊόντων και εξαρτημάτων που αφορούν την θέρμανση και το κλιματισμό τα οποία και διακινεί με τα δικά της φορτηγά.

Σήμερα υπάρχουν 6 φορτηγά αυτοκίνητα με γερανό που αναλαμβάνουν την διανομή σε όλη την Ελλάδα. Εκτός όμως από τον τρόπο της παράδοσης με τα φορτηγά αυτοκίνητα υπάρχει και κάποιο μεγάλο ποσοστό πελατών που παραλαμβάνει τα προϊόντα από τις εγκαταστάσεις της Θερμοδυναμικής ή από το νέο υποκατάστημα στη Θεσσαλονίκη. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο χώρος αποθήκευσης στο εργοστάσιο στην Πτολεμαΐδα είναι απλά επαρκής ενώ ο χώρος φόρτωσης είναι πρακτικά για ένα μόνο φορτηγό, ο χώρος αποθήκευσης στο υποκατάστημα είναι αρκετός.

Το κόστος χρήσης του κάθε φορτηγού δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ – ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Πίνακας 3.1

ΤΥΠΟΣ	ΩΦΕΛΙΜΟ (τόνους)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΟΡΤΗΓΩΝ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΟ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΩΡΑ
1	3-4	2	30 δρχ.	2000 δρχ.
2	9	2	45 δρχ.	2700 δρχ.
3	11	2	45 δρχ.	2700 δρχ.

3.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΛΑΤΟΛΟΓΙΟΥ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ Α.Ε. ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΩΝ ΔΙΑΝΟΜΩΝ.

Αναλύοντας καλύτερα τις κατηγορίες των πελατών θα πρέπει να σημειώσουμε ότι εκτός από επαγγελματίες και ιδιώτες υπάρχουν και άλλες υποκατηγορίες κυρίως στην περίπτωση των επαγγελματιών.

Μελετώντας το πελατολόγιο της εταιρίας θα μπορούσαμε να δώσουμε έναν ακόμη διαφορετικό διαχωρισμό των πελατών. Πιο συγκεκριμένα υπάρχει ένα μεγάλο μερίδιο πελατών που αγοράζουν μόνο προϊόντα και περιορισμένες ποσότητες εμπορευμάτων από την εταιρία, αυτοί είναι κυρίως μεγάλοι έμποροι και καταστηματαρχές. Στην άλλη πλευρά είναι οι πελάτες –κυρίως υδραυλικοί– που αγοράζουν και προϊόντα και εμπορεύματα ή καλύτερα ολοκληρωμένα πακέτα θέρμανσης. Η δεύτερη κατηγορία μπορεί να ταυτιστεί με τους ιδιώτες γιατί αυτοί συνήθως ακολουθούν την τακτική της αγοράς όλων των υλικών που απαιτούνται για μια ολοκληρωμένη εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης από την εταιρία.

Η διαφοροποίηση αυτή είναι βασική για την Θερμοδυναμική γιατί ακολουθείτε διαφορετική διαδικασία κατά την εκτέλεση της παραγγελίας, δηλαδή ετοιμάζονται τα εμπορεύματα σε παλέτες, έπειτα φορτώνονται στο φορτηγό και παραδίδονται στο συνήθως στην διεύθυνση του σπιτιού που θα γίνει η

εγκατάσταση. Για παράδειγμα μια ολοκληρωμένη θέρμανση ενός σπιτιού αποτελείται από τον λέβητα, τα εξαρτήματα του λεβητοστασίου (καυστήρας, κυκλοφορητής, δοχείο διαστολής, αυτόματος πληρώσεως, βαλβίδες ασφαλείας, κ.α.), την δεξαμενή πετρελαίου και τα θερμαντικά σώματα που τοποθετούνται μέσα στο σπίτι. Αυτού του είδους οι παραγγελίες παρουσιάζονται σε πολύ μεγάλη συχνότητα και σχεδόν πάντοτε παραδίδονται στην διεύθυνση του σπιτιού που προορίζονται να γίνουν οι εγκαταστάσεις. Πρακτικά δηλαδή υπάρχουν προορισμοί που εξυπηρετούνται μόνο μια φορά από τα φορτηγά ενώ μπορεί να αφορούν τον ίδιο πελάτη. Ο χώρος που καταλαμβάνουν αυτές οι παραγγελίες στο φορτηγό είναι συνήθως 5 τ.μ. και αποτελούνται από μια παλέτα τον λέβητα και την δεξαμενή.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που διαφοροποιεί τους πελάτες είναι οι ώρες που παραλαμβάνουν, δηλαδή οι περιορισμοί των χρονικών παραθύρων (time windows) που έχουμε συναντήσει. Οι έμποροι που έχουν καταστήματα μπορούν να παραλάβουν προϊόντα και εμπορεύματα μόνο κατά τις ώρες λειτουργίας των εμπορικών καταστημάτων και σπανιότερα υπάρχουν και περιορισμοί σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα λόγω εμπορικών κέντρων. Μεγάλους περιορισμούς δημιουργούν και οι πελάτες των νησιών κυρίως γιατί εξυπηρετούνται με πρακτορεία των Αθηνών ή της Θεσσαλονίκης τα οποία παραλαμβάνουν μέχρι τις 16:00. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με τους υδραυλικούς που το ωράριο τους είναι μέχρι τις 15:00 στην οικοδομή που δουλεύουν. Οι ιδιώτες προτιμούν να παραλαμβάνουν τις ώρες που δεν εργάζονται και το Σάββατο χωρίς βέβαια αυτό να είναι απόλυτο. Πρακτικά οι μέρες και οι ώρες διανομής συμφωνούνται με τον οδηγό του φορτηγού και τον πελάτη και όταν το δρομολόγιο είναι μεγάλο υπάρχει και μετέπειτα συνεννόηση με το κινητό τηλέφωνο του οδηγού.

3.4 ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΠΑΡΑΛΑΒΩΝ

Η Θερμοδυναμική Α.Ε. χρησιμοποιεί τα φορτηγά, εκτός από την εξυπηρέτηση των πελατών, και για την κάλυψη δικών της αναγκών. Τέτοιες απαιτήσεις είναι οι παραλαβές Α' και Β' υλών από τους προμηθευτές δηλαδή μεγάλες

ποσότητες χαλυβδοελασμάτων, σωλήνων, σύρματος ηλεκτροσυγκολλήσεως, υαλοβάμβακα και άλλα μικρότερα εξαρτήματα όπως κοχλίες και μούφες. Ακόμη γίνονται πάρα πολλές παραλαβές ειδών εμπορίας από προμηθευτές. Τέτοια είδη είναι τα θερμαντικά σώματα τύπου panel, οι κυκλοφορητές, η χαλκοσωλήνα, οι πλαστικές δεξαμενές και πολλά άλλα προϊόντα που αφορούν την κεντρική θέρμανση και τον κλιματισμό και τα οποία εμπορεύεται η εταιρία.

Χρονικοί περιορισμοί υπάρχουν και σε αυτήν την περίπτωση και είναι ωράριο λειτουργίας των προμηθευτών αλλά και περιορισμοί που αφορούν ημερομηνίες παράδοσης.

Η σχεδόν μόνιμη τακτική που ακολουθείτε στον τομέα της διανομής κάθε φορά είναι η εξής: α) Το φορτηγό φορτώνετε από το κέντρο διανομής (αποθήκη), που μπορεί να είναι είτε το εργοστάσιο είτε το υποκατάστημα, β) γίνεται η διανομή όλων των παραγγελιών στους πελάτες, γ) μετά γίνονται οι παραλαβές από τους προμηθευτές, δ) και στο τέλος έχουμε την επιστροφή στην αποθήκη και την εκφόρτωση του φορτηγού.

