

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ**

**ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ  
ΛΑΜΑΡΗΣ – ΠΡΕΒΕΖΑΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ  
ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΟΥ LABYE, ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ,  
ΤΗΣ ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ  
ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΟΥ Μ. ΘΕΟΧΑΡΗ**

**ΣΙΑΝΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ**

**ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2012**



Διατμηματικό του **Τμήματος Χημείας (Διοικ. Υπευθ.)**, συνεργαζόμενο με το Τμήμα Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σε σύμπραξη με τα Τμήματα Ανθοκομίας-Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Φυτικής Παραγωγής, Ζωϊκής Παραγωγής και Ιχθυοκομείας-Αλιείας της Σχολής Γεωπονίας του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου.

## **ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**Αγροχημεία και βιολογικές καλλιέργειες**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΜΕΝΕΛΑΟΣ**

### **ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ  
ΛΑΜΑΡΗΣ – ΠΡΕΒΕΖΑΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ  
ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΟΥ LABYE, ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ,  
ΤΗΣ ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ  
ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΟΥ Μ. ΘΕΟΧΑΡΗ**

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ**

**Περιβαλλοντική Αγροχημεία**

**ΣΙΑΝΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ**



# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ</b>	<b>1</b>
<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b>	<b>5</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>7</b>

## ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

### ΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

<b>1. Τα συλλογικά αρδευτικά δίκτυα με κλειστούς αγωγούς</b>	<b>12</b>
1.1. Γενικά	12
1.2. Η αρδευτική μονάδα και το ατομικό δίκτυο άρδευσης	13
1.3. Τα συλλογικά δίκτυα άρδευσης με καταιονισμό	14
1.4. Ο σχεδιασμός των αρδευτικών δικτύων καταιονισμού	15
1.5. Η βελτιστοποίηση των αρδευτικών δικτύων	16
<b>2. Παραδοχές υπολογισμού των αρδευτικών δικτύων καταιονισμού</b>	<b>18</b>
2.1. Γενικά	18
2.2. Οι επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής	18
2.3. Οι επιτρεπόμενες πιέσεις	19
2.4. Οι απώλειες φορτίου	19
2.4.1. Οι γραμμικές υδραυλικές απώλειες	19
2.4.2. Η ισοδύναμη απόλυτη τραχύτητα	22
2.4.3. Η θερμοκρασία του νερού	22
2.4.4. Οι τοπικές υδραυλικές απώλειες	23
2.5. Το κόστος των αγωγών	23
2.6. Το κόστος του έργου	25
<b>3. Η ασυνεχής μέθοδος του Labye</b>	<b>28</b>
3.1. Γενικά	28
3.2. Προϋποθέσεις εφαρμογής της μεθόδου του Labye	29
3.3. Περίπτωση ενός μόνο αγωγού	29
3.4. Περίπτωση ενός δικτύου με αγωγούς στη σειρά	32
3.5. Περίπτωση ενός δικτύου με δύο αγωγούς σε διακλάδωση	34
3.6. Περίπτωση ενός ακτινωτού δικτύου	34



<b>4.</b>	<b>Η ασυνεχής μέθοδος βελτιστοποίησης με γραμμικό προγραμματισμό</b>	
4.1.	Γενικά	36
4.2.	Κανονική μορφή του μοντέλου του γενικού προβλήματος	37
4.3.	Η μέθοδος simplex	39
4.3.1.	Προκαταρκτικά θεωρίας της Μεθόδου Simplex	39
4.3.2.	Συνοπτική παρουσίαση της μεθόδου Simplex	41
4.4.	Ο Γραμμικός προγραμματισμός στο σχεδιασμό αρδευτικών δικτύων	42
4.4.1.	Γενικά	42
4.4.2.	Το Μαθηματικό πρότυπο	43
4.4.2.1.	Οι μεταβλητές του προβλήματος	43
4.4.2.2.	Η αντικειμενική συνάρτηση	43
4.4.2.3.	Οι περιορισμοί	44
4.4.3.	Η βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης	45
4.4.4.	Αρδευτικό δίκτυο με αντλιοστάσιο	46
4.4.4.1.	Το κόστος του συστήματος αντλιοστασίου – δικτύου	46
4.4.4.2.	Επιλογή του βέλτιστου μανομετρικού ύψους του αντλιοστασίου	46
<b>5.</b>	<b>Η απλοποιημένη και η τροποποιημένη μέθοδος του Μ. Θεοχάρη</b>	<b>47</b>
5.1.	Η απλοποιημένη μέθοδος	47
5.1.1.	Εισαγωγή	47
5.1.2.	Το μαθηματικό πρόβλημα	47
5.1.2.1.	Η γενική μέθοδος	47
5.1.2.1.	Η απλοποιημένη μέθοδος	48
5.1.3.	Υπολογισμός των διαμέτρων και του κόστους του δικτύου	49
5.1.3.1.	Υπολογισμός των απωλειών φορτίου των αγωγών του δικτύου	49
5.1.3.2.	Υπολογισμός των διαμέτρων των αγωγών του δικτύου	51
5.1.3.3.	Υπολογισμός του ελάχιστου κόστους του δικτύου	51
5.1.4.	Συμπεράσματα	52
5.2.	Η τροποποιημένη μέθοδος βελτιστοποίησης	53

## ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΛΑΜΑΡΗΣ ΠΡΕΒΕΖΑΣ

<b>6.</b>	<b>Υπολογισμοί σύμφωνα με την εγκεκριμένη μελέτη του έργου</b>	<b>55</b>
6.1.	Γενικά	55
6.2.	Η περιοχή εκτέλεσης του έργου	55



6.2.1.	Εδαφολογικά στοιχεία	60
6.2.2.	Κλιματολογικά και υδραυλικά στοιχεία	60
6.2.2.1.	Η υδατοκατανάλωση των καλλιεργειών	60
6.2.2.2.	Αρδευτική μονάδα	61
6.2.2.3.	Χαρακτηριστικά υδροληψίας	61
6.3.	Το υλικό κατασκευής των σωλήνων	62
6.4.	Το ετήσιο κόστος του έργου	63
6.5.	Βελτιστοποίηση του αρδευτικού δικτύου	63
6.6.	Το κόστος του δικτύου	65
<b>7.</b>	<b>Παραδοχές και υπολογισμοί σύμφωνα με το γραμμικό προγραμματισμό και τις απλοποιημένες μεθόδους βελτιστοποίησης</b>	<b>66</b>
7.1.	Γενικά	66
7.2.	Γενική περιγραφή του έργου	67
7.2.1.	Συμβολισμοί	67
7.2.2.	Τοπογραφικά δεδομένα του δικτύου	67
7.3.	Παραδοχές υπολογισμού	70
7.3.1.	Οι επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής	70
7.3.2.	Οι απώλειες φορτίου	70
7.4.	Οι παροχές των αγωγών	70
7.5.	Το κόστος του έργου	72
7.5.1.	Το κόστος των αγωγών	72
7.5.2.	Το ετήσιο κόστος του έργου	73
<b>8.</b>	<b>Βελτιστοποίηση του δικτύου με την ασυνεχή μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού</b>	<b>74</b>
8.1.	Τα γεωμετρικά, τα υδραυλικά και τα οικονομικά στοιχεία των αγωγών	74
8.2.	Υπολογισμός του ελαχίστου κόστους του δικτύου	90
8.2.1.	Η αντικειμενική συνάρτηση	90
8.2.2.	Οι περιορισμοί δομής	92
8.2.2.1.	Οι περιορισμοί μήκους	92
8.2.2.2.	Οι περιορισμοί απωλειών	96
8.2.2.3.	Οι περιορισμοί μη αρνητικότητας	132
8.2.2.4.	Η βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης	133
8.3.	Υπολογισμός των διαμέτρων της βέλτιστης λύσης	133
8.4.	Τελικά αποτελέσματα	140
8.5.	Βελτίωση της λύσης	144



8.6.	Τελικά στοιχεία κόστους του έργου	147
<b>9.</b>	<b>Βελτιστοποίηση με την απλοποιημένη συνεχή μέθοδο του Μ. Θεοχάρη</b>	<b>148</b>
9.1.	Γενικά	148
9.2.	Το ιδεατό δίκτυο	148
9.3.	Η πλήρης διαδρομή με την ελάχιστη μέση κλίση	149
9.4.	Κατάστρωση του συστήματος	152
9.5.	Επιλογή των οικονομικών διαμέτρων του δικτύου	165
9.6.	Τροποποίηση της λύσης	168
9.7.	Υπολογισμός του συνολικού ετήσιου κόστους του δικτύου	172
<b>10.</b>	<b>Βελτιστοποίηση με την τροποποιημένη μέθοδο του Μ. Θεοχάρη</b>	<b>173</b>
10.1.	Γενικά	173
10.2.	Κατάστρωση του συστήματος	173
10.3.	Επιλογή των οικονομικών διαμέτρων του δικτύου	187
10.4.	Τροποποίηση της λύσης	189
10.5.	Υπολογισμός του συνολικού ετήσιου κόστους του δικτύου	193
<b>11.</b>	<b>Σύγκριση μεθόδων - Συμπεράσματα</b>	<b>194</b>
11.1.	Γενικά	194
11.2.	Αποτελέσματα	194
11.2.1.	Το συνολικό κόστος του δικτύου	194
11.2.2.	Το συνολικό ετήσιο κόστος του δικτύου	196
11.2.3.	Οι διάμετροι των αγωγών του δικτύου	196
11.2.4.	Το ύψος πίεσης των κόμβων του δικτύου	200
11.3.	Γενικά συμπεράσματα – Προτάσεις	203
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>206</b>



# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Χημείας, συνεργαζόμενο με το Τμήμα Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σε σύμπραξη με τα Τμήματα Ανθοκομίας-Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Φυτικής Παραγωγής, Ζωϊκής Παραγωγής και Ιχθυοκομείας-Αλιείας της Σχολής Γεωπονίας του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Θεοχάρη Μενέλαο, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Φυτικής Παραγωγή του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου για την καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής, αλλά και για την αμέριστη συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου τόσο στο ΤΕΙ Ηπείρου, όσο και στο μεταπτυχιακό κύκλο σπουδών μου. Επίσης τον ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα, καθώς και για την ανεκτίμητη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της διατριβής. Ειδικότερα, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες των ευχαριστιών μου για την άδειά του να χρησιμοποιήσω στοιχεία από τη διδακτορική του διατριβή, πάνω στην οποία βασίζεται η παρούσα διατριβή.

Επίσης, ευχαριστώ τους κ. Γάκη Ευάγγελο και κ. Καλτσίδα της Διεύθυνσης Τεχνικών Υπηρεσιών της Νομαρχίας Πρέβεζας και τον κ. Θεοχάρη Αχιλλέα της Διεύθυνση εγγείων Βελτιώσεων του Υπουργείου Γεωργίας για τα στοιχεία που μου παρείχαν παραθέτοντάς μου αντίγραφα των μελετών του έργου.

Θερμά ευχαριστώ τους κ. Μάνο Γεώργιο και Δούμα Δήμητρα, Καθηγητές του Τμήματος Φυτικής Παραγωγή του ΤΕΙ Ηπείρου για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή της παρούσας διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνάδερφο κ. Θωμά Αρμπιλιά καθώς ήταν σημαντική η βοήθειά του στη συγκέντρωση όλων των απαραίτητων στοιχείων, αλλά και η συμπαράστασή του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής μου.

Ιωάννινα 2012  
Σιάνου Αναστασία



# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη αποτελεί προϊόν της συνεργασίας μεταξύ των μελών του τμήματος...

Από τον Γραμματέα του τμήματος...

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια των μελών του τμήματος...

**Αφιερώνεται στις γιαγιάδες μου  
που μου διδάσκουν  
να ζω όμορφα και να ονειρεύομαι.**

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια των μελών του τμήματος...

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια των μελών του τμήματος...

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια των μελών του τμήματος...

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια των μελών του τμήματος...

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια των μελών του τμήματος...

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια των μελών του τμήματος...





# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

*«Το νερό δεν είναι εμπορικό προϊόν όπως όλα τα άλλα, αλλά αποτελεί κληρονομιά που πρέπει να προστατεύεται και να τυγχάνει της κατάλληλης μεταχείρισης».*

Οδηγία 2000/60 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου

Κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα που σχετίζεται με την κάρπωση ανανεώσιμων φυσικών πόρων, πρέπει να βασίζεται σε ορθολογικό διαχειριστικό σχέδιο και να διεξάγεται με στόχο την επίτευξη της αειφορίας.

Από πολύ παλιά, ο άνθρωπος αντιλήφθηκε ότι έπρεπε να διαχειριστεί κατάλληλα το νερό, ώστε να αντιμετωπίσει ακραία καιρικά φαινόμενα για να εξασφαλίσει την επιβίωσή του. Ακόμα περισσότερο, η διαχείριση του νερού υπήρξε εφελτήριο για την εγκατάλειψη της νομαδικής ζωής και την δημιουργία κοινοτήτων με συγκεκριμένη δομή και λειτουργία προάγοντας ακόμα περισσότερο τον πολιτισμό.

Η έννοια της χρήσης και διαχείρισης του νερού, έχει να κάνει με την ορθολογική αξιοποίηση και κατανομή του στις διάφορες χρήσεις με βάση την ποσότητα, την ποιότητα και τις υπάρχουσες ανάγκες, οι οποίες όμως συνεχώς μεταβάλλονται.

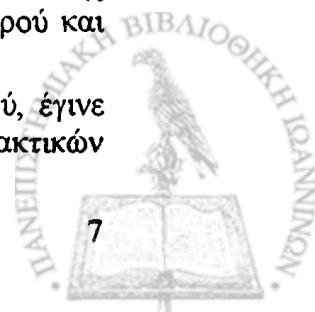
Σήμερα όμως, σε σύγκριση με τις διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες που έχουν να κάνουν τόσο με την αύξηση του πληθυσμού, όσο και με την ανισοκατανομή των αγαθών, οι υδατινοί πόροι υπόκεινται σε εκμετάλλευση η οποία χαρακτηρίζεται από μια υποτυπώδη διαχείριση. Η κάλυψη κυρίως περιστασιακών αναγκών, με περιορισμένη εφαρμογή σχεδιασμών ή στρατηγικών οδηγεί σε μια διαμάχη για το νερό η οποία εκτίνεται σε παγκόσμια κλίμακα.

Σε παγκόσμιο επίπεδο υπολογίζεται ότι το νερό χρησιμοποιείται κατά 63% για τη γεωργία, κατά 23% για οικιακή χρήση και κατά 8% στη βιομηχανία. Οι διαφορές όμως που υπάρχουν μεταξύ των ηπείρων είναι μεγάλες.

Στην Ελλάδα πάνω από το 80% του νερού καταναλώνεται από τον αγροτικό τομέα, και η έλλειψη στρατηγικής διαχείρισής του έχει ως αποτέλεσμα την υπεράρδευση και τις παράνομες γεωτρήσεις, ενώ τα υδροφόρα στρώματα είναι εκτεθειμένα στην κατάχρηση φυτοχημικών. Αποτέλεσμα είναι το συνεχώς αυξανόμενο έλλειμμα νερού που συνοδεύεται από την υποβάθμιση της ποιότητάς του.

Η ορθολογική αξιοποίηση και η ποιοτική βελτίωση του νερού αποτελεί ίσως το σημαντικότερο άξονα για τη διασφάλιση της συνέχισης και εξέλιξης του πολιτισμού μας και βασίζεται σε τρεις κατευθύνσεις: την προοδευτική μείωση της ρύπανσης αποτρέποντας τη μόλυνσή του, την προώθηση της βιώσιμης χρήσης του νερού και τον περιορισμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες.

Στα πλαίσια της ορθής χρήσης και της διαχειριστικής λογικής του νερού, έγινε ακόμα πιο εντατική η ανάγκη για την περαιτέρω αναβάθμιση διαφόρων πρακτικών



που χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό των αρδευτικών δικτύων, έτσι ώστε οι διαδικασίες να απλοποιηθούν και η πρακτική γνώση να είναι περισσότερη εύκαιρη στο επιστημονικό προσωπικό.

Η βελτιστοποίηση των δικτύων αποτελεί ένα σημαντικότερο εργαλείο καθώς κατά το στάδιο του σχεδιασμού, θεωρείται ότι το δίκτυο δεν υφίσταται και επιδιώκεται η βελτιστοποίησή του από μηδενική βάση.

Με τον όρο βελτιστοποίηση δικτύου, νοείται η εύρεση του βέλτιστου οικονομοτεχνικά συνδυασμού των διαμέτρων των αγωγών και των ειδικών συσκευών (π.χ. αντλιών) του δικτύου, που ικανοποιούν τις προδιαγραφές λειτουργίας, οι οποίες έχουν τεθεί εκ των προτέρων.

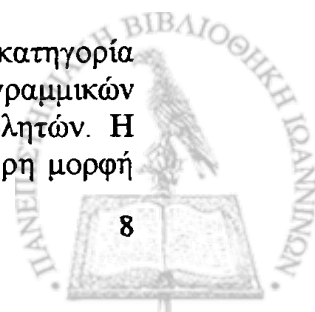
Η βελτιστοποίηση ενός δικτύου γίνεται κάτω από συνθήκες μόνιμης ροής, και μάλιστα με τη θεωρούμενη δυσμενέστερη φόρτιση. Με τον όρο φόρτιση του δικτύου νοείται ο συνδυασμός δεδομένων καταναλώσεων και εισροών παροχής στο δίκτυο, που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας.

Το πρόβλημα του προσδιορισμού του βέλτιστου συνδυασμού των διαμέτρων, για την ελαχιστοποίηση του κόστους ενός αρδευτικού δικτύου, απασχόλησε για πολλά χρόνια τους Μηχανικούς μελετητές υδραυλικών έργων. Η γνώση της υπολογιστικής διαδικασίας για την ελαχιστοποίηση του κόστους αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στο σχεδιασμό των αρδευτικών δικτύων και στη διαχείριση των υδατικών πόρων μιας περιοχής.

Ειδικότερα, όσον αφορά το θέμα της ελαχιστοποίησης του κόστους αρδευτικών δικτύων, έχουν αναπτυχθεί κυρίως οι παρακάτω μέθοδοι (Μ. Θεοχάρης, 2004) :

Η ασυνεχής μέθοδος του **γραμμικού προγραμματισμού** είναι από τις παλαιότερες και από τις πλέον συνήθεις για το σχεδιασμό ακτινωτών δικτύων. Εκτός από το σχεδιασμό ακτινωτών δικτύων, όπου χρησιμοποιείται αυτούσια, έχει πολλές εφαρμογές και σε αλγόριθμους βελτιστοποίησης κλειστών δικτύων. Πρόκειται για μέθοδο που δέχεται ασυνεχή συνάρτηση διαμέτρων και επιλύεται απ' ευθείας χρησιμοποιώντας διαμέτρους εμπορίου. Πατέρας της θεωρίας του γραμμικού προγραμματισμού θεωρείται ο Dantzig G.B., που το 1947 παρουσίασε τη μέθοδο simplex στην προσπάθειά του να δώσει λύση σε προβλήματα επιχειρησιακής έρευνας (Dantzig, G.B., 1963 και Dantzig, G.B., and Veinott, A.F., 1970). Αργότερα ο Dantzig μαζί με τον Hays (Ψωινός, D., 1985) ανέπτυξαν την αναθεωρημένη μέθοδο simplex, η οποία είναι πιο αποτελεσματική και αποδοτική από την απλή μέθοδο simplex και χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα. Στην Ελλάδα εκτός των άλλων, ασχολήθηκαν με το γραμμικό προγραμματισμό και τη μέθοδο simplex η Μ. Παυλίδου Μ. (1972), ο Ξηρόκωστας Δ. (1980), ο Ψωινός, Δ. (1989), ο Αγραφιώτης, Γ., (1999), κ.ά. Από τους πρωτοπόρους του γραμμικού προγραμματισμού στο βέλτιστο σχεδιασμό των δικτύων θεωρείται ο Smith (1966). Οι Alperovits, E., και Shamir, U., χρησιμοποίησαν σαν μεταβλητές αποφάσεων, τόσο τις διαμέτρους, όσο και τα μήκη των αγωγών και παρουσίασαν το 1977 μια τροποποιημένη μέθοδο γραμμικού προγραμματισμού τη L.P.G. (Linear Programming Gradient). Ο Δ. Ιωαννίδης το 1992 χρησιμοποίησε το γραμμικό προγραμματισμό σε συλλογικά δίκτυα υπό πίεση. Οι Τζιμόπουλος και Ιωαννίδης (1997), εφάρμοσαν την ως άνω μέθοδο σε περιοχή της Βορείου Ελλάδας. Αναλυτική παρουσίαση της μεθόδου έγινε στην Ελλάδα από τους Δ. Ιωαννίδη (1992) και Μ. Θεοχάρη (2004).