Κάτι ακόμη που πρέπει να μελετηθεί είναι η ενδοδιακίνηση μεταξύ του εργοστασίου στην Πτολεμαίδα και του υποκαταστήματος στην Θεσσαλονίκη. Τα δύο κέντρα διανομής μπορούν να παίξουν διπλό ρόλο δηλαδή αυτό του προμηθευτή αλλά και του πελάτη. Το υποκατάστημα ζητάει προϊόντα για την αποθήκη του και έτσι μπορεί να γίνει πελάτης και το εργοστάσιο προμηθευτής, ενώ σε άλλη περίπτωση οι προμηθευτές παραδίδουν εμπορεύματα στο υποκατάστημα και αυτό τα προωθεί στο εργοστάσιο οπότε συμβαίνει το αντίθετο.

3.5 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΦΟΡΤΗΓΩΝ

Κλείνοντας αυτό το κεφάλαιο θα κάνουμε μια σύντομη αναφορά στα διάφορα προβλήματα που συναντάει η διανομή ή γενικότερα οι δρομολογήσεις των φορτηγών στην εταιρία.

1. Καθυστέρηση εκτέλεσης φόρτωσης με αποτέλεσμα να ξεκινάει το δρομολόγιο παραδόσεων αργοπορημένο και να καθυστερούν οι παραδόσεις των παραγγελιών.
2. Λάθη στα προϊόντα της παραγγελίας (συνήθως στα μικρά εξαρτήματα).
3. Αδυναμία της αποθήκης να ανταποκριθεί στη ζήτηση λόγω κακού προγραμματισμού ή απρόβλεπτης ζήτησης.
4. Κακός προγραμματισμός δρομολογίων με αποτέλεσμα να δημιουργούνται επιπλέον διαδρομές και να αυξάνεται το κόστος διακινήσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Αναλύοντας προσεκτικά όλα τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν στο τρίτο Κεφάλαιο και κάνοντας την σύγκριση με τις έρευνες που παρουσιάστηκαν στο δεύτερο Κεφάλαιο καταλήξαμε στα παρακάτω συμπεράσματα τα οποία μας οδήγησαν και στην μοντελοποίηση του προβλήματος.

- Στην περίπτωση της Θερμοδυναμικής έχουμε ένα Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με πολλαπλά κέντρα διανομής, το εργοστάσιο στην Πτολεμαΐδα και το υποκατάστημα στην Θεσσαλονίκη.
- Εμφανίζονται χρονικά παράθυρα (time windows) που αφορούν τις ώρες παραλαβών από τους πελάτες και τις παραδόσεις από τους προμηθευτές με αποτέλεσμα να δημιουργούνται κόστη αναμονής.
- Εκτός από την εξυπηρέτηση των πελατών υπάρχουν και οι παραλαβές που γίνονται με τα φορτηγά της εταιρίας από τους προμηθευτές (linehaul and backhaul customers).
- Τα οχήματα ή πιο συγκεκριμένα τα φορτηγά ποικίλουν σε χωρητικότητα αλλά και σε κόστη χρήσεως.
- Οι προμηθευτές εξυπηρετούνται αμέσως μετά το τέλος της εξυπηρέτησης του τελευταίου πελάτη του δρομολογίου

Οι παραδοχές που γίνανε κατά την μοντελοποίηση είναι ελάχιστες και αφορούν τις εξαιρέσεις στον κανόνα που ακολουθεί η εταιρία.

4.2 ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Ορίζουμε τις μεταβλητές που θα μας χρειαστούν στην μοντελοποίηση του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων σύμφωνα με τα στοιχεία που έχουμε για την Θερμοδυναμική.

k : διαθέσιμα οχήματα (φορτηγά)

$$G^k = (V^k, A^k)$$

Κόμβοι : V^k

Κέντρο Διανομής : $o(k)$ (Πτολεμαΐδα)

Κέντρο Διανομής : $d(k)$ (Θεσσαλονίκη)

Αποστολή-Ενέργεια : $N(k)$ (Εξυπηρέτηση πελάτη ή προμηθευτή)

Πελάτης : $N_c(k) = \{1, 2, \dots, n\}$

Προμηθευτής : $N_b(k) = \{n+1, \dots, n+m\}$

Τόξα : A^k

- άδειο τόξο που ενώνει τα $o(k)$ και $d(k)$ και το όχημα δεν συμμετέχει στη λύση του προβλήματος
- εκκίνησης $[o(k), i]$ δηλαδή το τόξο που δηλώνει την μετακίνηση από το κέντρο διανομής (αποθήκη) στον κάθε κόμβο
- τέλους $[i, d(k)]$ δηλαδή το τόξο που δηλώνει την μετακίνηση από το κόμβο στο κέντρο διανομής
- μεταξύ των αποστολών (κόμβων) (i, j) με $i \in N^k$ και $l_i + t_{ij} \leq u_{ij}$ όπου t_{ij} ο ελάχιστος χρόνος που περνάει το όχημα στο τόξο (i, j)

$$X_{ij}^k \begin{cases} 1 & \text{το όχημα } k \text{ χρησιμοποιεί το τόξο } (i, j) \\ 0 & \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

T_i^k : χρονική μεταβλητή που εμφανίζει

- τον χρόνο αναχώρησης εάν $i=o(k)$
- τον χρόνο άφιξης εάν $i=d(k)$
- τον χρόνο στον οποίο ξεκινά η εξυπηρέτηση εάν $i \in N$

4.3 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ

Η αντικειμενική συνάρτηση που ελαχιστοποιεί το κόστος του προβλήματος μας δίνεται από τον τύπο:

$$1. \min \sum_{k \in K} \sum_{i, j \in A^k} c_{ij}^k (T_i^k, T_j^k) X_{ij}^k$$

Το κόστος του τόξου ή της διαδρομής από την θέση i στην θέση j δίνεται από την σχέση:

$$2. c_{ij}^k (T_i^k, T_j^k) = b_{ij} + I_{ij}^k \lambda_w w_{ij} (T_i^k, T_j^k)$$

$$b_{ij} = e_{ij} m_{ij} + f_{ij} m_{ij} + g_{ij} m_{ij} \quad \text{σταθερό κόστος του οχήματος}$$

$$m_{ij} \begin{cases} 1 & \text{εάν χρησιμοποιείται το όχημα αυτού του τύπου} \\ 0 & \text{εάν δεν χρησιμοποιείται το όχημα αυτού του τύπου} \end{cases}$$

e_{ij} : κόστος ανά ώρα του οχήματος τύπου 1

f_{ij} : κόστος ανά ώρα του οχήματος τύπου 2

g_{ij} : κόστος ανά ώρα του οχήματος τύπου 3

$$I_{ij} \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \quad \text{δείκτης που δηλώνει εάν το τόξο είναι μεταξύ δυο ενεργειών.}$$

λ_w : μονάδα κόστους αναμονής του οχήματος

$w_{ij}^k (T_i^k, T_j^k)$: η συνάρτηση που δίνει το ποσό του χρόνου αναμονής στον κόμβο (i, j) και για τον οποίο ισχύει $\max\{0, l_j - u_j - t_{ij}\}$

4.4 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Το μοντέλο που παρουσιάσαμε για να ολοκληρωθεί είναι απαραίτητο να τεθεί υπό και τους παρακάτω περιορισμούς.

$$3. \sum_{k \in K} \sum_{j:(i,j) \in A^k} X_{ij}^k \geq 1 \quad \forall i \in N : \text{Κάθε ενέργεια θα γίνει τουλάχιστον 1 φορά.}$$

$$4. \sum_{j:(o(k),j) \in A^k} X_{o(k),j}^k = \sum_{i:(i,d(k)) \in A^k} X_{i,d(k)}^k = 1 \quad \forall k \in K : \text{Μια μονάδα ροής θα πρέπει να πηγαίνει}$$

από το κέντρο διανομής στην αποθήκη δηλαδή να κάνει ένα κύκλο.

$$5. \sum_{i:(i,j) \in A^k} X_{ij}^k - \sum_{i:(j,i) \in A^k} X_{ij}^k = 0 \quad \forall k \in K \quad \forall j \in N : \text{Ένα χρονοδιάγραμμα ή αλλιώς}$$

πρόγραμμα (άδειο ή όχι) ανατίθεται σε κάθε όχημα.

$$6. X_{ij}^k (T_i^k + t_{ij} - T_j^k) \leq 0 \quad \forall k \in K \quad \forall (i,j) \in A^k : \text{Η ανισότητα εξασφαλίζει την}$$

συμβατότητα μεταξύ των μεταβλητών χρόνου και ροής. Δηλαδή το ξεκίνημα της εξυπηρέτησης στον κόμβο j θα πρέπει να είναι χρονικά μεγαλύτερο ή ίσο της έναρξης της εξυπηρέτησης στον κόμβο i προσθέτοντας και τον ελάχιστο χρόνο της διαδρομής του τόξου (i,j) .

$$7. l_i \leq T_i^k \leq u_i \quad \forall k \in K \quad \forall (i,j) \in V^k : \text{Περιορισμοί των χρονικών παραθύρων (time windows).}$$

$$8. X_{ij}^k \in \{0,1\} \quad \forall k \in K \quad \forall (i,j) \in A^k : \text{Περιορισμός των τιμών της δυαδικής μεταβλητής.}$$

Περιορισμοί χωρητικότητας οχημάτων.

$$9. \sum_{i=1}^n h_i z_{ik} \leq m_k$$

h_i : η ζήτηση του i πελάτη

m_k : η χωρητικότητα του οχήματος

$$z_{ik} \begin{cases} 1 & \text{εάν το όχημα } k \text{ εξυπηρετεί τον πελάτη } i \\ 0 & \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

$$10. \sum_{i=1}^n h_i z_{ik} + \sum_{i=n+1}^{n+m} \phi_{ik} \Omega_i \leq m_k$$

$$\phi_{ik} \begin{cases} 1 & \text{εάν το όχημα } k \text{ εξυπηρετεί τον } i \text{ προμηθευτή (παραλαμβάνει).} \\ 0 & \text{Διαφορετικά} \end{cases}$$

Ω_i : προσφορά του i προμηθευτή

Θα πρέπει $z_{ik}=0$ εάν το k όχημα δεν εξυπηρετεί τον i πελάτη δηλαδή όταν

$X_{il}^k = 0, \forall i$ οπότε προκύπτει ότι:

$$11. z_{ik} \leq \sum_{i=1}^n x_{il}^k$$

Θα πρέπει $\phi_{qk}=0$ εάν το k όχημα δεν εξυπηρετεί τον q προμηθευτή δηλαδή

όταν $X_{iq}^k = 0, \forall i$ οπότε προκύπτει ότι:

$$12. \phi_{qk} \leq \sum_{i=n+1}^{m+n} x_{iq}^k$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (VEHICLE ROUTING PROBLEM)

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας δεν είναι δυνατόν να επιλυθεί η μοντελοποίηση του προβλήματος που παρουσιάστηκε στο τέταρτο Κεφάλαιο, οπότε θα περιοριστούμε στην πρακτική εφαρμογή των πραγματικών δεδομένων σε ένα πιο απλό VRP. Το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων που χρησιμοποιήσαμε είναι ένα τροποποιημένο μοντέλο του προγράμματος επιλύσεων ακεραίων γραμμικών προβλημάτων Lingo.

5.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε για την πρακτική εφαρμογή ήταν από τον Οκτώβριο του 2000, ένα μήνα αντιπροσωπευτικό από πλευράς ζητήσεων των πελατών. Η περιοχή που εφαρμόστηκε η επίλυση του προβλήματος είναι η ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας και όχι όλη η Ελλάδα για υπολογιστικού λόγους. Χρησιμοποιήθηκε μόνο ένα κέντρο διανομής αυτό του εργοστασίου στην Πτολεμαΐδα. Οι πόλεις που επιλέχθηκαν σαν κόμβοι είναι 10 και μεταφέρθηκε σε αυτές η ζήτηση των γειτονικών τους χωριών. Αναγκαστήκαμε επίσης να χωρίσουμε τον μήνα σε 4 εβδομάδες και να επιλύσουμε το VRP τέσσερις φορές.

Σημαντικό χρόνο χρειαστήκαμε και για τον ορισμό των μονάδων χωρητικότητας και την θεωρητική τοποθέτηση (σε παλέτες) των προϊόντων πάνω στο φορτηγό σύμφωνα με την χωρητικότητά του. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν οι διαστάσεις της καρότσας του φορτηγού και αυτές των προϊόντων και εμπορευμάτων λαμβάνοντας υπ' όψη και τις

ξεχωριστές παραγγελίες του κάθε πελάτη. Χρησιμοποιήσαμε μόνο τον ένα τύπο φορτηγού. Τέλος παραλείψαμε τους προμηθευτές και τους περιορισμούς των χρονικών παραθύρων (time windows).

5.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Στον πίνακα 5.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι παραγγελίες ανά πελάτη που αντιστοιχούν σε κάθε πόλη και πραγματοποιήθηκαν τον μήνα Οκτώβριο του 2000. Είναι επίσης χωρισμένες και σύμφωνα με την ημερομηνία του σε 4 εβδομάδες. Στην δεύτερη στήλη του πίνακα δίνονται οι μονάδες χωρητικότητας (τετραγωνικά μέτρα κατά προσέγγιση) που καταλαμβάνει η κάθε παραγγελία του κάθε πελάτη ξεχωριστά.

Πίνακας 5.1

ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΕΣ ΑΝΑ ΠΟΛΗ	Σύνολο Παραγγελιών σε (τ.μ.)
<u>ΚΟΖΑΝΗ</u>	
014303 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 1000 ΛΙΤ	3,5
020300 Θ/Σ EP-kombi 11/900/400	
020506 Θ/Σ EP-kombi 22/600/1000	
020507 Θ/Σ EP-kombi 22/600/1100	
020605 Θ/Σ EP-kombi 22/900/900	
020606 Θ/Σ EP-kombi 22/900/1000	
010401 ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ MB25/Θ-IN	1,8
010421 ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ MB25/Θ IN-GL	
020502 Θ/Σ EP-kombi 22/600/600	
020503 Θ/Σ EP-kombi 22/600/700	
020508 Θ/Σ EP-kombi 22/600/1200	
020510 Θ/Σ EP-kombi 22/600/1400	
020600 Θ/Σ EP-kombi 22/900/400	
020602 Θ/Σ EP-kombi 22/900/600	
020808 Θ/Σ EP-kombi 33/600/1200	
030112 ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ.HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	
040203 ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
020901 Θ/Σ EP-kombi 33/900/500	1
020902 Θ/Σ EP-kombi 33/900/600	
020904 Θ/Σ EP-kombi 33/900/800	
020905 Θ/Σ EP-kombi 33/900/900	

010602	ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΚΤ35	0,3
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900	1,5
020610	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1400	
020901	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/500	
020903	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/700	
020906	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/1000	
ΣΥΝΟΛΟ 1ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		
020506	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1000	1
010401	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ25/Θ-IN	1,6
010421	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ25/Θ IN-GL	
010304	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ60	
010324	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ60	
020906	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/1000	
030122	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 8.2 60-128 KW MON	
023904	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΟΡΗC-025	0,2
010404	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ60/Θ-IN	3,8
010424	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ60/Θ IN-GL	
014303	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 1000 ΛΙΤ	
020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900	
020608	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1200	
020902	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/600	
030122	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 8.2 60-128 KW MON	
040203	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
020906	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/1000	1
ΣΥΝΟΛΟ 2ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		7,6
020301	Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/900/500	1,5
020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	
020602	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/600	
020900	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/400	
010303	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ45	0,5
010323	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ45	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 KW MONB	
040203	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
020806	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/600/1000	1,8
010402	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ35/Θ-IN	
010422	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ35/Θ IN-GL	
010702	ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ SB30	
020600	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/400	
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900	