Η συνεχής μέθοδος του **μη γραμμικού προγραμματισμού** ανήκει στην κατηγορία των μαθηματικών μεθόδων για την βελτιστοποίηση γενικών μη γραμμικών προβλημάτων, στα οποία χρησιμοποιούνται συναρτήσεις πολλών μεταβλητών. Η μέθοδος αυτή πρωτοεμφανίστηκε το 1969 ( Νουτσόπουλος 1969 ) σε πλήρη μορφή



για ακτινωτά δίκτυα βαρύτητας. Το 1973 (Swamee P.K., Kumar V., Khanna P.) η μέθοδος επεκτάθηκε για να συμπεριλάβει και τη βελτιστοποίηση αντλιοστασίου, για ένα μόνο αγωγό χωρίς διακλαδώσεις. Με τη βελτιστοποίηση δικτύων βαρύτητας με αγωγούς στη σειρά ασχολήθηκαν και οι Hillier F.S., Liebermann G. J., (1974). Η μέθοδος τροποποιήθηκε στο μαθηματικό της μέρος από τον Χ. Τζιμόπουλο (1982), οπότε γενικεύθηκε και επεκτάθηκε η εφαρμογή της για τυχόν ακτινωτό δίκτυο με αντλιοστάσιο.

Η ασυνεχής μέθοδος του δυναμικού προγραμματισμού είναι μία μέθοδος βελτιστοποίησης, που βασίζεται στην αρχή των Bellman E. R., and Dreyfous E. S., (1962), ότι η βέλτιστη λύση για ένα πρόβλημα μπορεί να ληφθεί με σειρά διαδοχικών αποφάσεων. Ιστορικά η πρώτη εμφάνιση δυναμικού προγραμματισμού στο σχεδιασμό αστικών δικτύων έγινε το 1971 από τον Liang. Το 1975 οι Yang K. P., Liang T., Wu I. P., κατόρθωσαν να εφαρμόσουν δυναμικό προγραμματισμό και σε δίκτυα με διακλαδώσεις. Κλασσική εργασία γενικής περιγραφής και κατάταξης των προβλημάτων που επιλύονται με δυναμικό προγραμματισμό αποτελεί ένα εκτεταμένο άρθρο του Yakowitz (1982). Επόμενη εργασία με χρήση δυναμικού προγραμματισμού εμφανίζεται από τους Walters G. A., και McKechnie (1985).

Η μέθοδος του Labye εφαρμόστηκε από τον Γάλλο Μηχανικό Labye το 1964 (Labye, 1966) σε ερευνητική εργασία, που παρουσίασε σαν Διδακτορική Διατριβή στο Πολυτεχνείο της Τουλούζης. Ο Labye την παρουσίασε σαν γραφική μέθοδο, ισοδύναμη του γραμμικού προγραμματισμού. Η μέθοδος αποτελεί στην ουσία απλοποιημένη μορφή δυναμικού προγραμματισμού σε συνδυασμό με ευριστικές μεθόδους (= μέθοδοι ενεργειών με βάση τις κτηθείσες εμπειρίες) για απλά δίκτυα που τροφοδοτούνται από ένα και μόνο αντλιοστάσιο στην κεφαλή του δικτύου (Λ. Βαμβακερίδου-Λυρούδια, 1990). Αναλυτική παρουσίαση της μεθόδου έγινε στην Ελλάδα από τους Ε.Χ. Λειβαδίτη (1972), Χ. Τζιμόπουλο (1991) και Μ. Θεοχάρη (2004). Στην Ελλάδα είναι διαδεδομένη η χρήση της ασυνεχούς μεθόδου Labye για τη διαστασιολόγηση αρδευτικών δικτύων.

Το κοινό χαρακτηριστικό όλων των παραπάνω τεχνικών μεθόδων είναι ότι εισάγεται μια αντικειμενική συνάρτηση (objective function), η οποία περιλαμβάνει το ολικό κόστος των αγωγών του δικτύου και πρέπει να βελτιστοποιηθεί μέσα στα πλαίσια που ορίζουν οι περιορισμοί δομής (constraints). Ως μεταβλητές αποφάσεων (decision variables) χρησιμοποιούνται συνήθως:

- οι διάμετροι των αγωγών
- οι απώλειες φορτίου
- τα μήκη των αγωγών

Ως περιορισμοί δομής χρησιμοποιούνται:

- τα μήκη των αγωγών
- το διαθέσιμο φορτίο για απώλειες.

Ο Μ. Θεοχάρης στα πλαίσια της διδακτορικής του διατριβής το 2004 ανέπτυξε μία μεθοδική παρουσίαση, περιγραφή, μελέτη και συγκριτική αξιολόγηση των τεσσάρων μεθόδων βελτιστοποίησης για την περίπτωση τυχόντος αρδευτικού δικτύου βαρύτητας ή δικτύου με αντλιοστάσιο.

*Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η μελέτη και συγκριτική αξιολόγηση τεσσάρων μεθόδων βελτιστοποίησης για την περίπτωση αρδευτικού δικτύου βαρύτητας.*



Η συγκριτική αυτή αξιολόγηση αποτελεί τμήμα της γενικότερης προσπάθειας που γίνεται σε διάφορες ερευνητικές εργασίες για τη *συστηματική για συγκριτική αξιολόγηση αυτών μεθόδων σε ολοκληρωμένο συγκεκριμένο αρδευτικό δίκτυο ώστε να βελτιωθεί ο τρόπος σχεδιασμού των αρδευτικών δικτύων.*

Οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν είναι αυτές του γραμμικού προγραμματισμού, της απλοποιημένης μεθόδου του Μ. Θεοχάρη και της τροποποιημένης μεθόδου του Μ. Θεοχάρη και η σύγκριση των αποτελεσμάτων τόσο μεταξύ τους, όσο και με τα αποτελέσματα της μεθόδου του Labye που αναφέρονται στην οριστική μελέτη του έργου.

Η όλη ύλη είναι ταξινομημένη σε δύο μέρη και έντεκα κεφάλαια.

**Στο πρώτο μέρος**, που περιλαμβάνει τα πέντε πρώτα κεφάλαια, παρουσιάζονται οι μελετώμενες μέθοδοι βελτιστοποίησης όπως αυτές διαμορφώνονται, αν ληφθούν υπόψη οικονομικά στοιχεία της Ελληνικής πραγματικότητας.

Η παρούσα εργασία περιέχει τα εξής κεφάλαια :

**Στο πρώτο κεφάλαιο** δίνονται γενικά πληροφοριακά στοιχεία για τα συλλογικά αρδευτικά δίκτυα με κλειστούς αγωγούς

**Στο δεύτερο κεφάλαιο** δίνονται οι παραδοχές υπολογισμού των αρδευτικών δικτύων καταιονισμού οι οποίες απορρέουν τόσο από την εγκύκλιο Δ. 22.200/30-7-1977 του ΥΠΕΧΩΔΕ, όσο και από τη διεθνή επιστημονική τεκμηρίωση.

**Στο τρίτο κεφάλαιο** αναπτύσσεται η μέθοδο του Labye η οποία χρησιμοποιήθηκε κατά την οριστική μελέτη του έργου.

**Στο τέταρτο κεφάλαιο** περιγράφεται η ασυνεχής μέθοδος βελτιστοποίησης με γραμμικό προγραμματισμό.

**Στο πέμπτο κεφάλαιο** αναπτύσσεται η απλοποιημένη μη γραμμική μέθοδος βελτιστοποίησης του Μ. Θεοχάρη, καθώς επίσης και η τροποποιημένη μέθοδος αυτής, με την οποία αντιμετωπίζονται κάποιες αδυναμίες της απλοποιημένης μεθόδου.

**Στο δεύτερο μέρος** της παρούσας διατριβής, γίνεται εφαρμογή και συγκριτική αξιολόγηση των μεθόδων βελτιστοποίησης, στο δίκτυο της χαμηλής ζώνης Λάμαρης του Νομού Πρέβεζας.

**Στο έκτο κεφάλαιο** δίνονται τα δεδομένα για το αρδευτικό δίκτυο της Λάμαρης του νομού Πρεβέζης, οι παραδοχές για τα υλικά και τους υπολογισμούς σύμφωνα με την οριστική μελέτη του έργου και τα τεύχη των τεχνικών και γεωργοοικονομικών στοιχείων. Ακόμα παρουσιάζονται και τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά την εφαρμογή της μεθόδου του Labye.

**Στο έβδομο κεφάλαιο** εκτελούνται οι υπολογισμοί που ισχύουν και για τις τρεις μεθόδους βελτιστοποίησης.

**Στο όγδοο κεφάλαιο** γίνεται η βελτιστοποίηση με την ασυνεχή μέθοδο γραμμικού προγραμματισμού σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο τέταρτο κεφάλαιο. Καταγράφονται αναλυτικά η αντικειμενική συνάρτηση και οι περιορισμοί δομής του προβλήματος.

**Στο ένατο και δέκατο κεφάλαιο** εφαρμόζονται οι δύο μορφές της απλοποιημένης μεθόδου του Μ. Θεοχάρη στο αρδευτικό δίκτυο της Λάμαρης του Νομού Πρεβέζης.

**Στο ενδέκατο κεφάλαιο** γίνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων των τεσσάρων μεθόδων βελτιστοποίησης (της μεθόδου του Labye, της ασυνεχούς μεθόδου γραμμικού προγραμματισμού, της απλοποιημένης μεθόδου του Μ. Θεοχάρη και της τροποποιημένης απλοποιημένης μεθόδου του Μ. Θεοχάρη) και εξάγονται τα συμπεράσματα.

Κατά την εφαρμογή της κάθε μεθόδου τηρούνται οι προδιαγραφές που τίθενται από την Ελληνική νομοθεσία καθώς και οι αρχές και οι κανόνες που προτείνονται στην βιβλιογραφία. Η ακολουθούμενη πορεία είναι αναλυτική και επεξηγείται με λεπτομέρεια η όλη υπολογιστική διαδικασία.

Μετά την ολοκλήρωση των υπολογισμών για κάθε μέθοδο και την εύρεση της οικονομικής λύσης, γίνεται βελτίωση της λύσης με στόχο την εξάλειψη των μειονεκτημάτων της μεθόδου, την προσαρμογή της λύσης στις πραγματικές συνθήκες αγοράς, την εξοικονόμηση υλικών και εργασίας από τη μη τοποθέτηση περιττών ειδικών εξαρτημάτων, και την πλήρη αξιοποίηση του διαθέσιμου πιεζομετρικού φορτίου.

*Σημειώνεται ότι τα κεφάλαια 1,2,3,4 και 5 της παρούσας διατριβής, αποτελούν τμήματα της Διδακτορικής Διατριβής του κ. Μ. Θεοχάρη (2004) και χρησιμοποιούνται με την άδειά του.*

# ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

## ΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

# 1

### Τα συλλογικά αρδευτικά δίκτυα με κλειστούς αγωγούς

#### 1.1. Γενικά

Τα αρδευτικά έργα είναι ένα σύνολο εγκαταστάσεων, συσκευών και οργάνων, που έχουν σαν τελικό στόχο τη χορήγηση νερού στις καλλιέργειες. Ο σχεδιασμός των έργων αυτών γίνεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται με τον πιο οικονομικό τρόπο η ανάπτυξη και η απόδοση των καλλιεργειών. Η έννοια της οικονομίας στο σχεδιασμό αρδευτικών έργων αφορά τόσο το κόστος των εγκαταστάσεων, όσο και το κόστος συντήρησης και λειτουργίας. Επιπλέον η επιδίωξη οικονομικών λύσεων περιέχει και τη βασική συνιστώσα του προβλήματος που είναι το νερό. Με δεδομένο το γεγονός ότι τα αποθέματα του νερού ποικίλλουν από περιοχή σε περιοχή και ότι μεταβάλλονται ακόμα και με τις εποχές του έτους, γίνεται προφανές ότι η αποδοτικότητα ενός αρδευτικού έργου είναι άμεσα εξαρτημένη από τις προκαλούμενες απώλειες του νερού. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο σχεδιασμός ενός αρδευτικού έργου απαιτεί μία σύνθετη διαδικασία επίλυσης ενός πολύπλοκου προβλήματος όταν κρίνεται σκόπιμο να γίνει μία λεπτομερής ανάλυση ενός αρδευτικού δικτύου υπό πίεση.

Το σύστημα των αγωγών με τους οποίους μεταφέρεται το νερό από κάποια πηγή ως τα κτήματα των καλλιεργητών, όπου αυτοί το παίρνουν και το εφαρμόζουν με τις διάφορες μεθόδους άρδευσης, ονομάζεται αρδευτικό δίκτυο.

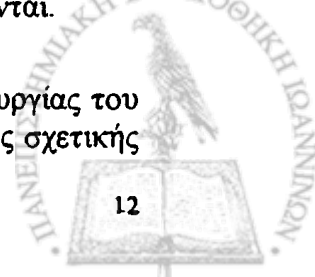
Τα τμήματα από τα οποία αποτελείται ένα αρδευτικό δίκτυο με κλειστούς αγωγούς είναι τα ακόλουθα.

#### α. Το έργο υδροληψίας

Ως πηγή νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα φυσικό ή τεχνητό ρεύμα, λίμνη ή τεχνητός ταμιευτήρας νερού, ένα αβαθές πηγάδι ή μια βαθιά γεώτρηση. Το τεχνικό έργο της υδροληψίας είναι ανάλογο με την πηγή νερού και συνήθως είναι εφοδιασμένο με μια διάταξη μηχανικού καθαρισμού του νερού από πιθανά φερτά υλικά που αιωρούνται.

#### β. Το αντλιοστάσιο

Με αυτό εξασφαλίζεται η απαιτούμενη κάθε φορά παροχή και πίεση λειτουργίας του δικτύου. Μερικές φορές η πίεση αυτή εξασφαλίζεται με τη βαρύτητα, λόγω της σχετικής



τοπογραφικής θέσης της πηγής νερού ως προς την αρδευόμενη έκταση και κατά συνέπεια δε χρειάζεται κατασκευή αντλιοστασίου.

γ. Η διάταξη ρύθμισης της παροχής

Η διάταξη αυτή παρεμβάλλεται ανάμεσα στο αντλιοστάσιο και το δίκτυο για να εξισορροπεί τη μεταβλητή ζήτηση του δικτύου με τη συνεχή σταθερή παροχή του αντλιοστασίου.

δ. Το δίκτυο αγωγών

Το δίκτυο αγωγών είναι συνήθως υπόγειο και υπό πίεση και με αυτό μεταφέρεται το νερό από το αντλιοστάσιο, ή την πηγή, στην υπό άρδευση έκταση.

ε. Οι υδροληψίες

Οι υδροληψίες είναι συσκευές παροχέτευσης του νερού στις αρδευόμενες εκτάσεις με σταθερή πίεση και παροχή και συνήθως εγκαθίστανται στα όρια των αγροτεμαχίων, ώστε επιτρέπουν την απευθείας χρησιμοποίηση του κινητού υλικού καταιονισμού. Οι υδροληψίες διαθέτουν μετρητή παροχής και, εφόσον απαιτείται, ρυθμιστή πίεσης. Η επιφάνεια που εξυπηρετείται από μια υδροληψία αποτελεί την αρδευτική μονάδα του δικτύου.

στ. Το κινητό υλικό

Αυτό αποτελείται από ταχυσύνδετους σωλήνες, τα εξαρτήματα αυτών και τους εκτοξευτήρες διασποράς του νερού.

## 1.2. Η αρδευτική μονάδα και το ατομικό δίκτυο άρδευσης

Η αρδευτική μονάδα αποτελεί εκείνη την έκταση γης, για την άρδευση της οποίας υπάρχει μια μόνη και αποκλειστική υδροληψία. Η αρδευτική μονάδα καθορίζεται στη φάση μελέτης του αρδευτικού έργου και εξαρτάται από το μέγεθος των αγροτεμαχίων της περιοχής και την εφαρμογή ή όχι αναδασμού. Συνήθως η έκταση της κυμαίνεται από 5 μέχρι 50 στρέμματα και, για λειτουργικούς κυρίως λόγους, πρέπει να έχει ορθογωνική μορφή. Μέσα στην αρδευτική μονάδα, τόσο η μεταφορά του αρδευτικού νερού από την υδροληψία, όσο και η εφαρμογή του στο έδαφος, γίνεται με το ατομικό δίκτυο άρδευσης.

Από τη μόνιμα εγκαταστημένη υδροληψία (υδροληψία του αρδευτικού συστήματος ή υδροληψία από φυσική πηγή) ξεκινά η κύρια γραμμή άρδευσης (σωληνωτός αγωγός μόνιμα εγκατεστημένος, ή κινητός). Κατά μήκος της κύριας γραμμής άρδευσης υπάρχουν ειδικά τεμάχια (τοπικές υδροληψίες, ταν και δικλείδες) ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση και η τροφοδοσία των γραμμών άρδευσης (ή γραμμών εφαρμογής). Πάνω στη γραμμή άρδευσης είναι τοποθετημένοι σε ίσες αποστάσεις οι εκτοξευτήρες. Συνήθως γραμμή άρδευσης είναι ταχυσύνδετη υπέργεια κινητή σωλήνωση. Η κατασκευή μόνιμων γραμμών άρδευσης συναντάται σε ευαίσθητες και αποδοτικές καλλιέργειες.

Το κινητό υλικό άρδευσης (κύρια γραμμή + γραμμές άρδευσης) πρέπει να υπολογιστεί, από υδραυλική άποψη, ξεκινώντας από τον πιο απομακρυσμένο εκτοξευτήρα ή από τον εκτοξευτήρα που έχει τη μεγαλύτερη υψομετρική διαφορά από την υδροληψία. Προηγείται βέβαια η επιλογή του εκτοξευτήρα και ο καθορισμός της πίεσης λειτουργίας του, που χαρακτηρίζεται σαν ονομαστική πίεση εκτοξευτήρα.

Για τον υπολογισμό των σωληνώσεων της γραμμής άρδευσης και της κύριας γραμμής, γίνεται χρήση του κανόνα του Christiansen σύμφωνα με τον οποίο η διακύμανση της πίεσης μεταξύ του πρώτου και του τελευταίου εκτοξευτήρα είναι από + 15 % μέχρι - 5 % της ονομαστικής πίεσης του εκτοξευτήρα αντίστοιχα. Επομένως, τόσο για την πτέρυγα όσο και για τον κορμό, η σωλήνωση επιλέγεται με τον περιορισμό ότι η μέγιστη κλίση της πιεζομετρικής γραμμής θα είναι το 20 % της ονομαστικής πίεσης του εκτοξευτήρα. Πέραν

των ως άνω συστημάτων, από μία υδροληψία είναι δυνατόν να ξεκινούν κανόνια άρδευσης τα οποία απαιτούν μεγάλες πιέσεις, ή και σωλήνες που περιέχουν καθ' οδόν ενσταλακτήρες με χαμηλές πιέσεις.

### 1.3. Τα συλλογικά δίκτυα άρδευσης με καταιονισμό

Τα συλλογικά δίκτυα άρδευσης με καταιονισμό αποτελούν στην ουσία ένα σύνολο ατομικών δικτύων που τροφοδοτούνται με αρδευτικό νερό από ένα κεντρικό δίκτυο μεταφοράς και διανομής. Το δίκτυο αυτό είναι ένα ακτινωτό δίκτυο σωληνώσεων που ενώνει τις υδροληψίες όλων των αρδευτικών μονάδων.

Το ακτινωτό δίκτυο των αγωγών μεταφοράς και διανομής του αρδευτικού νερού, είναι δίκτυο μόνιμων υπόγειων πλαστικών σωλήνων από χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC) σε μήκη 6 m. Η σύνδεση των σωλήνων γίνεται με ειδική διαμόρφωση του ενός άκρου τους, ώστε να επικαλύπτει το συνεχόμενο σωλήνα, και με παρεμβολή ελαστικού δακτυλίου μεταξύ των δύο τμημάτων εξασφαλίζεται η στεγανότητα. Κατασκευάζονται και ειδικά τεμάχια από PVC για την ολοκλήρωση του δικτύου. Συνήθως στην άρδευση με καταιονισμό χρησιμοποιούνται σωλήνες με αντοχή σε πίεση 10 - 16 atm και με διάμετρο από 63 έως 500 mm. Επίσης στην αρχή του δικτύου εφαρμόζονται και χαλυβδοσωλήνες σε ένα τμήμα του δικτύου, εάν οι αναπτυσσόμενες πιέσεις υπερβαίνουν την ονομαστική αντοχή των πλαστικών σωλήνων.

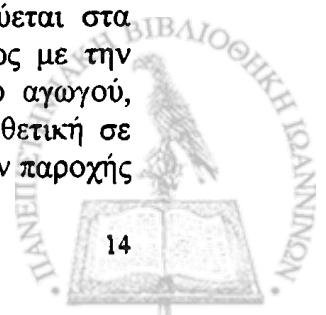
Το συλλογικό δίκτυο προορίζεται να εξυπηρετεί τα ατομικά αρδευτικά δίκτυα (τις αρδευτικές μονάδες) συνδέοντας όλες τις υδροληψίες με τη διάταξη ρύθμισης της παροχής (κεφαλή δικτύου). Επομένως το πρώτο βήμα στη χάραξη ενός συλλογικού αρδευτικού δικτύου είναι η τοποθέτηση των υδροληψιών.

Για να λειτουργήσει το συλλογικό δίκτυο άρδευσης χωρίς προβλήματα, πρέπει το αρδευτικό νερό να είναι απαλλαγμένο από φερτά υλικά. Τα φερτά υλικά προκαλούν σημαντικές φθορές στα αντλητικά συγκροτήματα καθώς και φράξιμο των εκτοξευτήρων. Σε περίπτωση ύπαρξης φερτών υλικών στο αρδευτικό νερό, θα πρέπει μετά τη συλλογή του από τον ποταμό να κατασκευάζεται κατάλληλη διάταξη για τη συγκράτησή τους. Συνήθως η διάταξη αυτή είναι μια λεκάνη ηρεμίας όπου κατακάθονται τα φερτά υλικά και στη συνέχεια απομακρύνονται.

Η ασφάλεια του δικτύου των αγωγών μεταφοράς και διανομής του αρδευτικού νερού, απαιτεί την αντιμετώπιση μόνιμων ή έκτακτων καταστάσεων, που δημιουργούνται στη διάρκεια της λειτουργίας του (έναρξη και διακοπή αντλιοστασίου, απότομη διακοπή παροχής, ανάγκη διακοπής παροχής σε τμήμα του δικτύου, επισκευή και αντικατάσταση σωληνώσεων κλπ.). Το πρόβλημα της ομαλής και ασφαλούς λειτουργίας του δικτύου αντιμετωπίζεται με τη μελέτη και εγκατάσταση στο δίκτυο των συσκευών τοπικής προστασίας. Οι συσκευές τοπικής προστασίας είναι :

α) Οι αντιπληγματικές βαλβίδες, που χρησιμεύουν για τον περιορισμό της επιρροής του φαινομένου του υδραυλικού πλήγματος (πλήγματος κριού) και την προστασία του συστήματος μεταφοράς του αρδευτικού νερού από τις υπερπίεσεις. Τοποθετούνται στα σημεία όπου δημιουργείται το υδραυλικό πλήγμα ή εκεί όπου αναπτύσσονται οι μεγαλύτερες υπερπίεσεις. Συνήθως τοποθετούνται ανάντη των συστημάτων ρύθμισης της παροχής (π.χ. ανάντη των υδροληψιών) και κατόντη των αντλιοστασίων.

β) Οι βαλβίδες εξαέρωσης για την απομάκρυνση του αέρα που συσσωρεύεται στα ψηλότερα σημεία του δικτύου (οι θύλακες του αέρα σχηματίζονται συνήθως με την ένταξη λειτουργίας του δικτύου και περιορίζουν την ωφέλιμη διατομή του αγωγού, αυξάνουν επομένως τις απώλειες). Τοποθετούνται στα σημεία αλλαγής, από θετική σε αρνητική, της κλίσης του αγωγού. Επίσης τοποθετούνται ανάντη των διακοπών παροχής





(βάνες) αν ο αγωγός ανεβαίνει (θετική κλίση) ή στα κατάντη τους αν ο αγωγός κατεβαίνει (αρνητική κλίση).

γ) Οι βαλβίδες εισαγωγής αέρα, για την εξουδετέρωση των υποπίεσεων που μπορεί να δημιουργηθούν στο δίκτυο (συνήθως στη διάρκεια του αδειάσματος του δικτύου). Η δημιουργία υποπίεσεων προξενεί βλάβες στις συνδέσεις των σωληνώσεων με αποτέλεσμα τη μη στεγανότητα των αγωγών. Οι βαλβίδες αυτές τοποθετούνται στα ψηλότερα σημεία του δικτύου καθώς και στα σημεία όπου είναι δυνατόν να αναπτυχθούν υποπίεσεις (φαινόμενο σίφωνα).

δ) Οι εκκενωτές για το γρήγορο άδειασμα του δικτύου, ή τμήματος του, σε περιπτώσεις επισκευής και συντήρησης των αγωγών ή κατά τη διάρκεια της χειμερινής διακοπής της άρδευσης. Για λειτουργικούς λόγους οι εκκενωτές τοποθετούνται στα χαμηλά σημεία του δικτύου.

ε) Οι διακόπτες παροχής ή βάνες, για το σταμάτημα της ροής του νερού και την απομόνωση τμήματος του δικτύου. Συνήθως τοποθετούνται αυτόματες βάνες που διακόπτουν τη ροή όταν η παροχή του αγωγού ξεπεράσει (λόγω βλάβης στα κατάντη) την κανονική τιμή λειτουργίας.

στ) Τα αεροφυλάκια για την καλύτερη αντιμετώπιση του φαινομένου του πλήγματος κριού τοποθετούνται στην έξοδο του αντλιοστασίου.

ζ) Αντιπληγματικές βάνες

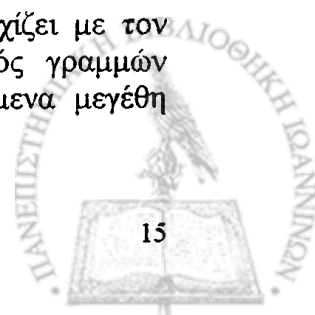
#### 1.4. Ο σχεδιασμός των αρδευτικών δικτύων καταιονισμού

Για το σχεδιασμό και τους υπολογισμούς των αρδευτικών δικτύων καταιονισμού έχει εφαρμογή η εγκύκλιος του ΥΠΕΧΩΔΕ Δ. 22.200/30-7-1977 « Οδηγίες για τον Έλεγχο Σωληνωτών Αρδευτικών Δικτύων ».

Ο σχεδιασμός ενός αρδευτικού δικτύου καταιονισμού στοχεύει στη βέλτιστη τοποθέτηση των υδροληψιών στις αρδευτικές μονάδες (το μέγεθος των οποίων έχει καθοριστεί στη φάση της γεωργοτεχνικής μελέτης) και στη βέλτιστη σύνδεση των υδροληψιών με την κεφαλή του δικτύου. Ανάλογα με την τοπογραφική διαμόρφωση των αρδευτικών μονάδων, μπορούν να τοποθετηθούν υδροληψίες με ένα έως τέσσερα στόμια. Η γενική αρχή που ακολουθείται, για λόγους οικονομίας, είναι να τοποθετούνται οι υδροληψίες σε θέσεις εξυπηρέτησης περισσότερων της μιας αρδευτικών μονάδων.

Οι αγωγοί του δικτύου καταιονισμού λειτουργούν με πίεση, που είναι απαραίτητη για τη λειτουργία των εκτοξευτήρων και την κάλυψη τόσο των υψομετρικών διαφορών όσο και των απωλειών φορτίου. Για το λόγο αυτό δεν επηρεάζονται από το ανάγλυφο του εδάφους. Σκόπιμο είναι όμως να αποφεύγεται ο μεγάλος αριθμός υψηλών και χαμηλών σημείων (στα πρώτα συσσωρεύεται αέρας, ενώ στα δεύτερα στερεές ύλες). Ακόμη, για να είναι δυνατή και εύκολη η απομόνωση τμημάτων του δικτύου για επισκευή ή συντήρηση, τα δίκτυα καταιονισμού είναι συνήθως ακτινωτά δίκτυα. Οι σωληνώσεις του δικτύου μεταφοράς και διανομής είναι μόνιμες (υπόγειες) και ακολουθούν, εφόσον είναι δυνατό, το αγροτικό οδικό δίκτυο έτσι ώστε να είναι ευκολότερος ο έλεγχος του δικτύου καθώς και οι εργασίες συντήρησής του. Ακόμα πρέπει να αποφεύγεται να περνούν από ιδιωτικές ιδιοκτησίες ώστε να ελαχιστοποιούνται οι δαπάνες για απαλλοτριώσεις και δουλείες διέλευσης.

Ο υδραυλικός υπολογισμός των αρδευτικών δικτύων καταιονισμού αρχίζει με τον υπολογισμό του ατομικού δικτύου (επιλογή εκτοξευτήρων, υπολογισμός γραμμών άρδευσης και κυρίας γραμμής), έτσι ώστε να καθοριστούν τα απαιτούμενα μεγέθη παροχής και πίεσης των υδροληψιών.



Ακολουθεί ο υπολογισμός των παροχών των σωληνώσεων ξεκινώντας από τα κατάντη και λαμβάνοντας υπόψη τη μέθοδο διανομής του αρδευτικού νερού. Η μέθοδος αυτή είναι συνήθως είτε η διανομή με ωρολόγιο πρόγραμμα (ζήτηση εκ περιτροπής) είτε η διανομή με ελεύθερη ζήτηση. Στην περίπτωση που η διανομή του αρδευτικού νερού γίνεται με ελεύθερη ζήτηση, ή παροχή των διάφορων τμημάτων των αγωγών υπολογίζεται με τη χρήση του 1<sup>ου</sup> τύπου του R. Clement λαμβανομένου υπόψη το πλήθος των υδροληψιών που είναι εγκαταστημένες κατάντη του σημείου υπολογισμού.

## 1.5. Η βελτιστοποίηση των αρδευτικών δικτύων

Τα στοιχεία, που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την οικονομικότερη χάραξη του ακτινωτού δικτύου μεταφοράς και διανομής του αρδευτικού νερού, του δικτύου δηλαδή που συνδέει τις υδροληψίες, είναι το μήκος των αγωγών, η παροχή κάθε αγωγού, το υψόμετρο και η απαιτούμενη πίεση λειτουργίας σε κάθε σημείο του δικτύου και το διαθέσιμο (ή απαιτούμενο) πιεζομετρικό φορτίο στην κεφαλή του δικτύου.

Γενικά, σε όλες τις περιπτώσεις ακτινωτών δικτύων οι υδραυλικές απαιτήσεις για την ικανοποιητική λειτουργία τους είναι :

- Η δυνατότητα λήψης της παροχής υπολογισμού στα σημεία κατανάλωσης.
- Η εξασφάλιση ενός ελάχιστου καθορισμένου ύψους πιεζομετρικής γραμμής στα σημεία κατανάλωσης.
- Η πιεζομετρική γραμμή για τις παροχές υπολογισμού και λειτουργίας του δικτύου, πρέπει να μην τέμνει το έδαφος, ή καλύτερα να υπάρχει διαθέσιμο πιεζομετρικό ύψος της τάξης της μισής ατμόσφαιρας στα υψηλά σημεία της μηκοτομής του δικτύου, για την κανονική λειτουργία των αεραεξαγωγών.

Αφού καθοριστεί η χάραξη ενός δικτύου σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή και αφού υπολογιστούν οι παροχές των διαφόρων αγωγών, ακολουθεί η εκλογή των διαμέτρων των αγωγών.

Γενικά η αλλαγή της διαμέτρου ενός αγωγού επηρεάζει και τους άλλους αγωγούς του δικτύου και έτσι, μέσα σ' ένα εκτεταμένο δίκτυο με σωληνωτούς αγωγούς υπό πίεση, μπορεί να υπάρξει ένα μεγάλο πλήθος από δυνατούς συνδυασμούς διαμέτρων, που δίνουν τεχνικά αποδεκτή λύση στο πρόβλημα. Η εκλογή των διαμέτρων πρέπει, αφ' ενός να ικανοποιεί τις προαναφερθείσες υδραυλικές απαιτήσεις του δικτύου, και αφ' έτερου να καθιστά το συνολικό κόστος του δικτύου ελάχιστο.

Σε όλες τις περιπτώσεις, εφ' όσον είναι καταρχήν δυνατή η ικανοποίηση των υδραυλικών απαιτήσεων, υπάρχει θεωρητικά μία μόνο πιεζομετρική γραμμή, για την οποία οι αντίστοιχες διάμετροι καθιστούν το κόστος του δικτύου ελάχιστο. Αυτή η πιεζομετρική γραμμή ονομάζεται **οικονομική πιεζομετρική γραμμή**.

Το πρόβλημα του προσδιορισμού του βέλτιστου συνδυασμού των διαμέτρων ενός δικτύου με κλειστούς αγωγούς υπό πίεση, απασχόλησε πολλούς μελετητές Μηχανικούς τα τελευταία 35 χρόνια. Τέσσερις είναι οι κυρίως τεχνικές, που αναπτύχθηκαν για το σκοπό αυτό.

- Ο μη γραμμικός προγραμματισμός
- Ο γραμμικός προγραμματισμός
- Ο δυναμικός προγραμματισμός
- Η ασυνεχής μέθοδος Labye

Στις πρώτες τρεις από τις παραπάνω μεθόδους, υπεισέρχεται μία αντικειμενική συνάρτηση (Objective function), η οποία περιλαμβάνει το ολικό κόστος του δικτύου και



ζητείται η ελαχιστοποίησή της. Η ασυνεχής μέθοδος Labye έχει αρκετές ομοιότητες με απλοποιημένο αλγόριθμο δυναμικού προγραμματισμού, και αντλεί τις αρχές της από την επίλυση των δικτύων με γραφικές μεθόδους (Lomax 1966).

Σαν μεταβλητές απόφασης (decision variables) έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς.

- Οι διάμετροι.
- Οι απώλειες φορτίου.
- Τα μήκη των αγωγών.

Εκτός από την αντικειμενική συνάρτηση, υφιστάμενοι στο πρόβλημα οι περιορισμοί (constraints), οι οποίοι αφορούν τις απώλειες φορτίου κατά μήκος των αγωγών και τα διαθέσιμα φορτία σε κάθε κόμβο. Στη μέθοδο βελτιστοποίησης με γραμμικό προγραμματισμό οι περιορισμοί αφορούν επί πλέον τα μήκη των αγωγών.

# 2

## Παραδοχές υπολογισμού των αρδευτικών δικτύων καταιονισμού

### 2.1. Γενικά

- Οι ανάγκες των αρδευτικών δικτύων σε νερό θα υπολογιστούν με την τροποποιημένη μέθοδο των Blaney Criddle.
- Οι παροχές των αγωγών θα υπολογιστούν με τη μέθοδο του Clement .
- Το κόστος των αγωγών θα υπολογιστεί για τιμές υλικών και ημερομισθίων του έτους 1998.
- Θα εφαρμοστεί η εγκύκλιος Δ. 22.200/30-7-1977 «Οδηγίες για τον Έλεγχο Σωληνωτών Αρδευτικών Δικτύων» του ΥΠΕΧΩΔΕ.

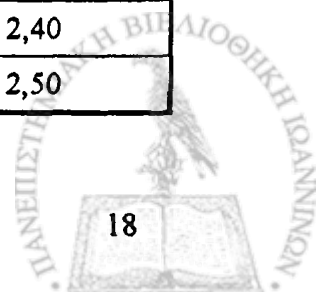
### 2.2. Οι επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής

Με την εγκύκλιο του ΥΠΕΧΩΔΕ καθορίζεται ως ελάχιστη ταχύτητα ροής η τιμή  $V_{max} = 0,50$  m/sec. Για διαμέτρους μεγαλύτερες από 600 mm μπορούν να γίνουν δεκτές ελάχιστες ταχύτητες ίσες με 0,70 m/s. Όσο αφορά την μέγιστη ταχύτητα ροής,  $V_{max}$ , αυτή κυμαίνεται μεταξύ 1,55 m/s και 2,50 m/s ανάλογα με την διάμετρο των αγωγών, και οι τιμές της δίνονται στον επόμενο πίνακα 2.1.

Οι επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής, όπως προσδιορίστηκαν παραπάνω, λαμβάνονται οι ίδιες για όλα τα υλικά των σωλήνων.

**Πίνακας 2.1.** Επιτρεπόμενες μέγιστες ταχύτητες ροής, στα αρδευτικά δίκτυα καταιονισμού.

Διάμετρος Σωλήνων [mm]	Μέγιστη ταχύτητα ροής [m/s]	Διάμετρος Σωλήνων [mm]	Μέγιστη ταχύτητα ροής [m/s]
1	2	1	2
μέχρι και 125	1,55	από 450 μέχρι και 600	2,20
από 125 μέχρι και 175	1,85	από 600 μέχρι και 800	2,30
από 175 μέχρι και 350	2,00	από 800 μέχρι και 1000	2,40
από 350 μέχρι και 450	2,10	πάνω από 1000	2,50



## 2.3. Οι επιτρεπόμενες πιέσεις

Η ονομαστική πίεση των σωλήνων,  $P_{\text{ονομ}}$ , δηλαδή η μέγιστη πίεση που μπορεί συνεχώς να υφίσταται ο αγωγός, πρέπει καταρχήν να πληροί τη σχέση:

$$P_{\text{ονομ}} \geq P_0 \quad (2.1)$$

όπου  $P_0$  είναι η μέγιστη υδροστατική πίεση η οποία αντιστοιχεί στη βέλτιστη πίεση κατάθλιψης του δικτύου, προσαυξημένη με την πίεση που απαιτείται για τη ρύθμιση της λειτουργίας του αντλιοστασίου.