020806	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/600/1000	
020904	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/800	
026001	ΒΟΙΛΕΡ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡ.ΣΑΡΠΑΤ.80 ΛΙΤ ΚΑΘΕΤ.	
040210	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ ΤΟΡ-S 30/7-220V R1 1/4 -RAKOR	
020906	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/1000	
010103	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΛΗΣ ΚΑΥΣ. ΚΝ80/120	
010123	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΝ 80/120	0,5
023904	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΟΡΗC-025	
		0,2
014301	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 500 LI	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW ΜΟΝΒ	
030122	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 8.2 60-128 KW ΜΟΝ	1,2
ΣΥΝΟΛΟ 3ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		5,7
010701	ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ SB20	0,3
010302	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ35	
010322	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ35	
014303	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 1000 ΛΙΤ	
020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	
020601	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/500	
020602	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/600	
020606	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1000	4
012112	ΑΕΡΟΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡΕΛ. ΜΤ Μ35	1
010403	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ45/Θ-IN	
010423	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ45/Θ IN-GL	
014303	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 1000 ΛΙΤ	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW ΜΟΝΒ	
040103	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RS 25/70-220V R1 -ΡΑΚΟΡ	
040203	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -ΡΑΚΟΡ	2,5
ΣΥΝΟΛΟ 4ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		7,8
<u>ΣΙΑΤΙΣΤΑ</u>		
025102	ΒΟΙΛΕΡ ΗΛΙΟΘ. Kombi SUN 200 LIT ΤΡΙΠ-GL	
025111	ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΗΛΙΟΘΕΡΜΟΥ Kombi SUN 2 T.M.	
025112	ΒΑΣΗ ΗΛΙΟΘΕΡΜΟΥ Kombi SUN 200 LIT	2,5
025113	ΣΕΤ. ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ Kombi SUN 200 LIT	
020506	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1000	
020602	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/600	
026002	ΒΟΙΛΕΡ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡ.ΣΑΡΠΑΤ.80 ΛΙΤ ΔΑΠΕΔ.	1,5
010401	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ25/Θ-IN	
010421	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ25/Θ IN-GL	3,3
014302	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 750 LI	

020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	
020602	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/600	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	
040102	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RS 25/60-220V R1 -ΡΑΚΟΡ	
ΣΥΝΟΛΟ 1ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		7,3
022124	Θ/Σ ΜΠΑΝΙΟΥ ΧΑΛΚΟΥ Η 1515 X L 400 CP37S	0,2
010701	ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ SB20	
014312	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡ. ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ 500 ΛΙΤ	
020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	2,8
020806	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/600/1000	
ΣΥΝΟΛΟ 2ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		3
020504	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/800	
020505	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/900	
020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	
020604	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800	1,8
028801	ΛΕΒΗΤΑΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ SIME AR-FREEST 3	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	
040203	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -ΡΑΚΟΡ	
010701	ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ SB20	0,3
020512	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1600	1,7
ΣΥΝΟΛΟ 3ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		3,8
ΣΕΡΒΙΑ		
028601	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ TORRENT-GALAXY-2	
028611	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΑ TORRENT GALAXY-2	0,3
ΣΥΝΟΛΟ 1ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		0,3
010101	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΝΗΣ ΚΑΥΣ. ΚΝ30/50	
010121	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΝ 30/50	0,5
020905	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/900	
040202	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RS 30/60-200V R 1 1/4 -ΡΑΚΟΡ	1
ΣΥΝΟΛΟ 2ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		1,5
010904	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ. PRB-50	
010934	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ PRB-50	1,3
020604	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800	
020603	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/700	
020738	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/400/1200	1,5
ΣΥΝΟΛΟ 3ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		2,8
010802	ΤΖΑΚΙ ΝΕΡΟΥ ΚΑΜ25	0,5

010405	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ MB80/Θ-IN	0,5
010425	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ MB80/Θ IN-GL	
040211	ΚΥΚΛΩΤΗΣ TOP-S 30/10-220VR1 1/4 -RAKOR	
ΣΥΝΟΛΟ 4ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		1
<u>ΕΔΕΣΣΑ</u>		
010302	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ MB35	2
010322	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ MB35	
020508	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1200	
020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	
020603	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/700	
020604	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800	
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	
040203	ΚΥΚΛΩΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
020302	Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/900/600	
020508	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1200	
020603	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/700	
010802	ΤΖΑΚΙ ΝΕΡΟΥ ΚΑΜ25	0,5
010102	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΝΗΣ ΚΑΥΣ. ΚΝ50/80	0,5
010122	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΝ 50/80	
028602	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ TORRENT-GALAXY-3	1
028612	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΑ TORRENT GALAXY-3	
010701	ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ SB20	
010702	ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ SB30	
ΣΥΝΟΛΟ 1ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		4
022137	Θ/Σ ΜΠΑΝΙΟΥ ΧΑΛΥΒ. Ε 440/900	3,2
040301	ΚΥΚΛΩΤΗΣ S 40/70 220V F 1 1/2 -ΦΛ.	
010701	ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ SB20	
014303	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 1000 ΛΙΤ	
020604	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800	
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900	
020606	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1000	
022110	ΕΡ-kombi ΜΠΑΝΙΟΥ 500/735 RONTO	
026001	ΒΟΙΛΕΡ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡ. ΣΑΡΠΑΤ. 80 ΛΙΤ ΚΑΘΕΤ.	
ΣΥΝΟΛΟ 2ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		3,2
020300	Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/900/400	1,5
020301	Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/900/500	
020502	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/600	
020503	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/700	
020506	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1000	
020508	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1200	
020904	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/800	
040102	ΚΥΚΛΩΤΗΣ RS 25/60-220V R1 -PAKOR	

020507	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1100	
010102	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΝΗΣ ΚΑΥΣ. ΚΝ50/80	
010103	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΛΗΣ ΚΑΥΣ. ΚΝ80/120	
010122	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΝ 50/80	
010123	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΝ 80/120	1,3
014401	ΔΟΧ.ΔΙΑΣΤ. ΑΝ.ΤΥΠΟΥ ΟΡΟΦΗΣ 50LT	
030106	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA COMPACT 1.3	
012112	ΑΕΡΟΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡΕΛ. ΜΤ Μ35	1
ΣΥΝΟΛΟ 3ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		3,8
010302	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ35	
010322	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ35	
026001	ΒΟΙΛΕΡ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡ. ΣΑΡΠΑΤ. 80 ΛΙΤ ΚΑΘΕΤ.	0,5
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW ΜΟΝΒ	
020302	Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/900/600	
020502	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/600	
020508	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1200	
020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	
020514	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1800	
020604	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800	2
020904	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/800	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW ΜΟΝΒ	
040103	ΚΥΚΛΩΤΗΣ RS 25/70-220V R1 -ΡΑΚΟΡ	
040202	ΚΥΚΛΩΤΗΣ RS 30/60-200V R 1 1/4 -ΡΑΚΟΡ	
010101	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΝΗΣ ΚΑΥΣ. ΚΝ30/50	
010103	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΛΗΣ ΚΑΥΣ. ΚΝ80/120	
010121	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΝ 30/50	
010123	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΝ 80/120	2
012101	ΑΕΡΟΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡΕΛ. ΜΤ25	
010802	ΤΖΑΚΙ ΝΕΡΟΥ ΚΑΜ25	0,5
010103	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΛΗΣ ΚΑΥΣ. ΚΝ80/120	
010123	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΝ 80/120	
020505	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/900	
020508	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1200	2
040102	ΚΥΚΛΩΤΗΣ RS 25/60-220V R1 -ΡΑΚΟΡ	
ΣΥΝΟΛΟ 4ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		7
<u>ΒΕΡΟΙΑ</u>		
010302	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ35	
010322	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ35	0,3
020512	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1600	2
010302	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ35	