Πρέπει επίσης να ισχύει:

$$UP_{\text{ονομ}} \geq P_0 + \Delta P \quad (2.2)$$

όπου  $\Delta P$  είναι το μέρος της υπερπίεσης λόγω υδραυλικού πλήγματος το οποίο δεν έχει αποσβεστεί με τη λειτουργία αντιπληγματικών συσκευών. Ο συντελεστής προσαύξησης  $U$  της  $P_{\text{ονομ}}$ , για αγωγούς από PVC μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 1,25.

## 2.4. Οι απώλειες φορτίου

### 2.4.1. Οι γραμμικές υδραυλικές απώλειες

Οι χρησιμοποιούμενοι τύποι υπολογισμού απωλειών για αγωγούς υπό πίεση έχουν συνήθως τη γενική μορφή:

$$V = CR^x J^y \quad (2.3)$$

όπου  $V$  είναι η μέση ταχύτητα ροής,  $C$  είναι συντελεστής απωλειών,  $R = \frac{D}{4}$  είναι η

υδραυλική ακτίνα,  $J = \frac{\Delta h}{L}$  είναι η κλίση της γραμμής ενεργείας και  $x, y$ , αριθμητικοί εκθέτες. Από την εξίσωση (2.3), αν αντικατασταθούν τα  $V, R$  και  $J$  από τις σχέσεις:

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} \quad (2.4)$$

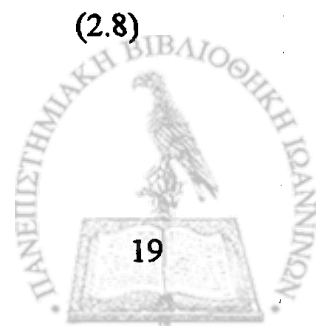
$$R = \frac{D}{4} \quad (2.5)$$

$$\text{και} \quad J = \frac{\Delta h}{L} \quad (2.6)$$

προκύπτει η εξίσωση:

$$D = \frac{\left( \frac{QL^y}{\Delta h^y} \right)^{\frac{1}{2+x}}}{\left[ C \left( \frac{\pi}{4^{1+x}} \right) \right]^{\frac{1}{2+x}}} \quad (2.7)$$

$$\text{και αν τεθεί} \quad \left[ C \left( \frac{\pi}{4^{1+x}} \right) \right]^{\frac{1}{2+x}} = C_0 = \text{σταθερό} \quad (2.8)$$



$$\text{προκύπτει τελικά } D = \frac{1}{C_0} \left( \frac{QL^y}{\Delta h^y} \right)^{\frac{1}{2+x}} \quad (2.9)$$

Στον πίνακα 2.2. δίδονται οι τιμές των  $C$ ,  $x$ ,  $y$  και  $C_0$  για τους συνηθέστερα χρησιμοποιούμενους τύπους υπολογισμού υδραυλικών απωλειών.

Για προκαταρκτικές μελέτες, και για ένα περιορισμένο πεδίο διακυμάνσεων των διαμέτρων και των υπόλοιπων χαρακτηριστικών του προβλήματος, επιτρέπεται να ληφθεί  $C$  σταθερό και ίσο με μία μέση τιμή του.

**Πίνακας 2.2.** Τιμές των  $C$ ,  $x$ ,  $y$ , και  $C_0$  για τους οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενους τύπους υπολογισμού υδραυλικών απωλειών.

A/A	Όνομα ερευνητή	C	x	y	C <sub>0</sub>	Παρατηρήσεις
1	Τύπος των Darcy - Weisbach	$\sqrt{\frac{8g}{f}}$	0,5	0,5	$\frac{1,6465}{f^{0,2}}$	Ο συντελεστής $f$ εξαρτάται από τον αριθμό του Reynolds και την τραχύτητα των σωλήνων
2	Τύπος του Kutter	$\frac{100\sqrt{R}}{m+R}$	0,5	0,5	$0,688C^{0,4}$	Ο συντελεστής $m$ εξαρτάται από την ποιότητα του νερού και κυμαίνεται μεταξύ 0,25 - 0,40
3	Τύπος του Bazin	$\frac{87}{1+\frac{y}{\sqrt{R}}}$	0,5	0,5	$0,688C^{0,4}$	Ο συντελεστής $\gamma$ εξαρτάται από την ποιότητα των σωλήνων
4	Τύπος των Manning - Strickler	$1/n$	2/3	0,5	$0,6458C^{0,375}$	Ο συντελεστής $n$ εξαρτάται από την ποιότητα και την ηλικία των σωλήνων
5	Τύπος των Scimemi - Veronese	104,905	0,59	0,55	4,0004	Ισχύει για χαλυβδοσωλήνες καινούργιους
6	Τύπος του Scimemi	164,99	0,68	0,56	4,32	Ισχύει για αμιαντοσωλήνες
7	Τύπος των Hazen - Williams (σε Αγγλικές μονάδες)	1,318	0,63	0,54	0,727	Ο συντελεστής $C$ εξαρτάται από την ποιότητα και την ηλικία των σωλήνων
8	Τύπος του Scobey για σωλήνες σκυροδέματος (σε Αγγλικές μονάδες)	$\frac{1}{K_s}$	0,58	0,526	$0,6668C^{0,388}$	Ο συντελεστής $C_s$ εξαρτάται από τον τρόπο κατασκευής των σωλήνων
9	Τύπος του Scobey για χαλυβδοσωλήνες (σε Αγγλικές μονάδες)	$C_s$	0,625	0,5	$0,6556C^{0,381}$	Ο συντελεστής $C_s$ εξαρτάται από την ποιότητα και τον τρόπο κατασκευής των σωλήνων.

Από όλους τους τρόπους υπολογισμού των γραμμικών απωλειών στους αγωγούς υπό πίεση ο πλέον ορθολογιστικός είναι ο υπολογισμός με την εξίσωση των Darcy - Weisbach

$V = CR^{0,5} J^{0,5}$  η οποία γράφεται με τη μορφή:

$$\Delta h = f \frac{LV^2}{2gD} \Rightarrow \frac{\Delta h}{L} = J = f \frac{V^2}{2gD} \quad (2.10)$$



Ο συντελεστής τριβών  $f$  δίδεται από την ημιεμπειρική σχέση των Colebrook – White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{k}{3,7D} + \frac{2,51}{R_e \sqrt{f}} \right] \quad (2.11)$$

όπου:  $k$  είναι η απόλυτη τραχύτητα του αγωγού,

$V$  είναι η ταχύτητα ροής του νερού,

$D$  είναι η εσωτερική διάμετρος του αγωγού,

$\nu$  είναι το κινηματικό ιξώδες του νερού και

$R_e$  είναι ο αριθμός του Reynolds , ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R_e = \frac{VD}{\nu} \quad (2.12)$$

Η λύση της παραπάνω εξίσωσης όταν το τιθέμενο πρόβλημα υδραυλικού υπολογισμού συνίσταται στην εύρεση της διαμέτρου  $D$  με δεδομένα τα  $\Delta h$ ,  $Q$ ,  $L$  και  $k$ , η λύση αποκτάται με διαδοχικές δοκιμές.

Το 1976 οι Swamee and Jain πρότειναν, για τον υπολογισμό του  $f$ , τον ακόλουθο τύπο:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[ \frac{k}{3,7D} + \frac{5,74}{R_e^{0,90}} \right] \quad (2.13)$$

Ο τύπος αυτός υπολογίζει με πολύ ικανοποιητική προσέγγιση το συντελεστή τριβής,  $f$ , και είναι ρητός σε σχέση με τον τύπο των Colebrook – White, δηλαδή δεν χρειάζεται να γίνουν επαναληπτικές διαδικασίες.

Οι Γ. Τερζίδης – Χ. Μπαμπατζιμόπουλος το 1992 βελτίωσαν τον παραπάνω τύπο και πρότειναν τον ακόλουθο:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -a \log_{10} \left[ b \left[ \frac{\varepsilon (g S_f)^{0,2}}{Q^{0,4}} \right]^c + \frac{d}{R_e^e} \right] \quad (2.14)$$

όπου :  $S_f$  είναι η κλίση της γραμμής ενέργειας

$g$  είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας

$\varepsilon$  είναι η ισοδύναμη τραχύτητα ομοιόμορφης άμμου

$Q$  είναι η παροχή

$R_e$  είναι ο αριθμός του Reynolds

$a, b, c, d, e$  είναι παράμετροι (συντελεστές) που προέκυψαν με τον αλγόριθμο του Marquard

Από περαιτέρω επεξεργασία της παραπάνω εξίσωσης ο Μ. Θεοχάρης το 2004 επεξεργάστηκε περαιτέρω την παραπάνω εξίσωση και προκύπτουν οι επόμενες δύο σχέσεις τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του  $f$ :

1) Αν είναι γνωστές οι απώλειες τριβών και ζητείται η διάμετρος, προκύπτει η σχέση:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,879 \log_{10} \left[ 0,602 \frac{k^{1,009} \Delta h^{0,2018}}{Q^{0,4036} L^{0,2018}} + \frac{2,287 \nu L^{0,2}}{Q^{0,6} \Delta h^{0,2}} \right] \quad (2.15)$$



2) Αν είναι γνωστή η διάμετρος και ζητούνται οι απώλειες τριβών προκύπτει η σχέση :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,793 \log \left[ 0,2328 \frac{k^{1,114}}{D^{1,114}} + 5,4389 \frac{vD}{Q} \right] \quad (2.16)$$

### 2.4.2. Η ισοδύναμη απόλυτη τραχύτητα

Οι τιμές της ισοδύναμης απόλυτης τραχύτητας,  $k$ , εξαρτώνται από το υλικό, τον τρόπο κατασκευής, την τυχόν εσωτερική προστασία των σωλήνων και ορίζονται ύστερα από παράλληλη εξέταση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του νερού, που σχετίζονται με τη διάβρωση ή την εναπόθεση ιζημάτων στους σωλήνες.

Με την εγκύκλιο Δ.22.200/30-7-1977 του ΥΠΕΧΩΔΕ, συνιστάται (αν συντρέχουν οι προϋποθέσεις) να λαμβάνονται οι ακόλουθες τιμές ισοδύναμης απόλυτης τραχύτητας σωλήνων.

**Πίνακας 2.3.** Τιμές της ισοδύναμης απόλυτης τραχύτητας.

Αγωγοί από σωλήνες σκληρού PVC, ύστερα από χρήση	$k = 0,05$ μέχρι $0,1$ mm
Αγωγοί από σωλήνες αμιαντοτσιμέντου, ύστερα από χρήση	$k = 0,2$ μέχρι $0,5$ mm
Αγωγοί συγκολλημένοι χαλύβδινοι, ύστερα από χρήση	$k = 0,4$ μέχρι $2,0$ mm
Αγωγοί από σωλήνες χυτοσιδήρου, ύστερα από χρήση	$k = 1,0$ μέχρι $1,5$ mm
Αγωγοί από σωλήνες σκυροδέματος, ύστερα από χρήση	$k = 0,5$ μέχρι $2,5$ mm

Στις υπολογιζόμενες γραμμικές απώλειες φορτίου, με εφαρμογή των ανωτέρω τιμών του  $k$ , περιλαμβάνονται οι απώλειες στους αρμούς σύνδεσης των σωλήνων. Μπορεί να προτείνονται και διαφορετικές τιμές για το συντελεστή  $k$ , εάν η πρόταση στηρίζεται σε κατάλληλες μετρήσεις που να αναφέρονται στις συνθήκες λειτουργίας του συγκεκριμένου δικτύου. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να εκλέγεται και να αιτιολογείται η σωστή τιμή του  $k$ , για λειτουργία του έργου σε όλη τη διάρκεια ζωής του.

### 2.4.3. Η θερμοκρασία του νερού

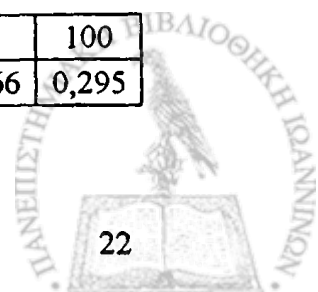
Η συνεκτικότητα ή το ιξώδες ενός ρευστού είναι η ιδιότητα εκείνη που καθορίζει την αντίστασή του σε διατμητικές δυνάμεις. Η συνεκτικότητα οφείλεται κυρίως σε αλληλεπιδράσεις των μορίων του ρευστού. Η αντίσταση αυτή που παρουσιάζουν τα ρευστά οφείλεται στις εσωτερικές τριβές των μορίων τους από δυνάμεις συνοχής, σε βαθμό που το ίδιο το ιξώδες ν' αποτελεί μέτρο αντίστασης του υγρού στη ροή και που εξετάζεται ιδιαίτερα από την Υδροδυναμική.

Το μέτρο του ιξώδους είναι ο συντελεστής συνεκτικότητας ή συντελεστής εσωτερικής τριβής ή συντελεστής ιξώδους του υγρού.

Το κινηματικό ιξώδες των ρευστών μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Οι τιμές του για το νερό, σύμφωνα με τον Hering δίνονται από τον ακόλουθο πίνακα 2.4.

**Πίνακας 2.4.** Μεταβολή του κινηματικού ιξώδους του νερού σε συνάρτηση με την θερμοκρασία.

Θερμοκρασία σε $^{\circ}\text{C}$	0	10	20	40	60	80	100
Κινηματικό ιξώδες $\nu$ σε $\text{mm}^2/\text{sec}$	1,79	1,31	1,01	0,658	0,478	0,366	0,295





Για τον υπολογισμό της τιμής του αριθμού του Reynolds είναι εύλογο να λαμβάνεται θερμοκρασία νερού από 10 μέχρι 20 βαθμούς Κελσίου. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να λαμβάνεται η σωστή αντίστοιχη θερμοκρασία.

#### 2.4.4. Οι τοπικές υδραυλικές απώλειες

Η αντιμετώπιση των τοπικών απωλειών και του αντίστοιχου κόστους των ειδικών τεμαχίων είναι δυνατό να γίνει με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

- α) Οι διακλαδώσεις, στροφές, μεταβολές διαμέτρου και λοιπές ανωμαλίες του δικτύου, των οποίων η θέση είναι γνωστή εκ των προτέρων, εφόσον η γεωμετρία του δικτύου είναι γνωστή, θεωρούνται υπολογιστικά μέλη του δικτύου, με μηδενικό μήκος, κόστος που δίνεται από το κόστος των ειδικών τεμαχίων που θα τοποθετηθούν και τοπικές απώλειες, δηλ. μεταβολή της τιμής φορτίου, που δίνεται από νομογραφήματα, εμπειρικούς τύπους ή στην πλέον πλήρη μορφή από τράπεζα στοιχείων.
- β) Οι γραμμικές απώλειες αυξάνονται κατά ένα ποσοστό, για συνυπολογισμό των τοπικών απωλειών φορτίου. Το ποσοστό αυτό δεν μπορεί να λαμβάνεται μικρότερο από 10 μέχρι 15 %. Το ποσοστό αυτό μπορεί να εκτιμηθεί σε αντιπροσωπευτικά μεγάλη διαδρομή, κατά μήκος του κυρίου ή των κυρίων αγωγών του δικτύου, ύστερα από υπολογισμό των τοπικών απωλειών

#### 2.5. Το κόστος των αγωγών

Η ανά μέτρο μήκους δαπάνη των αγωγών περιλαμβάνει το κόστος προμηθείας των σωλήνων, την επί τόπου μεταφορά, τοποθέτηση και σύνδεση αυτών και των ειδικών τεμαχίων, την εκσκαφή του σκάμματος και επίχωση του σωλήνα και δευτερεύουσες εργασίες όπως καθαρισμό ζώνης, προετοιμασία πυθμένα έδρασης των σωλήνων, τυχόν απαιτούμενες αντλήσεις κλπ. Έτσι η δαπάνη των αγωγών εξαρτάται βασικά από το είδος των σωλήνων, την τοπογραφική και γεωλογική διαμόρφωση του εδάφους, το υπάρχον δίκτυο μεταφορών και τα ημερομίσθια των εργατοτεχνιτών. Οι παράγοντες αυτοί διαφέρουν από έργο σε έργο, αλλά πολλές φορές και στα διάφορα τμήματα του ίδιου έργου.

Σύμφωνα με τον Γ. Νουτσόπουλο (1969), ισχύει η συναρτησιακή σχέση δαπάνης - διαμέτρου, η οποία διατυπώθηκε από τον Davis (1952):

$$\delta = BD + FaD^{1,55} \quad (2.17)$$

Στη σχέση αυτή ο πρώτος όρος αναφέρεται στο κόστος τοποθέτησης των σωλήνων και την εκσκαφή σε γαιώδες έδαφος, και ο δεύτερος όρος στο κόστος προμηθείας των σωλήνων και των ειδικών τεμαχίων.

Ο Mandry (1967), πήρε σαν αντιπροσωπευτική συναρτησιακή σχέση δαπάνης - διαμέτρου την επόμενη:

$$\delta = AD^v \quad (2.18)$$

όπου, A και v είναι παράμετροι που ορίζονται για κάθε είδος σωλήνων, τάξη μεγέθους στατικής πίεσης και θέση του έργου οι οποίοι καθορίζονται με εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων.

Την σχέση του Mandry υιοθέτησε ο Γ. Νουτσόπουλος (1969) ο οποίος για χαλυβδосωλήνες και αμιαντοτσιμεντοσωλήνες διαμέτρων Φ100 mm έως Φ400 mm, για τις τιμές προμήθειας και ημερομισθίων του έτους 1969 και για μέσες γεωλογικές συνθήκες (20 % βράχος, 20 % ημίβραχος και 60 % γαίες ) έδωσε ως συναρτησιακές

σχέσεις δαπάνης – διαμέτρου για χαλυβδοσωλήνες  $\delta = 0,767D^{1,161}$  και για αμιαντοτσιμεντοσωλήνες  $\delta = 0,211D^{1,358}$ .

Επίσης δύο παραδείγματα αναλύθηκαν από τον Χ. Τζιμόπουλο (1982) με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, το πρώτο για αμιαντοτσιμεντοσωλήνες διαμέτρων Φ60 έως Φ400, ονομαστικής πίεσης 12,5 atm, για τις τιμές προμήθειας, μεταφοράς επιτόπου και τοποθέτησης που ισχύουν το πρώτο τρίμηνο 1977 και το δεύτερο για σωλήνες PVC διαμέτρων Φ110 έως Φ400, ονομαστικής πίεσης 10 atm, για τους οποίους οι τιμές πάρθηκαν από την τιμαριθμική του Α' τριμήνου 1980.

Ο Μ. Θεοχάρης (2004) ανέλυσε με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, τη δαπάνη για σωλήνες PVC διαμέτρων Φ110 έως Φ400, ονομαστικής πίεσης 6 atm, 10 atm, και 16 atm, για τιμές σε δραχμές από την τιμαριθμική του Α' τριμήνου των ετών 1993 έως 2000. Στις τιμές περιλαμβάνονται η δαπάνη αγοράς και τοποθέτησης των αγωγών, η συνδεσμολογία τους και οι δοκιμασίες, όπως προδιαγράφονται στα άρθρα ΥΔΡ.6620, ΥΔΡ.6621 και ΥΔΡ.6622, της απόφασης του Υπουργού Δημοσίων Έργων ΒΜ5/0/30317/80 (ΦΕΚ 169 Β' της 21-2-1980) «Περί εγκρίσεως αναλύσεως τιμών υδραυλικών έργων (ΥΔΡ)»

Η δαπάνη για σωλήνες PVC διαμέτρων Φ110 έως Φ400, ονομαστικής πίεσης 6 atm, 10 atm, και 16 atm, αναλύθηκε με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων για τιμές από την τιμαριθμική του Α' τριμήνου των ετών 2001 έως 2004 σε €. Οι τιμές, που προκύπτουν από την εξίσωση (2.18), χρησιμοποιούνται μόνο για την εύρεση της βέλτιστης λύσης και τον υπολογισμό των οικονομικών διαμέτρων που προκύπτουν από αυτή, όταν εφαρμόζονται συνεχείς μη γραμμικές μέθοδοι βελτιστοποίησης.

**Πίνακας 2.4.** Τιμές των παραμέτρων A και ν της σχέσης δαπάνης – διαμέτρου

Έτος	$\delta = A D^{\nu}$		
	PVC 6 atm	PVC 10 atm	PVC 16 atm
2001	514,27D <sup>1,7801</sup> <sub>εσ.</sub>	823,73D <sup>1,8168</sup> <sub>εσ.</sub>	1332,10D <sup>1,8475</sup> <sub>εσ.</sub>
2002	521,46D <sup>1,7743</sup> <sub>εσ.</sub>	832,47D <sup>1,8109</sup> <sub>εσ.</sub>	1344,60D <sup>1,8425</sup> <sub>εσ.</sub>
2003	521,46D <sup>1,7743</sup> <sub>εσ.</sub>	832,47D <sup>1,8109</sup> <sub>εσ.</sub>	1344,60D <sup>1,8425</sup> <sub>εσ.</sub>
2004	521,46D <sup>1,7743</sup> <sub>εσ.</sub>	832,47D <sup>1,8109</sup> <sub>εσ.</sub>	1344,60D <sup>1,8425</sup> <sub>εσ.</sub>

Σε όλες τις παραπάνω σχέσεις ο συντελεστής ο συντελεστής συσχέτισης  $R^2$  κυμαίνεται από 0,994 έως 0,9997.

Σε αντιστοιχία με τα παραπάνω αναλύθηκε η δαπάνη ενός μέτρου μήκους αγωγού και από εξίσωση του Mandry προέκυψαν η σχέση  $\delta = 796,95D^{1,8525}$ <sub>εσ.ατ.</sub> για αγωγούς από PVC 12,5 atm και η σχέση  $\delta = 479,71D^{1,53808}$ <sub>εσ.ατ.</sub> για αγωγούς από χάλυβα, στις οποίες η  $D_{εσ.ατ.}$  είναι σε m και το κόστος σε €/m.

Το ανά τρέχον μέτρο κόστος των αγωγών για σωλήνες PVC 12,5 atm και χαλυβδοσωλήνες υπολογίσθηκαν με τιμές υλικών και ημερομισθίων του Δ' τριμήνου 1998.

Στους πίνακες 2.5 και 2.6 δίνεται η δαπάνη ενός μέτρου μήκους αγωγού σε, σύμφωνα με την ανάλυση τιμών και σύμφωνα με την εξίσωση του Mandry.



**Πίνακας 2.5.** Η δαπάνη ενός μέτρου μήκους αγωγού PVC.

D [mm]	Όνομαστική	Φ90	Φ110	Φ125	Φ140	Φ160	Φ180	Φ200	Φ225
	Εσωτερική	79,0	99,4	113,0	126,6	144,6	158,8	180,8	203,4
δ [€/m]	Ανάλυση τιμών	-	10,62	-	16,32	20,54	-	-	38,44
	Εξίσωση	7,30	10,58	13,40	16,57	21,21	26,36	32,03	39,90
D [mm]	Όνομαστική	Φ250	Φ280	Φ315	Φ355	Φ400	Φ450	Φ500	Φ630
	Εσωτερική	226,2	253,2	285,0	321,2	361,8	407,0	452,2	559,0
δ [€/m]	Ανάλυση τιμών	58,69	-	73,07	-	114,45	141,45	172,85	-
	Εξίσωση	48,47	59,76	74,39	92,78	115,79	143,94	175,03	271,34

**Πίνακας 2.6.** Η δαπάνη ενός μέτρου μήκους αγωγού χαλυβδοσωλήνων.

D [mm]	Όνομαστική	Φ400	Φ450	Φ500	Φ600	Φ700	Φ800	Φ900	Φ1000
	Εσωτερική	400	450	500	600	700	800	900	1000
δ [€/m]	Ανάλυση τιμών	155,54	171,09	202,20	221,86	273,81	329,57	424,06	475,42
	Εξίσωση	165,19	218,66	277,17	340,35	407,95	479,71	165,19	218,66

## 2.6. Το κόστος του έργου

Συνήθως εξετάζεται το ετήσιο κόστος του έργου, το οποίο αποτελείται από τα επόμενα τέσσερα επί μέρους κόστη:

- Το κόστος απόσβεσης του υλικού του αγωγού.
- Το κόστος απόσβεσης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.
- Το κόστος απόσβεσης του οικοδομικού μέρους του αντλιοστασίου.
- Το κόστος εκμετάλλευσης του αντλιοστασίου.

### α) Το κόστος απόσβεσης του υλικού του δικτύου

Η απόσβεση των υλικών του δικτύου σύμφωνα με την εγκύκλιο Δ. 22.200/30-7-1977 του ΥΠΕΧΩΔΕ, θεωρείται ότι γίνεται μέσα σε διάστημα  $N = 50$  ετών. Επομένως ο συντελεστής της ετήσιας δαπάνης απόσβεσης είναι :

$$\varepsilon = \frac{T}{1 - (1 + T)^{-N}} \quad (2.19)$$

Για ετήσιο επιτόκιο  $T = 10\%$  προκύπτει  $\varepsilon = \frac{0,10}{1 - (1 + 0,10)^{-50}} = 0,100859$ . Αν η δαπάνη

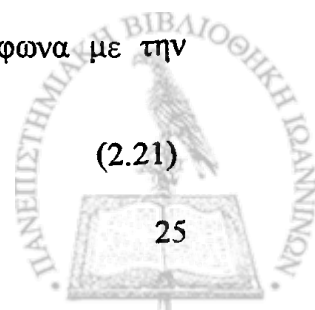
κατασκευής του δικτύου είναι  $P_{\Delta}$  (= η εκάστοτε βελτιστοποιημένη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης), η ετήσια δαπάνη συντήρησής του, σύμφωνα με την εγκύκλιο Δ.22.200/30-7-1977 του ΥΠΕΧΩΔΕ, είναι  $1\% P_{\Delta}$ . Άρα η συνολική ετήσια δαπάνη του δικτύου ανηγμένη σε αρχικό κεφάλαιο, για επιτόκιο  $T = 10\%$  είναι :

$$P_{\Delta \text{ ΕΤ.}} = \varepsilon P_{\Delta} + 0,01 P_{\Delta} = (0,100859 + 0,01) P_{\Delta} = 0,110859 P_{\Delta} \quad (2.20)$$

### β) Το κόστος απόσβεσης του μηχανολογικού εξοπλισμού

Η αρχική δαπάνη κατασκευής του μηχανολογικού εξοπλισμού, σύμφωνα με την εγκύκλιο Δ. 22.200/30-7-1977 του ΥΠΕΧΩΔΕ, είναι :

$$P_{A0} = v \frac{Q}{n_2} \gamma_{\text{υδ.}} \delta_{\alpha} H_{\text{man}} \quad (2.21)$$



όπου  $\nu$  είναι συντελεστής επαύξησης της ισχύος που παίρνει τιμή 1,10 μέχρι 1,15  
 $Q$  είναι η παροχή του αντλιοστασίου σε  $m^3/s$   
 $\gamma_{\text{υδ}}$  είναι το ειδικό βάρος του νερού σε  $kN/m^3$   
 $\delta_\alpha$  είναι η δαπάνη εγκατάστασης ενός  $kW$   
 $H_{\text{man}}$  είναι το μανομετρικό ύψος του αντλιοστασίου σε  $m$   
 $\eta_2$  είναι ο συντελεστής απόδοσης του αντλητικού ζεύγους

Για  $\nu = 1,15$ ,  $\gamma_{\text{υδ}} = 9,81 \frac{kN}{m^3}$ ,  $\eta_2 = 0,75$  προκύπτει :

$$P_{A0} = 1,15 \frac{Q (m^3/s)}{0,75} 9,81 kN/m^3 \delta_\alpha H_{\text{man}} = 15,042 \delta_\alpha Q H_{\text{man}} \quad (2.22)$$

Κατά τη διάρκεια ζωής του έργου γίνεται αντικατάσταση του εξοπλισμού 2 φορές, ήτοι ανά  $m = 50:3 \cong 17$  έτη. Επομένως η συνολική δαπάνη κατασκευής του μηχανολογικού εξοπλισμού ανηγμένη σε αρχικό κεφάλαιο, είναι :

$$P_A = P_{A0} \left( 1 + \frac{1}{(1+T)^m} + \frac{1}{(1+T)^{2 \cdot m}} \right) = 18,60676 \delta_\alpha Q H_{\text{man}} \quad (2.23)$$

Η δαπάνη συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού σύμφωνα με την εγκύκλιο του ΥΠΕΧΩΔΕ, είναι ίση με 2%  $P_A$ . Επομένως η συνολική ετήσια δαπάνη του μηχανολογικού εξοπλισμού ανηγμένη σε αρχικό κεφάλαιο είναι :

$$P_{AET} = \varepsilon P_A + 0,02 P_A = (0,100859 + 0,02) 18,60676 \delta_\alpha Q H_{\text{man}} = 2,2488 \delta_\alpha Q H_{\text{man}} \quad (2.24)$$

γ) Το κόστος απόσβεσης του οικοδομικού μέρους του αντλιοστασίου

Η αρχική δαπάνη κατασκευής του οικοδομικού μέρους του αντλιοστασίου, μπορεί να υπολογιστεί από μία σχέση ανάλογη εκείνης του υπολογισμού του κόστους κατασκευής του μηχανολογικού εξοπλισμού, παίρνοντας για κόστος ανά  $kW$  εγκατεστημένης ισχύος το 35% του μηχανολογικού εξοπλισμού, ήτοι  $\delta_o = 35\% \delta_\alpha$ . Η διάρκεια ζωής του έργου είναι 50 χρόνια και η ετήσια δαπάνη συντήρησής του είναι το 1 % του κόστους κατασκευής του. Επομένως η συνολική ετήσια δαπάνη ανηγμένη σε αρχικό κεφάλαιο, για επιτόκιο  $T = 10\%$  είναι:

$$P_{OET} = (\varepsilon + 0,01) \nu \frac{Q}{\eta_2} \gamma_{\text{υδ}} \delta_o H_{\text{man}} = (0,100859 + 0,01) \frac{1,15 \times 9,81 \delta_\alpha 35\%}{0,75} Q H_{\text{man}} = 0,58364 \delta_\alpha Q H_{\text{man}} \quad (2.25)$$

δ) Το κόστος εκμετάλλευσης του αντλιοστασίου

Το ετήσιο κόστος εκμετάλλευσης του αντλιοστασίου είναι :

$$E_{ET} = \frac{\beta A \gamma_{\text{υδ}}}{\eta} Q H_{\text{man}} \quad (2.26)$$

όπου  $\beta$  είναι το κόστος ενός  $kWh$

$A$  είναι ο αριθμός των ωρών λειτουργίας του αντλιοστασίου μέσα σε ένα έτος

$\gamma_{\text{υδ}}$  είναι το ειδικό βάρος του νερού σε  $kN/m^3$

$Q$  είναι η παροχή του αντλιοστασίου σε  $m^3/s$

$\eta$  είναι ο συντελεστής απόδοσης του συνόλου αντλίες – κινητήρες

$H_{\text{man}}$  είναι το μανομετρικό ύψος του αντλιοστασίου σε  $m$

Για  $A = 1800$  ώρες/έτος,  $\gamma_{\text{υδ}} = 9,81 kN/m^3$  και  $\eta = 0,60$  προκύπτει:



$$E_{ET} = 1912,95\beta QH_{man} \quad (2.27)$$

ε) Το συνολικό ετήσιο κόστος του έργου

Το συνολικό ετήσιο κόστος του έργου ανηγμένο σε αρχικό κεφάλαιο είναι :

$$P_{ET} = P_{\Delta ET} + P_{\text{AET}} + P_{\text{OET}} + E_{ET} = 0,110589P_{\Delta} + 2,2488\delta_{\alpha}QH_{man} + 0,58364\delta_{\alpha}QH_{man} + 1912,95\beta QH_{man}$$



# 3

## Η ασυνεχής μέθοδος του Labye

### 3.1. Γενικά

Η μέθοδος του Labye αποτελεί μία μέθοδο δυναμικού προγραμματισμού και αναπτύχθηκε από τον Γάλλο Μηχανικό της Genie - Rural, Y. Labye, σε ερευνητική εργασία που υπέβαλε ως διδακτορική διατριβή στο Πολυτεχνείο της Τουλούζης. Στη συνέχεια η εργασία αυτή παρουσιάστηκε από το Labye το 1966 σε μία σύνοδο της Societe Hydrotechnique de France υπό το γενικό τίτλο: "Απόψεις επί των νέων τεχνικών μεθόδων άρδευσης στη Γαλλία". Το 1971 η παραπάνω μέθοδος παρουσιάστηκε από το Labye σε σεμινάριο που διοργάνωσε η ASTEF και περιλήφθηκε ως βασική μέθοδος τεχνικοοικονομικής λύσεως στα δίκτυα διανομής των αρδευτικών έργων στο Π.Δ. 696/1974 (Κεφάλαιο Β', Τεχνικά Προδιαγραφά Μελετών Εγγειοβελτιωτικών Έργων).

Η μέθοδος του Labye θεωρείται από τον Y. Labye ως ισοδύναμη με τη μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού, επιπρόσθετα δε διακρίνεται για την απλότητά της, την ταχύτητα των πράξεων και την ευφυή σύλληψή της.

Η μέθοδος του Labye εφαρμόζεται μόνο σε ακτινωτά δίκτυα, σε αντίθεση με τη μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού, που είναι δυνατόν να εφαρμοστεί και στην περίπτωση βροχοειδούς μορφής δικτύων.

Η μέθοδος επιτρέπει την εύρεση του ελάχιστου κόστους των σωληνώσεων ενός δικτύου συναρτήσει των απαιτούμενων δαπανών των σωληνώσεων με διαμέτρους του εμπορίου, από όπου και η ονομασία της «ασυνεχής» σε αντιδιαστολή προς την συνεχή μέθοδο.

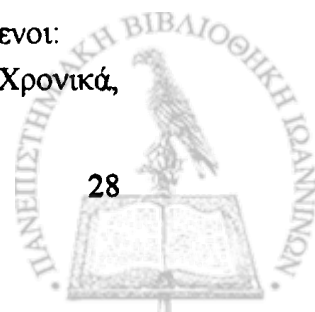
Μπορεί να εφαρμοσθεί με ευχέρεια για επίλυση ενός προβλήματος και με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Συνίσταται στην χάραξη μιας τεθλασμένης γραμμής σε ένα διάγραμμα συντεταγμένων, η οποία δίνει την ελάχιστη δαπάνη ενός δικτύου ως συνάρτηση της ολικής απώλειας φορτίου την οποία συνεπάγεται το δίκτυο αυτό.

Στην Ελλάδα είναι πολύ διαδεδομένη η χρήση της ασυνεχούς μεθόδου Labye για τη διαστασιολόγηση αρδευτικών δικτύων, για απλά δίκτυα που τροφοδοτούνται από ένα και μόνο αντλιοστάσιο στην κεφαλή του δικτύου. Επειδή η μέθοδος εφαρμόζεται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα στην επίλυση αρδευτικών δικτύων στην Ελλάδα, υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για βελτίωση και επέκταση της μεθόδου από Έλληνες ερευνητές.

Οι κυριότεροι μελετητές που ασχολήθηκαν με την μέθοδο Labye είναι οι επόμενοι:

Ο Ε. Λειβαδίτης (1972), με ένα άρθρο του, που δημοσιεύθηκε στα Τεχνικά Χρονικά, έκανε περιγραφή της μεθόδου για ακτινωτά δίκτυα βαρύτητας.



Ο **Ευστρατιάδης** (1980) προσπάθησε να βελτιώσει τη μέθοδο, ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή της με περισσότερα από ένα αντλιοστάσια.

Οι **Τσακίρης και Κιουντούζης** (1981) έκαναν σύγκριση του βέλτιστου κόστους του ίδιου δικτύου με χρήση γραμμικής μεθόδου, μεθόδου Labye και συνεχούς μεθόδου.

Ο **Χ. Τζιμόπουλος** (1991) συστηματοποίησε τις μέχρι τότε γνώσεις και έκανε ανάλυση της μεθόδου κατά τρόπο που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίλυση Η/Υ.

Οι **Β. Βακαλόπουλος – Χ. Σαραφιανός** (1996) συνέταξαν πρόγραμμα επίλυσης με τη βοήθεια του Excel.

### 3.2. Προϋποθέσεις εφαρμογής της μεθόδου του Labye

Επειδή η ασυνεχής μέθοδος Labye αντλεί τις αρχές της από την επίλυση των δικτύων με γραφικές μεθόδους (Lomax 1966), είναι δυνατό να λεχθεί ότι η κατασκευή της χαρακτηριστικής κάθε κλάδου έχει ομοιότητες με τον τρόπο υπολογισμού του ελάχιστου κόστους δικτύου με δυναμικό προγραμματισμό για σταθερό ενεργειακό υψόμετρο κεφαλής και μεγάλο βήμα υπολογισμού.

Σύμφωνα με τη λογική της μεθόδου του Labye μείγμα διαμέτρων σε κάποιο αγωγό προκύπτει σε όλους τους κλάδους, εκτός από τους κλάδους της κρίσιμης διαδρομής για κάθε ενεργειακό υψόμετρο.

Σε απλά δίκτυα με ένα μόνο αντλιοστάσιο κεφαλής η μέθοδος αυτή δίνει αποτελέσματα, με κόστος όμως γενικά μεγαλύτερο από ακριβέστερες μαθηματικά μεθόδους.

Η μέθοδος Labye δεν μπορεί να λάβει υπόψη τοπικές απώλειες με άλλο τρόπο εκτός από επιβάρυνση του συντελεστή τραχύτητας του σωλήνα. (π.χ. με αύξηση του συντελεστή τραχύτητας κατά 10%). Επίσης το κόστος ειδικών συσκευών και τεμαχίων λαμβάνεται μόνο ενσωματωμένο στο κόστος του κυρίως αγωγού, π.χ. με αύξηση του μοναδιαίου κόστους.

Η μέθοδος Labye δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν :

- Η παροχή υπολογισμού στους αγωγούς δεν είναι σταθερή. Στην περίπτωση αυτή εφαρμόζεται μόνο με διαδοχικές δοκιμές χωρίς αλγόριθμο βελτιστοποίησης για την κατασκευή των χαρακτηριστικών κατά προσέγγιση (Liese και Usermann 1982) με τη βοήθεια ενός επίλυτή.
- Όταν στο δίκτυο υπάρχουν περισσότερα από ένα σημεία τροφοδοσίας, όπως συμβαίνει στα πολλαπλά αντλιοστάσια, που αντιμετωπίζονται με δυναμικό προγραμματισμό.
- Όταν στο δίκτυο υπάρχουν μειωτές πίεσης.

### 3.3. Περίπτωση ενός μόνο αγωγού

Υποτίθεται ότι είναι γνωστό το μήκος  $L$  του αγωγού, καθώς και η παροχή του  $Q$ . Η ελάχιστη επιτρεπόμενη μέση ταχύτητα ροής στον αγωγό επιτρέπει την εφαρμογή μιας διαμέτρου, της  $D_{\max}$ , ενώ η μέγιστη επιτρεπόμενη μέση ταχύτητα ροής επιβάλλει την εφαρμογή μιας άλλης διαμέτρου, της  $D_{\min}$ . Μεταξύ των  $D_{\max}$  και  $D_{\min}$  είναι δυνατό να υπάρχουν περισσότερες ή λιγότερες διάμετροι του εμπορίου.