010322	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ MB35	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	
024002	ΚΛ/ΚΟ UNION Kombi TOIX.HWC12/ORHC12	0,3
010102	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΝΗΣ ΚΑΥΣ. KN50/80	
010122	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ KN 50/80	0,5
040301	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ S 40/70 220V F 1 1/2 -ΦΛ.	
ΣΥΝΟΛΟ 1ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		3,1
014302	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 750 LI	
026101	ΜΠΟΙΛΕΡ ΚΟΜΒΙ ΔΙΠ.ΕΝΕΡ.80 ΛΙΤ ΜΕ ΣΑΡΠ.	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	1,7
040206	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RL 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
020512	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1600	
020607	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1100	1,5
022125	Θ/Σ ΜΠΑΝΙΟΥ ΧΑΛΚΟΥ Η 1515 X L 550 CP37M	
010202	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΝΗΣ ΚΑΥΣ. KB50/80-IN	
010222	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ KB50/80 IN-GL	
010303	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ MB45	2,3
010323	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ MB45	
020506	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1000	
020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	
010304	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ MB60	
010324	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ MB60	0,5
030122	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 8.2 60-128 KW MON	
ΣΥΝΟΛΟ 2ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		6
010902	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ. PRB-30	
010932	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ PRB-30	0,3
030106	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA COMPACT 1.3	
010102	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΝΗΣ ΚΑΥΣ. KN50/80	
010122	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ KN 50/80	0,5
ΣΥΝΟΛΟ 4ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		0,8
<u>ΦΛΩΡΙΝΑ</u>		
010103	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΛΗΣ ΚΑΥΣ. KN80/120	2,8
010123	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ KN 80/120	
020508	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1200	
020514	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1800	
020604	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800	
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900	
020606	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1000	
020610	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1400	
020812	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/600/1600	

026001	ΒΟΙΛΕΡ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡ.ΣΑΡΠΑΤ.80 ΛΙΤ ΚΑΘΕΤ.	
010305	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ80	
010325	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ80	
020304	Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/900/800	
020506	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1000	
020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	
020600	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/400	
020602	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/600	2,2
020604	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800	
020904	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/800	
020908	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/1200	
026101	ΜΠΟΙΛΕΡ ΚΟΜΒΙ ΔΙΠ.ΕΝΕΡ.80 ΛΙΤ ΜΕ ΣΑΡΠ.	
040207	ΚΥΚΛΩΤΗΣ RL 30/75-220V R 1 1/4 -RAKOR	
014303	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 1000 ΛΙΤ	2
010302	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ35	
010322	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ35	
014303	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 1000 ΛΙΤ	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	2,3
040203	ΚΥΚΛΩΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
020516	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/2000	
020604	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800	
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900	2
010302	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ35	
010322	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ35	
014313	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡ.ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ 1000 ΛΙΤ	
026101	ΜΠΟΙΛΕΡ ΚΟΜΒΙ ΔΙΠ.ΕΝΕΡ.80 ΛΙΤ ΜΕ ΣΑΡΠ.	2,5
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	
040203	ΚΥΚΛΩΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
ΣΥΝΟΛΟ 1ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		13,8
026102	ΜΠΟΙΛΕΡ ΚΟΜΒΙ ΔΙΠ.ΕΝΕΡ.100ΛΙΤ ΜΕ ΣΑΡΠ.	
040210	ΚΥΚΛΩΤΗΣ TOP-S 30/7-220V R1 1/4 -RAKOR	
010102	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΝΗΣ ΚΑΥΣ. ΚΝ50/80	
010122	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΝ 50/80	
010302	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ35	
010322	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ35	
014302	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 750 LI	
020600	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/400	
020602	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/600	
020603	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/700	
020908	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/1200	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	
040203	ΚΥΚΛΩΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
		4

020606	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1000	1,5
020608	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1200	
010403	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ45/Θ-IN	3,8
010423	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ45/Θ IN-GL	
014303	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 1000 ΛΙΤ	
020508	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1200	
020600	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/400	
020606	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1000	
020805	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/600/900	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	
040203	ΚΥΚΛΩΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
ΣΥΝΟΛΟ 2ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		
014303	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 1000 ΛΙΤ	3
020905	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/900	
026003	ΒΟΙΛΕΡ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡ. ΣΑΡΠΑΤ. 80 ΛΙΤ ΟΡΙΖ.	
010303	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ45	2,3
010304	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ60	
010323	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ45	
010324	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ60	
020506	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1000	
020508	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1200	
020601	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/500	
020606	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1000	
020905	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/900	
020905	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/900	
020906	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/1000	
020908	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/1200	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	
030122	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 8.2 60-128 KW MON	
026103	ΜΠΟΙΛΕΡ ΚΟΜΒΙ ΔΙΠ. ΕΝΕΡ. 120ΛΙΤ ΜΕ ΣΑΡΠ.	0,2
042702	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ MODUL 22	
010301	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ25	1,6
010303	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ45	
010321	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ25	
010323	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ45	
010501	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΤΒ100	
010521	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΤΒ 100	
ΣΥΝΟΛΟ 3ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		7,1
020604	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800	1
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900	
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900	1,5
020608	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1200	

026004	ΒΟΙΛΕΡ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡ.ΣΑΡΠΑΤ.100 ΛΙΤ ΚΑΘΕΤ	
020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	1,5
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900	
020808	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/600/1200	
020810	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/600/1400	
010102	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΝΗΣ ΚΑΥΣ. ΚΝ50/80	0,5
010122	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΝ 50/80	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	1,5
030130	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 14.1 90-198KW MON	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	
010303	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ45	
010323	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ45	
010501	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΤΒ100	
010521	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΤΒ 100	
010102	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΝΗΣ ΚΑΥΣ. ΚΝ50/80	0,5
010122	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΝ 50/80	
ΣΥΝΟΛΟ 4ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		6,5
<u>ΚΑΣΤΟΡΙΑ</u>		
020506	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1000	1,5
020603	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/700	
020604	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800	
022113	ΕΡ-kombi ΜΠΑΝΙΟΥ 900/735 RONTO	
022115	ΕΡ-kombi ΜΠΑΝΙΟΥ 1100/735 RONTO	
010501	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΤΒ100	2,5
010521	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΤΒ 100	
020504	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/800	
020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	
020600	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/400	
020804	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/600/800	
030130	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 14.1 90-198KW MON	
040203	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
040206	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RL 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
ΣΥΝΟΛΟ 1ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		4
010303	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ45	1
010323	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ45	
028603	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ TORRENT-GALAXY-4	
028603	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ TORRENT-GALAXY-4	
028613	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΑ TORRENT GALAXY-4	
028613	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΑ TORRENT GALAXY-4	
030115	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HSV 5.2 42-60KW MONB	1
030115	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HSV 5.2 42-60KW MONB	
030115	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HSV 5.2 42-60KW MONB	

020508	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1200	1,5	
020600	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/400		
020604	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800		
026001	ΒΟΙΛΕΡ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡ.ΣΑΡΠΑΤ.80 ΛΙΤ ΚΑΘΕΤ.		
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900	2	
020808	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/600/1200		
020901	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/500		
028604	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ TORRENT-GALAXY-5		
030122	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 8.2 60-128 KW MON		
040206	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RL 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR		
ΣΥΝΟΛΟ 2ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		4,5	
010910	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ. PRB-145	4	
010940	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ PRB-145		
020301	Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/900/500		
020302	Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/900/600		
020303	Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/900/700		
020506	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1000		
020506	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1000		
020508	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1200		
020508	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1200		
020603	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/700		
020603	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/700		
020604	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800		
020604	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800		
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900		
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900		
020606	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1000		
030135	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 20.1 155-298KW MO		
020302	Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/900/600		
020303	Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/900/700		
020506	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1000		
020508	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1200		
020603	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/700		
020604	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800		
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900		
020606	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1000		
040501	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ TOP-S40/10 380V F1 1/2 -2 -ΦΛ.		0,1
040503	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ TOP-S50/10 380V F2 -2 1/2 -ΦΛ.		
010303	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ MB45		1,7
010323	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ MB45		
020504	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/800		
020505	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/900		
020601	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/500		
020602	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/600		

020602	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/600	
020603	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/700	
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900	
020606	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1000	
020902	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/600	
020903	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/700	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	
014303	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 1000 ΛΙΤ	
030122	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 8.2 60-128 KW MON	2,2
020502	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/600	
020503	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/700	
020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	
020512	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1600	
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900	1,6
020606	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1000	
020906	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/1000	
010103	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΛΗΣ ΚΑΥΣ. ΚΝ80/120	
010123	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΝ 80/120	
020506	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1000	2,1
020512	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1600	
010202	ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝ/ΝΗΣ ΚΑΥΣ. ΚΒ50/80-IN	
010222	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΒ50/80 IN-GL	0,5
010301	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ25	
010321	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ25	
014303	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 1000 ΛΙΤ	
020508	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1200	
020808	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/600/1200	
022133	Θ/Σ ΜΠΑΝΙΟΥ ΧΑΛΥΒ. Κ 400/1400	3,8
026004	ΒΟΙΛΕΡ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡ. ΣΑΡΠΑΤ. 100 ΛΙΤ ΚΑΘΕΤ	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	
040203	ΚΥΚΛΩΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
ΣΥΝΟΛΟ 3ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		16
010702	ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ SB30	
014312	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡ. ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ 500 ΛΙΤ	
020600	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/400	1,5
040303	ΚΥΚΛΩΤΗΣ TOP-S40/7-220V-F1 1/2 -2 -ΦΛ.	
040503	ΚΥΚΛΩΤΗΣ TOP-S50/10 380V F2 -2 1/2 -ΦΛ.	0,2
030122	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 8.2 60-128 KW MON	
030122	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 8.2 60-128 KW MON	0,3
010905	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ. PRB-65	2