Καταρχήν, για απλοποίηση του προβλήματος, γίνεται δεκτό ότι οι και είναι δύο διαδοχικές διάμετροι του εμπορίου.

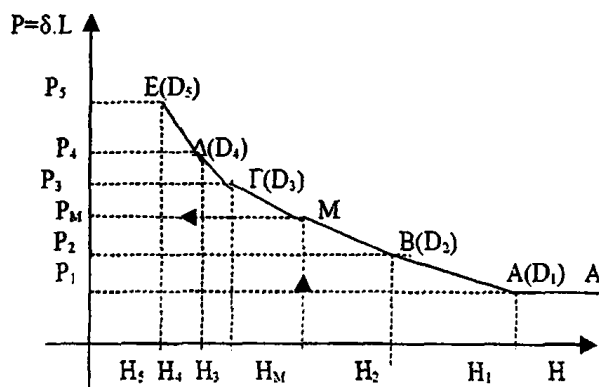
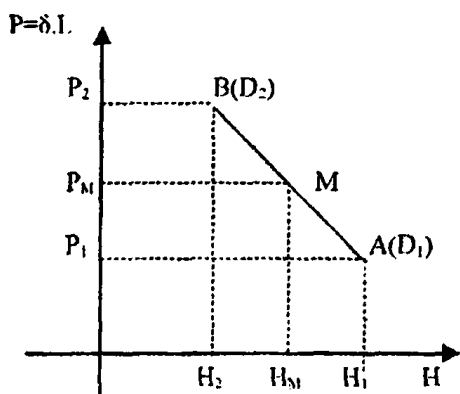
Οι απώλειες φορτίου κατά μήκος του αγωγού είναι γραμμική συνάρτηση του μήκους του, δηλ.  $H = LF_1(Q, D)$ .

Εάν ολόκληρος ο αγωγός είναι της μεγαλύτερης διαμέτρου  $D_{\max} = D_2$ , θα προκύψει: α) η ελάχιστη δυνατή απώλεια φορτίου  $H_2 = LF_1(Q, D_2)$ , και β) η μέγιστη δυνατή δαπάνη ανά τρέχον μέτρο,  $\delta$ , η οποία αντιστοιχεί σε ολική δαπάνη για το μήκος  $L$  του αγωγού ίση με  $P_2 = \delta(D_2)L$  (σημείο  $B(H_2, P_2)$  του διαγράμματος του σχήματος 3.1.).

Εάν ολόκληρος ο αγωγός είναι της μικρότερης διαμέτρου  $D_{\min} = D_1$ , προκύπτει το σημείο  $A(H_1, P_1)$  του διαγράμματος του σχήματος 3.1., το οποίο αντιστοιχεί στη μέγιστη δυνατή απώλεια φορτίου,

$$H_1 = LF_1(Q, D_1) \quad (3.1)$$

$$\text{και στην ελάχιστη δυνατή δαπάνη } P_1 = \delta(D_1)L \quad (3.2)$$



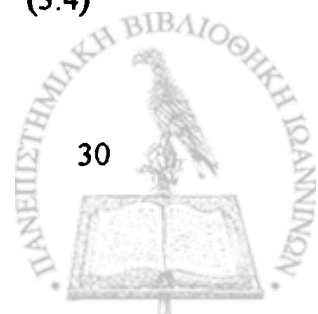
**Σχήμα 3.1.** Δύο δυνατές διαμέτροι αγωγού. **Σχήμα 3.2.** Περισσότερες από δύο δυνατές διαμέτροι αγωγού.

Εάν ο αγωγός έχει διαμέτρους  $D_2$ , στην αρχή και στη συνέχεια  $D_1$ , προκύπτει μία απώλεια φορτίου,  $H_M$ , περιλαμβανομένη μεταξύ των τιμών  $H_2$  και  $H_1$ , και μία δαπάνη,  $P_M$ , περιλαμβανομένη μεταξύ των τιμών  $P_2$  και  $P_1$ . Το αντίστοιχο παραστατικό σημείο του διαγράμματος, ήτοι το  $M(H_M, P_M)$ , κείται στην ευθεία  $BA$ . Από το σχήμα 3.1 προκύπτει :

$$\left. \begin{aligned} P_{D_2} &= \delta(D_2)L_{D_2} = P_2 \frac{L_{D_2}}{L} \\ P_{D_1} &= \delta(D_1)L_{D_1} = P_1 \frac{L_{D_1}}{L} \end{aligned} \right\} \Rightarrow P_{D_2} + P_{D_1} = P_M = P_2 \frac{L_{D_2}}{L} + P_1 \frac{L - L_{D_2}}{L}$$

$$\text{οπότε } L_{D_2} = L \frac{P_M - P_1}{P_2 - P_1} = L \frac{MA}{BA} \quad (3.3)$$

$$\text{και } L_{D_1} = L - L \frac{MA}{BA} = L \frac{BA - MA}{BA} = L \frac{BM}{BA} \quad (3.4)$$





πράγμα που σημαίνει ότι για ένα πρώτο τμήμα του αγωγού διαμέτρου  $D_2$ , και μήκους  $L_{D_2} = L \frac{AM}{BA}$  και για ένα δεύτερο τμήμα του αγωγού διαμέτρου  $D_1$ , και μήκους  $L_{D_1} = \frac{BM}{BA}$ , θα προκύψει συνολική απώλεια φορτίου και συνολική δαπάνη του αγωγού και των δύο τμημάτων. Με δεδομένα τα υπολογίζονται από τον τύπο των Darcy-Weisbach:

$$H_2 = \frac{f L Q^2}{2\pi^2 g D_2^5} = 193,645 \frac{f L Q^2}{D_2^5} \quad (3.6)$$

$$\text{και } H_1 = 193,645 \frac{f L Q^2}{D_1^5} \quad (3.7)$$

και από το σχήμα 4.1. :

$$BA = \sqrt{(P_2 - P_1)^2 + (H_1 - H_2)^2} \quad (3.8)$$

$$BM = BA \left| \frac{(H_m - H_2)}{(H_1 - H_2)} \right| \quad (3.9)$$

$$\text{και } AM = BA \left| \frac{(H_1 - H_m)}{(H_1 - H_2)} \right| \quad (3.10)$$

Επομένως το πρώτο τμήμα του αγωγού, διαμέτρου  $D_2$ , θα έχει μήκος

$$L_{D_2} = L \left| \frac{H_1 - H_m}{H_1 - H_2} \right| \quad (3.11)$$

και το δεύτερο τμήμα του, διαμέτρου  $D_1$ , θα έχει μήκος

$$L_{D_1} = L \left| \frac{H_m - H_2}{H_1 - H_2} \right| \quad (3.12)$$

Εστω τώρα ότι μεταξύ των  $D_{\max}$  και  $D_{\min}$  υπάρχουν πολλές διαμέτροι του εμπορίου, π.χ. οι  $D_5 > D_4 > D_3 > D_2 > D_1$ .

Στο διάγραμμα  $(H, P)$  αντιστοιχούν τα παρακάτω παραστατικά σημεία (σχήμα 3.2.).

Για διάμετρο  $D_1$  το A ( $H_1, P_1$ ), για διάμετρο  $D_2$  το B ( $H_2, P_2$ ), για διάμετρο  $D_3$  το A ( $H_3, P_3$ ), για διάμετρο  $D_4$  το A ( $H_4, P_4$ ) και για διάμετρο  $D_5$  το A ( $H_5, P_5$ ), όπου τα H και P αντιστοιχούν στο μήκος L του υπόψη αγωγού.

Η σημασία της σχηματιζόμενης τεθλασμένης γραμμής ΕΔΓΒΑΑ' είναι η εξής :

Στο A ( $D_1$ ) με συντεταγμένες ( $H_1, P_1$ ), ολόκληρος ο αγωγός είναι διαμέτρου  $D_1$ , η οποία, λαμβανομένου υπόψη του άνω ορίου ταχύτητας  $V < V_{\max}$ , είναι η ελάχιστη δυνατή διάμετρος.

Δεξιά του A, οποιαδήποτε και αν είναι η διαθέσιμη απώλεια φορτίου, η διάμετρος παραμένει η ίδια ( $D_1$ ) και επομένως και η δαπάνη σταθερή  $P_1$ .



Η τεθλασμένη γραμμή ΕΔΓΒΑΑ' ονομάζεται χαρακτηριστική του αγωγού και περιέχει μία σειρά ευθειών, η κάθε μία από τις οποίες είναι κεκλιμένη ως προς την οριζόντια με κλίση  $\left| \frac{\Delta P}{\Delta H} \right|$  και το τελευταίο δεξιά τμήμα της είναι ευθεία παράλληλη προς τον άξονα των Η (οριζόντια), η ΑΑ'.

Η τεθλασμένη αυτή γραμμή στρέφει πάντοτε τα κοίλα προς τα άνω και οι τιμές των κλίσεων  $\left| \frac{\Delta P}{\Delta H} \right|$  μειώνονται προοδευτικά από αριστερά προς τα δεξιά, εφ' όσον το Η αυξάνει.

Τελικά η κλίση αυτή  $\left| \frac{\Delta P}{\Delta H} \right|$  παίρνει την τιμή 0 ( ευθεία οριζόντια ΑΑ' ).

Επομένως μόνο το κατερχόμενο τμήμα. ΕΔΓΒΑ μαζί με την οριζόντια ΑΑ' του σχεδιαζόμενου πολυγώνου είναι χρησιμοποιήσιμη. Τα γωνιακά σημεία Ε, Δ, Γ, Β, Α του πολυγώνου παριστάνουν τις διάφορες διαμέτρους του εμπορίου οι οποίες είναι χρησιμοποιήσιμες.

Εάν η διαθέσιμη απώλεια φορτίου είναι  $H_2$ , θα επιλεγεί η διάμετρος  $D_2$ , οπότε το αντίστοιχο οικονομικό κόστος του αγωγού θα είναι  $P_2$ .

Εάν διατίθεται απώλεια φορτίου  $H_M$  και ισχύει  $H_2 < H_M < H_3$ , τότε ο οικονομικότερος συνδυασμός είναι: μήκος  $L \frac{BN}{GB}$  διαμέτρου  $D_3$  στην αρχή και μήκος  $L \frac{BN}{GB}$  διαμέτρου  $D_2$  στην συνέχεια.. Το συνολικό κόστος του αγωγού θα είναι  $P_M$ .

Εάν είναι επιθυμητή μία διάμετρος αγωγού, τότε προφανώς θα εκλεγεί η μεγαλύτερη από τις δύο, ήτοι την  $D_3$  και ο αγωγός θα έχει συνολικό κόστος  $P_3$ .

Από τα παραπάνω βγαίνει το συμπέρασμα ότι, όταν μεταβάλλεται η διαθέσιμη απώλεια φορτίου  $H$  δύο τμημάτων αγωγού οποιονδήποτε διαμέτρων, η ελάχιστη δαπάνη  $P$  μεταβάλλεται γραμμικά με την απώλεια φορτίου  $H$  και ότι, όταν υπάρχει ένας μόνο αγωγός, η ελάχιστη δαπάνη επιτυγχάνεται με χρησιμοποίηση το πολύ δύο διαφορετικών διαμέτρων.

### 3.4. Περίπτωση ενός δικτύου με αγωγούς στη σειρά

Αφού προσδιοριστεί το ακραίο σημείο Α (σχήμα 3.3), χαράσσεται η τεθλασμένη γραμμή ΑΒΓΔΕΖ..., η οποία αποτελείται από ευθείες γραμμές με αυξανόμενη κλίση από τα δεξιά προς τα αριστερά σύμφωνα με την επόμενη διαδικασία.

#### Βήμα 1ο.

- α. Για κάθε αγωγό αναζητούνται οι δυνατές διαμέτροι του εμπορίου, οι οποίες προκύπτουν από τις συνθήκες (περιορισμούς) ταχύτητας ροής.
- β. Για κάθε διάμετρο προσδιορίζονται οι ανά τρέχον μέτρο γραμμικές απώλειες,  $J$ , (ως συνάρτηση της παροχής του αντίστοιχου αγωγού) και την αντίστοιχη δαπάνη  $\delta$  ανά τρέχον μέτρο αγωγού.
- γ. Υπολογίζονται οι διαφορές κλίσεις  $\left| \frac{\Delta \delta}{\Delta J} \right|$ , και έστω ότι είναι:

Για τον 1<sup>ο</sup> αγωγό:  $1_1, 1_2, 1_3, 1_4, \dots$ , για τον 2<sup>ο</sup> αγωγό:  $2_1, 2_2, 2_3, 2_4, \dots$ , για τον 3<sup>ο</sup> αγωγό:  $3_1, 3_2, 3_3, 3_4, \dots$ , κ.ο.κ. .



### Βήμα 2ο.

- α. Προσδιορίζεται το σημείο Α' (δεξιό ακραίο) της χαρακτηριστικής, το οποίο αντιστοιχεί στη μικρότερη δυνατή διάμετρο, για όλους τους αγωγούς του δικτύου, με τη μεγαλύτερη συνολική απώλεια φορτίου και τη μικρότερη συνολική δαπάνη.
- β. Προσδιορίζεται το ακραίο αριστερό σημείο της χαρακτηριστικής, που αντιστοιχεί στην μεγαλύτερη δυνατή διάμετρο για όλους τους αγωγούς του δικτύου, με τη μικρότερη συνολική απώλεια φορτίου και τη μεγαλύτερη συνολική δαπάνη. Έστω ότι το σημείο αυτό είναι το Ζ.

### Βήμα 3ο.

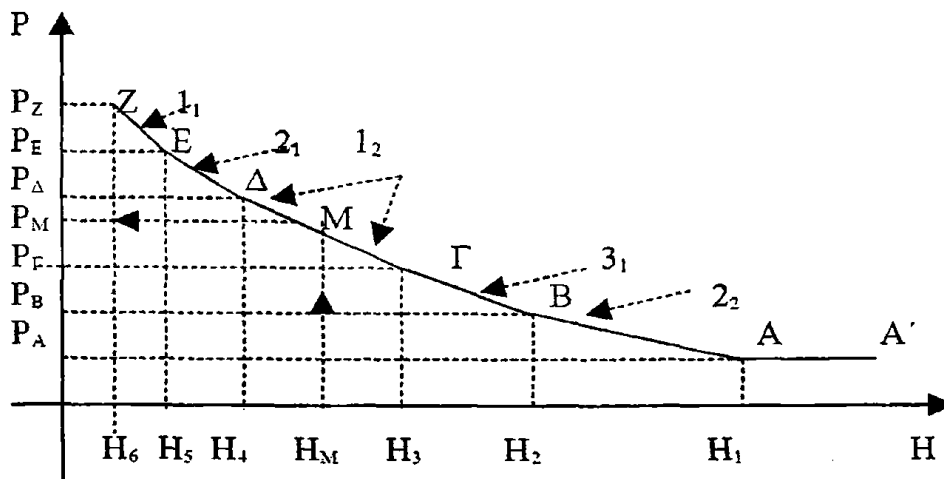
Κατατάσσονται τις κλίσεις της χαρακτηριστικής  $\left| \frac{\Delta \delta}{\Delta J} \right| = \left| \frac{\Delta P}{\Delta H} \right|$  κατά φθίνουσα σειρά έστω

$11 > 21 > 12 > 22 > 23$  κ.ο.κ.

### Βήμα 4ο.

Με εκκίνηση από το Ζ χαράσσονται οι ευθείες κλίσεων  $1_1, 2_1, 1_2, 2_2, 2_3$  κ.ο.κ., μέχρι στο δεξιό ακραίο γωνιακό σημείο Α της χαρακτηριστικής (σχήμα 3.3.).

Το γωνιακό σημείο Ε προκύπτει από τα γνωστά  $H_E$  και  $P_E$  της διαμέτρου που αντιστοιχεί στην πρώτη (μετά το Ζ) κλίση της χαρακτηριστικής. Ανάλογα καθορίζονται τα επόμενα γωνιαία της χαρακτηριστικής, ήτοι τα Δ, Γ, Β, Α κ.ο.κ. Έτσι προκύπτει η τεθλασμένη γραμμή, χαρακτηριστική, η οποία δίνει την ελάχιστη δαπάνη (σχήμα 3. 3.).



Σχήμα 3.3. Η χαρακτηριστική του κλάδου

### Βήμα 5ο.

Σημειώνεται η διαθέσιμη απώλεια φορτίου  $H_M$ , οπότε βρίσκεται αμέσως η αντίστοιχη δαπάνη  $P_M$ .

Εάν το σημείο Μ πέφτει στην ευθεία που έχει κλίση  $1_2$ , αυτό σημαίνει ότι μόνο ο αγωγός αυτός, και μόνο αυτός απαιτεί (για την οικονομική λύση) δύο διαμέτρους.

Κατά τη μετάβαση στη χαρακτηριστική από το Μ προς το Ζ συναντώνται ευθύγραμμα τμήματα με αυξανόμενες κλίσεις, οι οποίες αντιστοιχούν στους διάφορους αγωγούς της σειράς. Καθένας από αυτούς τους αγωγούς έχει διάμετρο την μικρότερη από τις διαμέτρους τις οποίες πλαισιώνει το ευθύγραμμο τμήμα της μικρότερης κλίσης, δηλαδή το πρώτο που συναντάται προς τα αριστερά του Μ.

Καθένας από τους αγωγούς, των οποίων τα στοιχεία βρίσκονται προς τα δεξιά του  $M$ , έχει διάμετρο την μεγαλύτερη από τις διαμέτρους τις οποίες πλαισιώνει το ευθύγραμμο τμήμα της μεγαλύτερης κλίσης, δηλαδή το πρώτο που συναντάται προς τα δεξιά του  $M$ .

Για την περίπτωση του σχήματος 3 ο δεύτερος αγωγός έχει τη διάμετρο που αντιστοιχεί στο δεξιό άκρο  $\Delta$  (το πλησιέστερο στο  $M$ ) της ευθείας με κλίση  $2_1$ , δηλαδή  $D_4$ .

Ο τρίτος αγωγός έχει τη διάμετρο, που αντιστοιχεί στο αριστερό άκρο  $\Gamma$  (το πλησιέστερο στο  $M$ ) της ευθείας με κλίση  $3_1$ , δηλαδή  $D_3$  κ.ο.κ.

Παρατηρείται ότι στην περίπτωση δικτύου με αγωγούς στη σειρά μόνο ένας αγωγός απαιτεί, για την οικονομική λύση, δύο διαμέτρους.

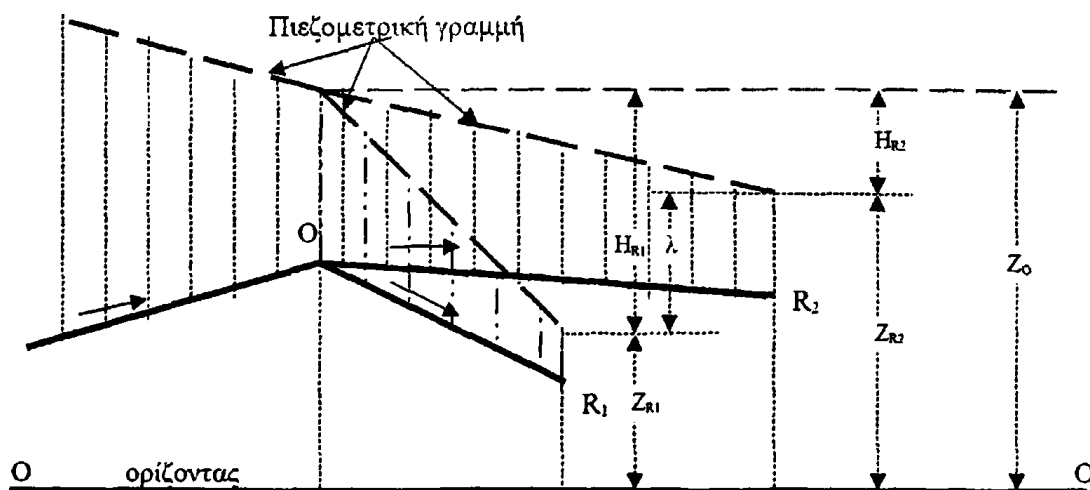
### 3.5. Περίπτωση ενός δικτύου με δύο αγωγούς σε διακλάδωση

Εστώ  $Z_{R1}$  και  $Z_{R2}$  οι απόλυτες πιεζομετρικές στάθμες στα  $R_1$  σημεία και  $R_2$ , των αγωγών  $OR_1$  και  $OR_2$ , (σχήμα 3.4.), και έστω ότι  $Z_{R2} - Z_{R1} = \lambda$ , ή ακόμη ότι

$$H_{OR1} - H_{OR2} = \lambda \quad (3.13)$$

Χαράσσεται η χαρακτηριστική πρώτα του αγωγού  $OR_1$  και κατόπιν του  $OR_2$ , (σχήμα 3.4.).