010935	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ PRB-65	
020608	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/1200	
040203	ΚΥΚΛΩΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
010802	ΤΖΑΚΙ ΝΕΡΟΥ ΚΑΜ25	
040203	ΚΥΚΛΩΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	0,5
ΣΥΝΟΛΟ 4ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		4,5
<u>ΓΡΕΒΕΝΑ</u>		
014303	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΛΙΟΥ 1000 ΛΙΤ	
020200	Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/600/400	
020300	Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/900/400	
020504	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/800	
020505	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/900	
020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	
020605	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/900	3,8
026301	ΜΠΟΙΛΕΡ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝ. 80 ΛΙΤ.	
028601	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ TORRENT-GALAXY-2	
028611	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΑ TORRENT GALAXY-2	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	
040203	ΚΥΚΛΩΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
020812	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/600/1600	
020901	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/500	1,6
020903	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/700	
ΣΥΝΟΛΟ 1ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		5,4
010702	ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ SB30	
014312	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡ. ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ 500 ΛΙΤ	
020300	Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/900/400	
020506	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1000	
020508	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1200	
020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	
020601	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/500	3,3
026101	ΜΠΟΙΛΕΡ ΚΟΜΒΙ ΔΙΠ. ΕΝΕΡ. 80 ΛΙΤ ΜΕ ΣΑΡΠ.	
ΣΥΝΟΛΟ 2ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		3,3
030135	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 20.1 155-298KW MO	0,2
010802	ΤΖΑΚΙ ΝΕΡΟΥ ΚΑΜ25	
010812	ΠΟΡΤΑ ΚΑ 25 - ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΡΥΣ. 6mm	0,5
ΣΥΝΟΛΟ 3ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		0,7
014303	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΛΙΟΥ 1000 ΛΙΤ	
028601	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ TORRENT-GALAXY-2	
028611	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΑ TORRENT GALAXY-2	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	2,4
040202	ΚΥΚΛΩΤΗΣ RS 30/60-200V R 1 1/4 -RAKOR	

ΣΥΝΟΛΟ 4ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ	2,4
<u>ΓΙΑΝΝΙΤΣΑ</u>	
010603 ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΚΤ45	0,3
014313 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡ.ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ 1000 ΛΙΤ	
020303 Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/900/700	3
020904 Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/800	
010909 ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ. PRB-130	
010909 ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ. PRB-130	
010939 ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ PRB-130	3
010939 ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ PRB-130	
010909 ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ. PRB-130	
010939 ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ PRB-130	
ΣΥΝΟΛΟ 1ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ	6,3
020300 Θ/Σ ΕΡ-kombi 11/900/400	
020508 Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1200	
020510 Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	
020600 Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/400	
020602 Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/600	
020603 Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/700	
020604 Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800	
020900 Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/400	2,3
020902 Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/600	
026001 ΒΟΙΛΕΡ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡ.ΣΑΡΠΑΤ.80 ΛΙΤ ΚΑΘΕΤ.	
026302 ΜΠΟΙΛΕΡ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝ. 120 ΛΙΤ.	
030112 ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	
040203 ΚΥΚΛΩΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
010302 ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ35	
010322 ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ35	
010802 ΤΖΑΚΙ ΝΕΡΟΥ ΚΑΜ25	0,5
024002 ΚΛ/ΚΟ UNIONKombi ΤΟΙΧ.HWC12/ORHC12	
024003 ΚΛ/ΚΟ UNIONKombi ΤΟΙΧ.HWC18/ORHC20	
024006 ΚΛ/ΚΟ UNIONKombi ΤΟΙΧ.HWC24/ORHC25-ION.	
024101 ΚΛ/ΚΟ UNION Kombi ΔΑΠ-ΟΡ.CFU-12/ORHC-12	
028402 ΛΕΒΗΤΑΣ ΧΥΤ/ΡΟΣ SCHONEBECKER PG 50-30	
028422 ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΑ SCHONEBECKER PG 50-30	
028603 ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ TORRENT-GALAXY-4	
028613 ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΑ TORRENT GALAXY-4	
010301 ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΒ25	3,2
010321 ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΜΒ25	
010701 ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ SB20	
010902 ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ. PRB-30	
010932 ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ PRB-30	
ΣΥΝΟΛΟ 3ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ	6

020510	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1400	2
020514	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/1800	
020516	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/600/2000	
020601	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/500	
040203	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
010701	ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜ. ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ SB20	0,3
028402	ΛΕΒΗΤΑΣ ΧΥΤ/ΡΟΣ SCHONEBECKER PG 50-30	0,6
028422	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΑ SCHONEBECKER PG 50-30	
030112	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 5.2 42-60 kW MONB	
020601	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/500	1,5
020604	Θ/Σ ΕΡ-kombi 22/900/800	
020904	Θ/Σ ΕΡ-kombi 33/900/800	
026301	ΜΠΟΙΛΕΡ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝ. 80 ΛΙΤ.	
028603	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡ/ΑΕΡΙΟΥ TORRENT-GALAXY-4	
028613	ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΛΕΒΗΤΑ TORRENT GALAXY-4	
030122	ΚΑΥΣ/ΡΑΣ ΠΕΤ. HANSA HS 8.2 60-128 kW MON	
040203	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RS 30/70-220V R 1 1/4 -RAKOR	
040102	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RS 25/60-220V R1 -PAKOR	0,2
040103	ΚΥΚΛ/ΤΗΣ RS 25/70-220V R1 -PAKOR	
ΣΥΝΟΛΟ 4ΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ		4,6

Στον πίνακα 5.2 δίνονται οι χιλιομετρικές αποστάσεις μεταξύ των πόλεων που χρησιμοποιούμε στην πρακτική εφαρμογή.

Πίνακας 5.2

	ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ	ΚΟΖΑΝΗ	ΣΙΑΤΙΣΤΑ	ΣΕΡΒΙΑ	ΕΔΕΣΣΑ	ΒΕΡΟΙΑ	ΦΛΩΡΙΝΑ	ΚΑΣΤΟΡΙΑ	ΓΡΕΒΕΝΑ	ΓΙΑΝΝΙΤΣΑ
ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ	0	28	52	64	62	88	52	55	78	101
ΚΟΖΑΝΗ	28	0	24	36	104	60	80	78	50	144
ΣΙΑΤΙΣΤΑ	52	24	0	60	114	84	104	54	34	168
ΣΕΡΒΙΑ	64	36	60	0	140	96	116	114	86	180
ΕΔΕΣΣΑ	62	104	114	140	0	47	101	117	154	40
ΒΕΡΟΙΑ	88	60	84	96	47	0	118	143	110	58
ΦΛΩΡΙΝΑ	52	80	104	116	101	118	0	67	130	141
ΚΑΣΤΟΡΙΑ	55	78	54	114	117	143	67	0	74	157
ΓΡΕΒΕΝΑ	78	50	34	86	154	110	130	74	0	168
ΓΙΑΝΝΙΤΣΑ	101	144	168	180	40	58	141	157	168	0

5.4 ΜΟΝΤΕΛΟ LINGO

Σε αυτή την παράγραφο δίνεται το μοντέλο που χρησιμοποιήσαμε για την επίλυση της πρακτικής εφαρμογής του Προβλήματος Δρομολόγησης Οχημάτων. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε τα δεδομένα χωρητικότητας που αφορούν την πρώτη εβδομάδα του Οκτωβρίου του 2000 για την οποία «έτρεξε» η εφαρμογή, δηλαδή για την κάθε εβδομάδα έχουμε:

$$Q_1 = 0 \quad 8.1 \quad 7.3 \quad 0.3 \quad 4 \quad 3.1 \quad 13.8 \quad 4 \quad 5.4 \quad 6.3 ;$$

$$Q_2 = 0 \quad 7.6 \quad 3 \quad 1.5 \quad 3.2 \quad 6 \quad 9.3 \quad 4.5 \quad 3.3 \quad 0 ;$$

$$Q_3 = 0 \quad 5.7 \quad 3.8 \quad 2.8 \quad 3.8 \quad 0 \quad 7.1 \quad 16 \quad 0.7 \quad 6 ;$$

$$Q_4 = 0 \quad 7.8 \quad 0 \quad 1 \quad 7 \quad 0.8 \quad 6.5 \quad 4.5 \quad 2.4 \quad 4.6 ;$$

MODEL:

! Το Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων “The Vehicle Routing Problem” (VRP);

SETS:

! $Q(I)$ είναι η ζήτηση της πόλης I ,

$U(I)$ είναι η ποσότητα που παραδίδεται στην πόλη I ;

CITY/1..8/: Q, U;

! $DIST(I,J)$ είναι η απόσταση από την πόλη I στην πόλη J

$X(I,J)$ είναι 0-1 μεταβλητή: Είναι 1 εάν κάποιο όχημα ταξιδεύει από την πόλη I στην J ,

0 εάν δεν πάει κανένα;

CXC(CITY, CITY): DIST, X;

ENDSETS**DATA:**

! η πόλη 1 αποτελεί το κέντρο διανομής ;

Q = 0 8.1 7.3 0.3 4 13.8 3.1 4 5.4 6.3 ;

! η απόσταση από την πόλη I στην πόλη J είναι η ίδια με την απόσταση από την πόλη J στην πόλη I , η απόσταση από την πόλη I στο κέντρο διανομής είναι 0, επειδή το όχημα θα πρέπει να γυρίσει στο κέντρο διανομής;

DIST = ! στην πόλη;

! Πτολ Κοζ Σιατ Σερβ Εδεσ Βερ Φλωρ Καστ Γρεβ Γιαν Από;

0 28 52 64 62 88 52 55 78 101!Πτολεμαΐδα;

0 0 24 36 104 60 80 78 50 144!Κοζάνη;

0 24 0 60 114 84 104 54 34 168!Σιάτιστα;

0 36 60 0 140 96 116 114 86 180!Σέρβια;

0 104 114 140 0 47 101 117 154 40!Εδεσσα;

0 60 84 96 47 0 118 143 110 58!Βέροια;

0 80 104 116 101 118 0 67 130 141!Φλώρινα;

0 78 54 114 117 143 67 0 74 157!Καστοριά;

0 50 34 86 154 110 130 74 0 168!Γρεβενά;

0 144 168 180 40 58 141 154 168 0!Γιαννισιά;

! $VCAP$ είναι η χωρητικότητα του οχήματος ;

VCAP = 18;

ENDDATA

! Ελαχιστοποίηση της συνολικά διανυόμενης απόστασης;

MIN = @SUM(CXC: DIST * X);

! Για κάθε πόλη εκτός του κέντρου διανομής;

@FOR(CITY(K) | K #GT# 1:

! ένα όχημα δεν διανύει απόσταση μεταξύ του εαυτού του,....;

X(K, K) = 0;

! ένα όχημα πρέπει να μπαίνει μέσα στο,... ;
**@SUM(CITY(I)| I #NE# K #AND# (I #EQ# 1 #OR#
 Q(I) + Q(K) #LE# VCAP): X(I, K)) = 1;**

! ένα όχημα πρέπει να φεύγει μετά την εξυπηρέτηση ;
**@SUM(CITY(J)| J #NE# K #AND# (J #EQ# 1 #OR#
 Q(J) + Q(K) #LE# VCAP): X(K, J)) = 1;**

! $U(K)$ είναι το ελάχιστο ποσό που χρειάζεστε στο K αλλά δεν μπορεί να υπερβεί την χωρητικότητα;
@BND(Q(K), U(K), VCAP);

! Εάν το K ακολουθεί το I , τότε μπορεί να περιοριστεί το $U(K) - U(I)$;
**@FOR(CITY(I)| I #NE# K #AND# I #NE# 1:
 U(K) >= U(I) + Q(K) - VCAP + VCAP *
 (X(K, I) + X(I, K)) - (Q(K) + Q(I))
 * X(K, I);
);**

! Εάν το K είναι η πρώτη στάση, τότε $U(K) = Q(K)$;
U(K) <= VCAP - (VCAP - Q(K)) * X(1, K);

! Εάν το K δεν είναι η πρώτη στάση ...;
**U(K) >= Q(K) + @SUM(CITY(I)|
 I #GT# 1: Q(I) * X(I, K));
);**

! Κάνοντας το X μοναδιαίο;
@FOR(CXC: @BIN(X));

! Ελάχιστος αριθμός απαιτούμενων οχημάτων, κλασματικά και στογγυλοποιημένα;
**VEHCLF = @SUM(CITY(I)| I #GT# 1: Q(I))/ VCAP;
 VEHCLR = VEHCLF + 1.999 -
 @WRAP(VEHCLF - .001, 1);**

! Θα πρέπει να σταλούν αρκετά οχήματα από το κέντρο διανομής;
@SUM(CITY(J)| J #GT# 1: X(1, J)) >= VEHCLR;
END

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

6.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ

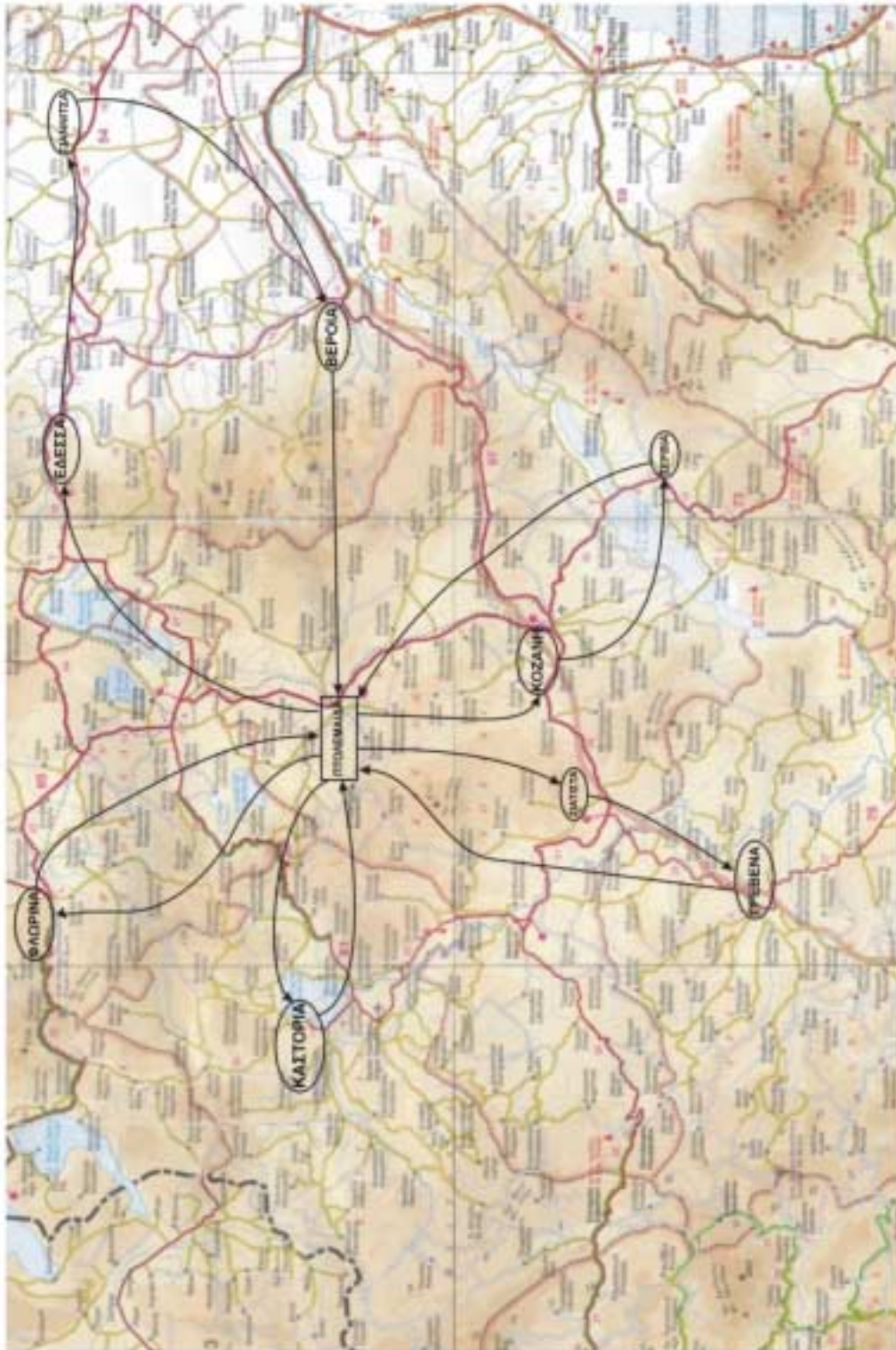
Στον πίνακα 6.1 εμφανίζονται τα αποτελέσματα της πρακτικής εφαρμογής ανά εβδομάδα, δηλαδή οι τιμές της αντικειμενικής και τα βήματα που χρειάστηκαν για την επίλυση του προβλήματος. Στο παράρτημα I υπάρχουν μαζί με τα αποτελέσματα, οι αναλυτικές αναπτύξεις της αντικειμενικής συνάρτησης που μας δίνει το Lingo, οι περιορισμοί, τα δεδομένα και λύσεις της διαδρομής που επιλέγεται.