Στη συνέχεια κατασκευάζεται η αθροιστική χαρακτηριστική των αγωγών  $OR_1$  και  $OR_2$ , (η  $OR_1, OR_2$ ) του κλάδου, η οποία προκύπτει από την άθροιση των τεταγμένων (των  $P$ ) των δύο επί μέρους χαρακτηριστικών.



Σχήμα 3.4. Δίκτυο με δύο αγωγούς σε διακλάδωση.

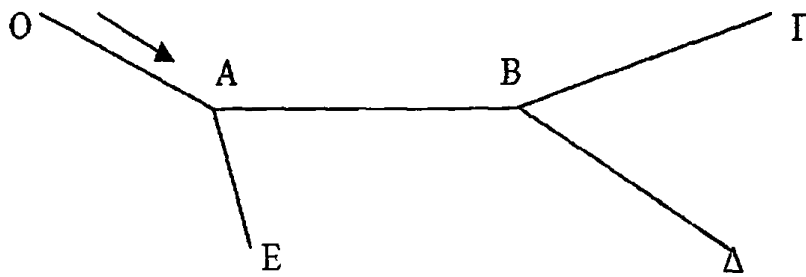
Η χαρακτηριστική αυτή τεθλασμένη γραμμή έχει την ίδια μορφή με την χαρακτηριστική του κάθε επί μέρους αγωγού, δηλαδή συνίσταται από ένα σύνολο ευθυγράμμων τμημάτων με φθίνουσες κλίσεις.

### 3.6. Περίπτωση ενός ακτινωτού δικτύου

Γίνονται οι επόμενες εργασίες :

1. Χάραξη της χαρακτηριστικής γραμμής του αγωγού ΒΓ. Χάραξη της χαρακτηριστικής γραμμής του αγωγού ΒΔ. Χάραξη της χαρακτηριστικής γραμμής του κλάδου ΒΓΔ (περίπτωση διακλάδωσης).

2. Προσθήκη του αγωγού AB στον ανηγμένο κλάδο ΒΓΔ (αγωγοί στη σειρά), ήτοι εύρεση της χαρακτηριστικής τού κλάδου ΑΒΓΔ.
3. Χάραξη της χαρακτηριστικής του αγωγού ΑΕ.
4. Σύνθεση του συνθέτου κλάδου ΑΒΓΔ με τον αγωγό ΑΕ (περίπτωση διακλάδωσης). Αναρρίχηση έτσι μέχρι την αρχή Ο του δικτύου.
5. Αφού ληφθεί υπόψη το διατιθέμενο πιεζομετρικό φορτίο  $H_M$ , γίνεται προσδιορισμός της ελάχιστης  $P_M$  του δικτύου και στη συνέχεια των διαμέτρων των αγωγών.



Σχήμα 3.5. Ακτινωτό δίκτυο.

# 4

## Η ασυνεχής μέθοδος βελτιστοποίησης με γραμμικό προγραμματισμό

### 4.1. Γενικά

Ο γραμμικός προγραμματισμός είναι μία μαθηματική διαδικασία, με την οποία μπορούν να λύνονται προβλήματα, που εκφράζονται με μία γραμμική συνάρτηση, που πρέπει να βελτιστοποιηθεί στο χώρο που διαγράφουν ορισμένοι περιορισμοί, οι οποίοι εκφράζονται επίσης ως γραμμικές σχέσεις.

Μία συνάρτηση  $f(x_1, x_1, \dots, x_n)$  λέγεται γραμμική συνάρτηση, όταν και μόνο όταν υπάρχει κάποια ομάδα σταθερών  $c_1, c_2, \dots, c_n$ , ώστε να ισχύει:

$$f(x_1, x_1, \dots, x_n) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \quad (4.1)$$

**Γραμμική αντικειμενική συνάρτηση (objective function)** είναι η συνάρτηση που πρέπει να βελτιστοποιηθεί.

Οι μεταβλητές της αντικειμενικής συνάρτησης,  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , ονομάζονται **μεταβλητές αποφάσεων (decision variables)**.

Οι σταθερές  $c_1, c_2, \dots, c_n$  ονομάζονται ανάλογα **συντελεστές κέρδους ή συντελεστές κόστους**.

Οι τιμές των μεταβλητών αποφάσεων πρέπει να ικανοποιούν μία ομάδα περιορισμών κάθε ένας από τους οποίους πρέπει να είναι γραμμική ισότητα ή γραμμική ανισότητα, οι οποίοι ονομάζονται **περιορισμοί δομής**.

Οι περιορισμοί δομής ορίζουν τα όρια μέσα στα οποία πρέπει να βελτιστοποιηθεί η αντικειμενική συνάρτηση. Το πλήθος των περιορισμών έχει επίδραση στην υπολογιστική προσπάθεια εξεύρεσης της λύσης. Αυξάνοντας τις τιμές των μεταβλητών μέχρι το άπειρο, η αντικειμενική συνάρτηση παίρνει τιμή επίσης άπειρο, πράγμα που σημαίνει ότι το πρόβλημα της βελτιστοποίησης τότε μόνο έχει νόημα, όταν οι μεταβλητές απόφασης περιορίζονται:

Οι γραμμικοί περιορισμοί έχουν τη μορφή:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

.....

.....

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

(4.2)

36



Τα  $b_1, b_2, \dots, b_m$  ονομάζονται δεξιά στήλη (Rhs).

Εκτός από τους περιορισμούς δομής πρέπει να ισχύουν και οι περιορισμοί μη αρνητικότητας, οι οποίοι είναι λογικό να υπάρχουν, αφού οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια του γραμμικού προγραμματισμού, αντιπροσωπεύουν πραγματικά μεγέθη και επομένως οι αρνητικές τιμές δεν έχουν νόημα. Οι περιορισμοί μη αρνητικότητας έχουν τη μορφή:

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \quad (4.3)$$

## 4.2. Κανονική μορφή του μοντέλου του γενικού προβλήματος

Ένα μοντέλο γενικού προβλήματος ΓΠ είναι σε κανονική μορφή, αν όλες οι ανισότητες που καθορίζουν τους περιορισμούς δομής γίνουν ισότητες και επιπλέον για όλες τις παραμέτρους του προτύπου  $b_i$  ισχύει  $b_i \geq 0$ .

Η μετατροπή του προβλήματος σε κανονική μορφή γίνεται με την εισαγωγή πρόσθετων μεταβλητών οι οποίες ονομάζονται μεταβλητές απόκλισης ή βοηθητικές μεταβλητές ή ουδέτερες μεταβλητές ή ψευδομεταβλητές (Slack variables).

Για τη μετατροπή αυτή ακολουθείται η επόμενη διαδικασία :

- Ένας περιορισμός της μορφής  $\sum_{j=1}^r a_{hj} x_j \leq b_h$  (4.4)

με την εισαγωγή της ψευδομεταβλητής απόκλισης  $x_{r+h} \geq 0$  παίρνει τη μορφή:

$$\sum_{j=1}^r a_{hj} x_j + x_{r+h} = b_h \quad (4.5)$$

Σημειώνεται ότι για κάθε σύνολο τιμών  $x_j$  (όχι απαραίτητα μη αρνητικών) που ικανοποιούν

τον περιορισμό  $\sum_{j=1}^r a_{hj} x_j \leq b_h$ , η  $x_{r+h}$ , θα έχει τιμή μη αρνητική.

- Ένας περιορισμός της μορφής  $\sum_{j=1}^r a_{kj} x_j \geq b_k$  (4.6)

με την εισαγωγή της ψευδομεταβλητής  $x_{r+k} \geq 0$  παίρνει τη μορφή :

$$\sum_{j=1}^r a_{kj} x_j - x_{r+k} = b_k \quad (4.7)$$

Σημειώνεται πάλι ότι για κάθε σύνολο τιμών  $x_j$  (όχι απαραίτητα μη αρνητικών) που

ικανοποιούν τον περιορισμό  $\sum_{j=1}^r a_{kj} x_j \geq b_k$ , η  $x_{r+k}$ , θα έχει τιμή μη αρνητική.

Με την παραπάνω διαδικασία επετεύχθη σταδιακά η μετατροπή όλων των αρχικών περιορισμών δομής στο ακόλουθο σύστημα γραμμικών εξισώσεων:

$$\sum_{j=1}^r a_{hj} x_j + x_{r+h} = b_h \quad h = 1, 2, \dots, u \quad (4.8)$$

$$\sum_{j=1}^r a_{kj} x_j - x_{r+k} = b_k \quad k = u+1, u+2, \dots, v \quad (4.9)$$



$$\sum_{j=1}^r \alpha_{pj} x_j = b_p \quad p = v+1, v+2, \dots, m \quad (4.10)$$

το οποίο είναι ένα σύστημα  $m$  γραμμικών εξισώσεων με  $n$  άγνωστες μεταβλητές, των οποίων ο αριθμός  $n = r + v$  είναι μεταξύ  $r$  και  $r + m$ , ανάλογα με τον αριθμό των εισαγόμενων ψευδομεταβλητών.

Επειδή πάντοτε όλες οι εισαγόμενες ψευδομεταβλητές έχουν μοναδιαίες αξίες μηδενικές, λέμε ότι οι αντίστοιχες δραστηριότητες είναι ουδέτερες, ενώ παράλληλα το πρόβλημα, που προκύπτει με τους περιορισμούς δομής σε κανονική μορφή, έχει το ίδιο σύνολο βέλτιστων λύσεων με το αρχικό. Η φυσική σημασία των ψευδομεταβλητών είναι ότι παριστάνουν το μέρος του διαθέσιμου μέσου που παραμένει αχρησιμοποίητο.

Παράδειγμα.

Το πρόβλημα Γ Π :  $\max z = 4x_1 + 3x_2$

με τους περιορισμούς :  $2x_1 + 3x_2 \leq 6$

$$x_1 + 7x_2 \geq 4$$

$$x_1 + x_2 = 3$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

να τεθεί σε κανονική μορφή.

Λύση.

Με την εισαγωγή των ψευδομεταβλητών, όπως περιγράφηκαν, προκύπτει η κανονική μορφή:

$$2x_1 + 3x_2 + x_3 = 6$$

$$x_1 + 7x_2 - x_4 = 4$$

$$x_1 + x_2 = 3$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

$$\begin{bmatrix} 2 & 3 & 1 & 0 \\ 1 & 7 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6 \\ 4 \\ 3 \end{bmatrix}$$

ή σε μητρική μορφή :

$$\text{ή } A \cdot x = b$$

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 1 & 0 \\ 1 & 7 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$$

όπου :

$$x = [x_1, x_2, x_3, x_4] \quad b = [6, 4, 3]$$

$$a_1 = [2, 1, 1] \quad a_2 = [3, 7, 1] \quad a_3 = [1, 0, 0] \quad a_4 = [0, -1, 0]$$

Η αντικειμενική συνάρτηση γράφεται  $z = 4x_1 + 3x_2 + 0x_3 - 0x_4 = cx$

$$\text{όπου } c = (4, 3, 0, 0)$$

Παρατήρηση: Τα διανύσματα στήλης θα συμβολίζονται με αγκύλες και τα διανύσματα σειράς με παρενθέσεις.



### 4.3. Η μέθοδος simplex

#### 4.3.1. Προκαταρκτικά θεωρίας της Μεθόδου Simplex

Το μοντέλο του γενικού προβλήματος Γ Π στην κανονική μορφή είναι, όπως αναφέρθηκε:

$$\max (\text{ή } \min) z = cx \quad (4.11)$$

με τους περιορισμούς  $Ax = b, (b \geq 0) \quad (4.12)$

$$x \geq 0 \quad (4.13)$$

Με βάση τη μορφή αυτή διατυπώνονται οι ορισμοί των λύσεων του προβλήματος ΓΠ ως εξής:

**Λύση του προβλήματος Γ Π** καλείται κάθε λύση του συστήματος, δηλαδή κάθε διάνυσμα  $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]$  που ικανοποιεί το σύστημα αυτό.

**Δυνατή (ή εφικτή) λύση** του προβλήματος Γ Π καλείται κάθε λύση του συστήματος που ικανοποιεί τους περιορισμούς.

**Βέλτιστη δυνατή λύση** ή απλώς βέλτιστη λύση του προβλήματος Γ Π καλείται κάθε λύση που μεγιστοποιεί (ή ελαχιστοποιεί) την αντικειμενική συνάρτηση  $z$ .

**Βάση συστήματος γραμμικών αλγεβρικών εξισώσεων ή απλώς "Βάση"**.

Η τετραγωνική μήτρα  $m \times m$ , που προκύπτει από την  $A$  και έχει  $m$  γραμμικά ανεξάρτητες στήλες καλείται "βάση του συστήματος" ή απλώς "βάση" και θα συμβολίζεται με  $B$ .

**Βασικές και μη βασικές μεταβλητές (ή δραστηριότητες)**

Οι  $m$  μεταβλητές που αντιστοιχούν στις στήλες μίας βάσης  $B$  καλούνται "βασικές μεταβλητές" ως προς την βάση αυτή ή "εξαρτημένες μεταβλητές". Οι υπόλοιπες  $(n-m)$  μεταβλητές, που αντιστοιχούν στις  $(n-m)$  στήλες της  $A$  που δεν περιλαμβάνονται στη βάση  $B$ , καλούνται "μη βασικές μεταβλητές" ως προς την βάση αυτή ή "ανεξάρτητες μεταβλητές". Οι αντίστοιχες δραστηριότητες καλούνται "βασικές" και "μη βασικές δραστηριότητες".

Αν παρασταθεί με  $B = (a_1, a_2, \dots, a_m)$  η  $m \times m$  βασική μήτρα της  $A$ , με  $\bar{A} = (a_{m+1}, a_{m+2}, \dots, a_n)$  η υπομήτρα  $m \times (n-m)$  των μη βασικών διανυσμάτων αυτής, και αντίστοιχα με  $x_B = [x_1, x_2, \dots, x_n]$  το διάνυσμα στήλης των βασικών μεταβλητών και με  $\bar{x} = [x_{m+1}, x_{m+2}, \dots, x_n]$  το διάνυσμα στήλης των μη βασικών μεταβλητών, τότε το σύστημα  $Ax = b, (b \geq 0)$  γράφεται:

$$\begin{bmatrix} B & \bar{A} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_B \\ \bar{x} \end{bmatrix} \Rightarrow Bx_B + \bar{A}\bar{x} = b \Rightarrow B^{-1}Bx_B + B^{-1}\bar{A}\bar{x} = B^{-1}b \Rightarrow x_B = B^{-1}b - B^{-1}\bar{A}\bar{x} \quad (4.14)$$

Η τελευταία σχέση υποδηλώνει ότι μία λύση του συστήματος  $Ax = b$ , μπορεί να βρεθεί αν εκλεγούν  $(n-m)$  αυθαίρετες τιμές για τα στοιχεία του διανύσματος  $\bar{x}$  και κατόπιν να προσδιοριστούν απ' ευθείας τα στοιχεία του διανύσματος  $x_B$ . Για αυτό και τα στοιχεία του διανύσματος καλούνται ανεξάρτητες μεταβλητές του δε  $x_B$  εξαρτημένες.

**Βασικές λύσεις**

Η λύση που προκύπτει από την εξίσωση  $x_B = B^{-1}b - B^{-1}\bar{A}\bar{x}$ , αν δοθούν μηδενικές τιμές



σε όλες τις μη βασικές (ανεξάρτητες) μεταβλητές ( $\bar{x}=0$ ), είναι  $x_B = B^{-1}b$  και καλείται "βασική λύση" του συστήματος.

Γενικότερα:

**Βασική (δυνατή) λύση** ενός συστήματος γραμμικών αλγεβρικών εξισώσεων ως προς μία βάση  $B$  καλείται μία (δυνατή) λύση αυτού που έχει το πολύ όλες τις βασικές μεταβλητές ως προς την βάση αυτή, διάφορες του μηδενός (θετικές) και όλες τις μη βασικές μεταβλητές ίσες με το μηδέν.

**Εκφυλισμένη βασική (δυνατή) λύση** ενός συστήματος γραμμικών αλγεβρικών εξισώσεων καλείται κάθε βασική (δυνατή) λύση αυτού στην οποία μία ή περισσότερες βασικές μεταβλητές έχουν τιμή μηδενική, δηλαδή κάθε βασική (δυνατή) λύση που έχει λιγότερες από  $m$  μεταβλητές διάφορες του μηδενός (θετικές) και τις υπόλοιπες ίσες με το μηδέν.

Παράδειγμα :

$$\min z = 3x_1 + x_2 + 5x_3 \quad \text{με τους περιορισμούς}$$

$$2x_1 - x_2 + 2x_3 = 7$$

$$x_1 + 2x_2 - 4x_3 = 4$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Τα διανύσματα στήλης στην περίπτωση αυτή είναι:

$$a_1 = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix} \quad a_2 = \begin{bmatrix} -1 \\ 2 \end{bmatrix} \quad a_3 = \begin{bmatrix} 2 \\ -4 \end{bmatrix} \quad \text{και} \quad b = \begin{bmatrix} 7 \\ 4 \end{bmatrix}$$

Όλες οι πιθανές βάσεις είναι :

$$B_1 = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \quad B_2 = \begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & -4 \end{bmatrix} \quad \text{και} \quad B_3 = \begin{bmatrix} -1 & 2 \\ 2 & -4 \end{bmatrix}$$

Διαπιστώνεται ότι  $|B_1| \neq 0$   $|B_2| \neq 0$   $|B_3| = 0$ . Κατά συνέπεια στις (βασικές μήτρες) είναι μόνο οι μήτρες  $B_1$  και  $B_2$ .

Αν εφαρμοστεί την σχέση  $x_B = B^{-1}b$  προκύπτουν:

$$x_{B_1} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = B_1^{-1}b = \frac{1}{5} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 7 \\ 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 18/5 \\ 1/5 \end{bmatrix} \quad \text{και}$$

$$x_{B_2} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_3 \end{bmatrix} = B_2^{-1}b = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} -4 & -2 \\ -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 7 \\ 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 18/5 \\ -1/10 \end{bmatrix}$$

Διαπιστώνεται ότι από τις δύο βασικές λύσεις η πρώτη είναι δυνατή και η δεύτερη μη δυνατή, διότι περιέχει αρνητικές τιμές.