Πίνακας 6.1

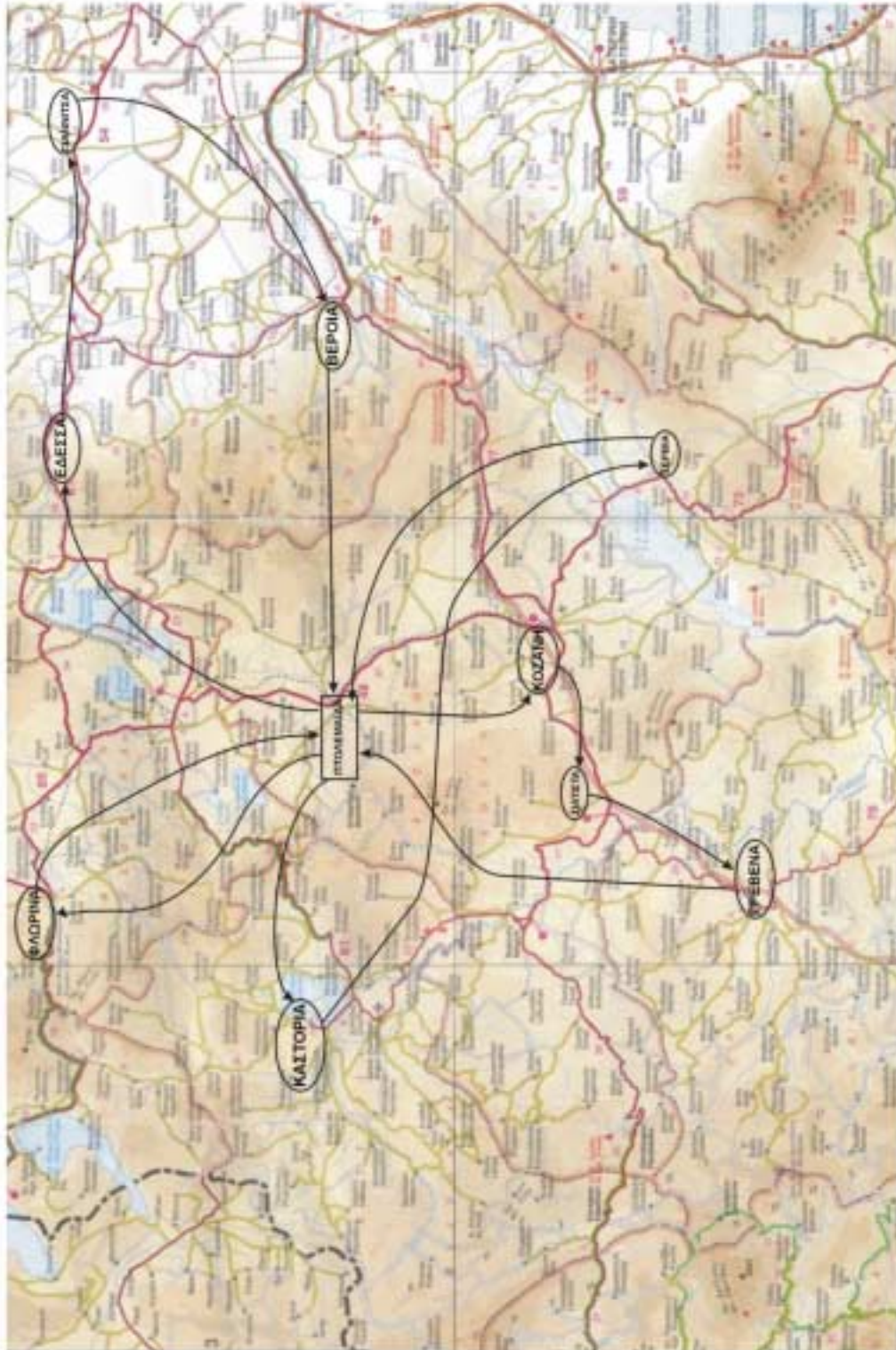
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	1	2	3	4
<i>ΒΗΜΑ ΕΥΡΕΣΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΛΥΣΗΣ</i>	440	287	189	111
<i>ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ</i>	417	407	417	407

6.2 ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ

Οι δυο χάρτες παρουσιάζουν τις βέλτιστες διαδρομές που προκύπτουν από την επίλυση του προβλήματος. Χαρακτηριστικό είναι ότι συμπίπτουν οι λύσεις των διαδρομών της πρώτης με την τρίτη εβδομάδα (χάρτης 6.1) όπως και της δεύτερης με την τέταρτη εβδομάδα (χάρτης 6.2).



ΧΑΡΤΗΣ 6.1



ΧΑΡΤΗΣ 6.2

6.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι οι διαδρομές στην περίπτωση του περιορισμού τους στη Δ. Μακεδονία γίνονται πολύ συγκεκριμένες. Συνεπώς για την εξυπηρέτηση όλων των πελατών, μια σωστή στρατηγική θα ήταν η εφαρμογή των βέλτιστων εφαρμογών σύμφωνα με την μοντελοποίηση στο κεφάλαιο 2. κάτι τέτοιο απαιτεί πολύ χρόνο λόγω υπολογιστικού φόρτου και κυρίως λόγω της μοντελοποίησης η οποία μπορεί να γίνει σε ερευνητικό επίπεδο. Μελλοντικά η δημιουργία αλγορίθμου ο οποίος θα μας δώσει αποτελέσματα πιο κοντά στην πραγματικότητα κρίνεται απαραίτητη.

REFERENCES

- P.W. Frizzell and J.W.Giffin , The split delivery vehicle scheduling problem with time windows and grid network distances

- Bruce L. Golden , Introduction to and Recent Advances in Vehicle Routing Methods

- Paolo Toth , Daniel Vigo , A heuristic algorithm for the symmetric and asymmetric vehicle routing problems with backhauls

- Guy Desaulniers , June Lavigne , Francois Soumis , Multi-depot vehicle scheduling problems with time-windows and waiting costs

- Michel Gendreau , Alain Hertz and Gilbert Laporte , The traveling Salesman problem with backhauls

- S.J. Louis , Information Sciences

- Guochuan Zhang , A new version of on-line variable-sized bin packing

- N.Christofides, The traveling salesman problem