### 4.3.2. Συνοπτική παρουσίαση της μεθόδου Simplex

$$1. \text{ Είναι } \max(\min) z = \sum_{j=1}^r c_j x_j \quad (4.15)$$

$$\sum_{j=1}^r a_{ij} x_j \quad \{ \leq, =, \geq \} b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4.16)$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, r \quad (4.17)$$

Γράφεται το πρόβλημα στην κανονική μορφή με την προσθήκη ψευδομεταβλητών.

$$\max(\min) z = cx \quad (4.11)$$

$$Ax = b \geq 0 \quad (4.12)$$

$$x \geq 0 \quad (4.13)$$

2. Εξετάζεται η μήτρα  $A$  εάν περιέχει μία μοναδιαία μήτρα διαστάσεων  $m \times m$  δηλαδή  $I_m$ . Εάν δεν περιέχει, προστίθενται τεχνητές μεταβλητές, ώστε να δημιουργηθεί μία μοναδιαία μήτρα.  $I_m$ . Στις τεχνητές μεταβλητές δίνονται μοναδιαίες αξίες  $-M$  ( $+M$ ). Η διαδικασία αρχίζει πάντα με πρώτη βασική μήτρα την μοναδιαία, διότι είναι γενικά πολύ δύσκολο να βρεθεί οποιαδήποτε άλλη βασική δυνατή λύση. Η αρχική βασική δυνατή λύση είναι συνεπώς

$$x_B = b \geq 0 \quad (4.18)$$

3. Κατασκευάζεται ο αρχικός πίνακας εύκολα, αφού

$$x_B = b$$

$$y_j = a_j$$

$$c_j - z_j = c_j - c_B a_j$$

$$z = c_B b$$

$$(y_j = B^{-1} a_j, \quad z_j = c_B y_j)$$

4. Εκφράζεται τότε το κριτήριο βέλτιστου. Εάν όλα τα  $c_j - z_j \leq 0$  ( $\geq 0$ ) είναι η βασική δυνατή λύση, είναι βέλτιστη.

Όταν ένα, ή περισσότερα,  $c_j - z_j > 0$  ( $< 0$ ) εφαρμόζεται το κριτήριο εισόδου:

$$c_k - z_k = \max(c_j - z_j), \quad c_j - z_j > 0 \quad (4.19)$$

$$(c_k - z_k = \min(c_j - z_j), \quad c_j - z_j < 0)$$

προκειμένου να επιλεγεί το μη βασικό διάνυσμα  $a_k$  που πρέπει να εισέλθει στη βάση.

Εφόσον έχει επιλεγεί το διάνυσμα  $a_k$  δύο ενδεχόμενα μπορούν να συμβούν:

α)  $y_{ik} \leq 0$  για όλα τα  $i$ . Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μία μη πεπερασμένη λύση, που περιλαμβάνει τα διανύσματα της βάσης και το  $a_k$ . (Εν γένει μία μη πεπερασμένη λύση δεν θα είναι βασική, υπάρχουν όμως μη πεπερασμένες λύσεις με όχι περισσότερες από  $m+1$  μεταβλητές διάφορες του μηδενός).

β)  $y_{ik} > 0$  για τουλάχιστον ένα  $i$ . Στην περίπτωση αυτή μπορεί να βρεθεί μία νέα βασική λύση που να δίνει  $\bar{z} \geq z$ .

5. Εάν τουλάχιστον ένα  $y_{ik} > 0$ , εφαρμόζεται το κριτήριο εξόδου

$$\frac{x_{Br}}{y_{ik}} = \min_i \left\{ \frac{x_{Bi}}{y_{ik}}, y_{ik} > 0 \right\} \quad (4.20)$$

Το διάνυσμα στην στήλη  $r$  της βάσης,  $\beta_r$ , αντικαθίσταται από το  $a_k$

6. Υπολογίζονται τα στοιχεία του νέου πίνακα από τις σχέσεις

$$\left. \begin{aligned} \bar{y}_{ij} &= y_{ij} - y_{rj} \left\{ \frac{y_{ik}}{y_{rk}} \right\} \quad i \neq r \\ \bar{y}_{rj} &= \frac{y_{rj}}{y_{rk}} \end{aligned} \right\} \quad j=1, 2, \dots, n \text{ και } 0, \quad j=1, 2, \dots, m+1 \quad (4.21)$$

$$\text{και } \bar{y}_{m+1,0} = y_{m+1,0} + y_{r0} \left\{ \frac{y_{m+1,k}}{y_{rk}} \right\} \quad \text{όπου } y_{i0} = x_{Bi}, \quad i=1, 2, \dots, m \quad (4.22)$$

$$z = y_{m+1,0}, \quad c_j - z_j = y_{m+1,j}, \quad j=1, 2, \dots, n \quad (4.23)$$

## 4.4. Ο Γραμμικός προγραμματισμός στο σχεδιασμό αρδευτικών δικτύων

### 4.4.1. Γενικά

Από τους πρωτοπόρους του γραμμικού προγραμματισμού στο βέλτιστο σχεδιασμό των δικτύων θεωρείται ο Smith (1966).

Ταυτόχρονα με την πρώτη εμφάνιση της μεθόδου έγινε προσπάθεια (Karmeli et al 1968), για να περιληφθεί και το κόστος του αντλιοστασίου στο μοντέλο του γραμμικού προγραμματισμού, ενώ αργότερα με το ίδιο θέμα ασχολήθηκαν και οι Robinson και Austin (1976) και οι Alperovits και Shamir (1977).

Ο Shamir (1974, 1977) χρησιμοποίησε ως μεταβλητές αποφάσεων τόσο τις διαμέτρους, όσο και τα μήκη των αγωγών και παρουσίασε το 1977 μία τροποποιημένη μέθοδο γραμμικού προγραμματισμού την L.P.G (Linear Programming Gradient).

Ο Δ. Ιωαννίδης το 1992 χρησιμοποίησε το γραμμικό προγραμματισμό (πρόγραμμα LINDO) σε συλλογικά δίκτυα υπό πίεση. Οι Τζιμόπουλος και Ιωαννίδης (1997) εφάρμοσαν



την ως άνω μέθοδο σε περιοχή της Βορείου Ελλάδας.

Η τελειοποίηση της μεθόδου αποτέλεσε αντικείμενο πολλών ερευνητών μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται οι Morgan, D. R., και Goulter, L. C., (1985), Fujiwara. O. et al, (1987), Stephenson, D., (1981), Τσακίρης, Γ., (1986) κ.λπ.

Είναι από τις μεθόδους που έχουν ερευνηθεί σε βάθος με πολλές εφαρμογές, επεκτάσεις και παραλλαγές, εξακολουθεί δε να εξελίσσεται έως σήμερα και να αποτελεί πεδίο έρευνας (Leconte et al 1988).

#### 4.4.2. Το Μαθηματικό πρότυπο

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.3.2., το συνολικό κόστος ενός αρδευτικού δικτύου είναι συνάρτηση των παραμέτρων  $\delta_i$ ,  $\Delta h_i$ ,  $L_i$  και  $Q_i$  των  $n$  αγωγών του δικτύου, δηλαδή εκφράζεται από τη σχέση:

$$P_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \delta_i (\Delta h_i, L_i, Q_i) L_i \quad (4.24)$$

Από την μαθηματική επεξεργασία της σχέσης αυτής προκύπτει ότι το πρόβλημα δεν είναι γραμμικό και συνεπώς δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίλυσή του η μέθοδος simplex που ως γνωστόν απαιτεί γραμμικές σχέσεις. Θα πρέπει λοιπόν να εφαρμοστεί μία τεχνική που θα μετατρέψει τις παραπάνω σχέσεις σε γραμμικές και θα επιτρέψει την εφαρμογή της μεθόδου simplex. Η διαδικασία που εφαρμόζεται για τη μετατροπή αυτή περιγράφεται στη συνέχεια.

##### 4.4.2.1. Οι μεταβλητές του προβλήματος

Για κάθε αγωγό, για τον οποίο έχει υπολογιστεί η παροχή, εφαρμόζεται η εξίσωση συνεχείας και, αφού ληφθούν υπόψη οι διατάξεις της εγκυκλίου Δ. 22.200/30-7-1977 για τον περιορισμό της ταχύτητας, ορίζονται οι ακραίες τιμές όλων των πιθανών διαμέτρων του αγωγού. Έτσι στην τιμή  $V_{\max}$  αντιστοιχεί το  $D_{\min}$  και στην  $V_{\min}$  το  $D_{\max}$ . Μεταξύ των τιμών  $D_{\max}$  και  $D_{\min}$  περιλαμβάνονται όλες οι πιθανές αποδεκτές τιμές των διαμέτρων του εμπορίου.

Σε κάθε πιθανή τιμή διαμέτρου  $D_{ij}$  αντιστοιχείται ένα μήκος  $x_{ij}$  όπου  $i=1, 2, \dots, n$  είναι ο αύξων αριθμός του υπόψη αγωγού,  $n$  είναι ο συνολικός αριθμός των αγωγών του δικτύου και  $j=1, 2, \dots, k$  είναι ο αριθμός των πιθανών διαμέτρων του αγωγού  $i$ . Το σύνολο των  $x_{ij}$  για όλους τους αγωγούς του δικτύου είναι οι μεταβλητές αποφάσεων του προβλήματος.

##### 4.4.2.2. Η αντικειμενική συνάρτηση

Το προς επίλυση πρόβλημα είναι :

$$\text{Να ελαχιστοποιηθεί η συνάρτηση } f(X) = CX \quad (4.25)$$

$$\text{όπου: } C = (C_1 \dots C_i \dots C_n) \quad , \quad X = (X_1 \dots X_i \dots X_n)^T$$

$$\text{και } C_i = (\delta_{i1} \dots \delta_{ij} \dots \delta_{ik}) \quad , \quad X_i = (x_{i1} \dots x_{ij} \dots x_{ik})^T$$

$x_{11}, x_{12}, \dots, x_{nk}$ , οι μεταβλητές αποφάσεων ( decision variables) [m].

$\delta_{ij}$  είναι το ανά μέτρο μήκους κόστος του αγωγού  $ij$  [€/m].



$n$  είναι ο συνολικός αριθμός των αγωγών του δικτύου.

$k$  είναι ο συνολικός αριθμός αποδεκτών διαμέτρων κάθε αγωγού.

#### 4.4.2.3. Οι περιορισμοί

Μετά τον προσδιορισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, και για διαμόρφωση του μαθηματικού πρότυπου, πρέπει να διατυπωθούν τόσο οι περιορισμοί δομής, όσο και οι περιορισμοί μη αρνητικότητας. Οι περιορισμοί δομής είναι περιορισμοί μήκους και περιορισμοί απωλειών.

##### α) Οι περιορισμοί μήκους

Στο προηγούμενο βήμα χαρακτηρίστηκαν όλα τα  $x_{ij}$  ως τα επιμέρους τμήματα του κάθε αγωγού ( ο κάθε αγωγός αναλύεται σε  $k$  τμήματα, όσες είναι και οι πιθανές διαμέτροι που προκύπτουν από το κριτήριο ταχύτητας ) και, όπως είναι φυσικό, το άθροισμα τους δεν μπορεί να ξεπεράσει το μήκος του αγωγού, που έχει επιλεγεί κατά το στάδιο του σχεδιασμού.

Άρα για κάθε τμήμα η περιοριστική εξίσωση μήκους έχει την μορφή:

$$x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{ik} = L_i \quad \text{ή} \quad L_i = \sum_{j=1}^k x_{ij} \quad \text{για} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.26)$$

όπου  $L_i$  είναι το συνολικό μήκος του αγωγού  $i$ , σε [m]

Η διαδικασία αυτή θα γίνει για κάθε αγωγό του δικτύου χωριστά και συνεπώς ο συνολικός αριθμός αυτών των περιορισμών θα είναι ίσος με τον συνολικό αριθμό των αγωγών του αρδευτικού δικτύου.

##### β) Οι περιορισμοί απωλειών

Ένας από τους πιο βασικούς περιορισμούς του προβλήματος είναι και η πίεση λειτουργίας του συστήματος η οποία προσδιορίζεται ως εξής:

Όταν σε συγκεκριμένο κόμβο υπάρχει υδροστόμιο, ως ελάχιστη πίεση ορίζεται η απαιτούμενη πίεση λειτουργίας του υδροστομίου.

Όταν σε συγκεκριμένο κόμβο δεν υπάρχει υδροστόμιο (π.χ. διακλάδωση), ως ελάχιστη πίεση λαμβάνονται 2 - 4 μέτρα, έτσι ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να τμήσει η πιεζομετρική γραμμή το έδαφος.

*Παρατήρηση: Αν στο δίκτυο υπάρχουν ιδιαίτερα ψηλά σημεία, είναι σκόπιμο να τίθεται κόμβος στα σημεία αυτά, ακόμα και αν δεν υπάρχει εκεί διακλάδωση ή υδροστόμιο, ώστε να λαμβάνεται υπόψη το υψόμετρο εδάφους εξ αρχής στους υδραυλικούς υπολογισμούς*

Η πίεση λειτουργίας πρέπει να κρατηθεί σταθερή, επειδή τυχόν μείωσή της επηρεάζει την παροχή αλλά και την ένταση της βροχής με άμεσες συνέπειες στην παραγωγή.

Εάν στην πίεση λειτουργίας του συστήματος προστεθεί και το υψόμετρο εδάφους κάθε κόμβου, τότε θα προκύψει το συνολικό πιεζομετρικό φορτίο  $H_i$ , που είναι απαραίτητο για την καλή λειτουργία του συστήματος και που σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να μειωθεί.

Οι περιορισμοί απωλειών του προβλήματος μπορούν να εκφραστούν με την επόμενη μορφή:

$$\sum_{i=1}^i \Delta h_i \leq H_A - h_i \quad \text{και} \quad \Delta h_i > 0 \quad \text{για όλα τα } i \quad (4.27)$$



όπου  $H_A$  είναι το υψόμετρο της υδροληψίας, το άθροισμα  $\sum_{i=1}^i \Delta h_i$  νοείται κατά μήκος της διαδρομής κατανάλωσης  $i$  και  $h_i$  είναι το ελάχιστο απαιτούμενο πιεζομετρικό φορτίο στον κόμβο  $i$ .

Υστερα από τα προηγούμενα, μπορεί να σχηματιστούν πλέον όλοι οι περιορισμοί απωλειών με την επόμενη διαδικασία :

Σε κάθε αγωγό,  $i$ , κάθε πιθανή διάμετρος  $D_{ij}$  για μήκος αγωγού ενός μέτρου, έχει απώλειες  $\Delta h_{ij}$  και επειδή σε κάθε διάμετρο αντιστοιχεί μια μεταβλητή απόφασης  $x_{ij}$  οι περιορισμοί απωλειών έχουν τη μορφή :

Για τον πρώτο αγωγό του δικτύου είναι:

$$\Delta h_{11}x_{11} + \Delta h_{12}x_{12} + \dots + \Delta h_{1k}x_{1k} \leq H_A - h_1 \quad (4.28)$$

όπου  $k$  είναι ο αποδεκτός αριθμός διαμέτρων του υπόψη αγωγού 1.

Για τον δεύτερο αγωγό ο περιορισμός ορίζεται από την ανισότητα

$$\Delta h_{11}x_{11} + \Delta h_{12}x_{12} + \dots + \Delta h_{1k}x_{1k} + \Delta h_{21}x_{21} + \Delta h_{22}x_{22} + \dots + \Delta h_{2m}x_{2m} \leq H_A - h_2 \quad (4.29)$$

όπου  $m$  ο αποδεκτός αριθμός διαμέτρων του δευτέρου αγωγού.

Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται για κάθε αγωγό χωριστά και έτσι ο συνολικός αριθμός των περιορισμών είναι ίσος με τον αριθμό των αγωγών.

Ο υπολογισμός των γραμμικών απωλειών στους αγωγούς γίνεται με την εξίσωση (2.10)

των Darcy-Weisbach  $\Delta h = f \frac{LV^2}{2gD}$  και ο συντελεστής τριβών  $f$  δίδεται από την ημιεμπειρική εξίσωση (2.13) των Swamee and Jain (1976)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[ \frac{k}{3,7D} + \frac{5,74}{R_e^{0,90}} \right]$$

Για να ληφθούν υπόψη και οι τοπικές απώλειες, θα πρέπει να γίνει προσαύξηση των γραμμικών απωλειών κατά 10 %. Επειδή μετά από κάθε υδροληψία η παροχή μεταβάλλεται κατά το ποσό της υδροληψίας, αυτό έχει σαν συνέπεια να ποικίλουν οι απώλειες από αγωγό σε αγωγό κάνοντας το πρόβλημα της εκλογής των διαμέτρων ακόμη πιο δύσκολο.

#### γ) Οι περιορισμοί μη αρνητικότητας

Για να υπάρξει όμως αποδεκτή λύση του προβλήματος, πρέπει αυτή να είναι μια βασική δυνατή λύση, δηλαδή οι τιμές των μεταβλητών να είναι μεγαλύτερες ή ίσες από το μηδέν. Ο συνολικός αριθμός αυτών των περιορισμών είναι ίσος με τον αριθμό των μεταβλητών αποφάσεων του δικτύου και όλοι μαζί αποτελούν τους περιορισμούς μη αρνητικότητας. Εκφράζονται με τη μορφή  $x_{ij} \geq 0$

#### 4.4.3. Η βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης

Η βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης  $\min f(X) = C \cdot X$  επιτυγχάνεται με την μέθοδο Simplex η οποία εφαρμόζεται χρησιμοποιώντας το λογισμικό LINDO ή MATLAB. Από την ελαχιστοποιημένη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης  $\min f(X)$  προκύπτουν για κάθε αγωγό  $i$  τα μήκη  $x_{ij}$  τα οποία κατασκευάζονται με κάθε μία από τις

επιλεγείσες διαμέτρους του εμπόριου  $D_{ij}$ .

Για τους αγωγούς, για τους οποίους προκύπτουν δύο διάμετροι, όταν το μήκος του ενός τμήματος είναι πολύ μικρό ή όταν δεν είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του 6 (= τυποποιημένο μήκος των σωλήνων PVC), επιβάλλονται τροποποιήσεις των μηκών με στόχο τόσο την εξοικονόμηση υλικού, από τη μη τοποθέτηση ειδικών εξαρτημάτων, όσο και την εξοικονόμηση εργασίας, επειδή δεν θα γίνουν τομές και συνδέσεις των σωλήνων. Έτσι επί μέρους τμήματα αγωγών με μήκος  $x_{ij} < 10\%L_i$ , δεν κατασκευάζονται με τη διάμετρο  $D_{ij}$  αλλά με τη διάμετρο που προέκυψε για το υπόλοιπο τμήμα του αγωγού.

Επίσης επί μέρους τμήματα αγωγών με μήκος, που δεν είναι ακέραια πολλαπλάσια του 6, στρογγυλοποιούνται στο πλησιέστερο ακέραιο πολλαπλάσιο του 6. Κατά τις διορθώσεις αυτές ελέγχεται η ισχύς των περιορισμών του προβλήματος.

#### 4.4.4. Αρδευτικό δίκτυο με αντλιοστάσιο

##### 4.4.4.1. Το κόστος του συστήματος αντλιοστασίου – δικτύου

Για την περίπτωση δικτύου με αντλιοστάσιο ισχύουν όσα περιγράφηκαν κατά την ανάπτυξη της μεθόδου βελτιστοποίησης με μη γραμμικό προγραμματισμό στην παράγραφο 4.4. με τη διαφορά ότι στην προκειμένη περίπτωση το κόστος του δικτύου σωληνώσεων δίνεται από τη σχέση  $P_{\Delta} = \min f(X)$  η οποία δεν είναι συνεχής συνάρτηση των  $\Delta h_i$ . Επομένως και η περίπτωση αντλιοστασίου με ένα μόνο αγωγό αντιμετωπίζεται όπως η γενική περίπτωση αντλιοστασίου συνδεδεμένου με αρδευτικό δίκτυο.

Το συνολικό ετήσιο κόστος του έργου ανηγμένο σε αρχικό κεφάλαιο δίνεται από τη σχέση (4.64):

$$P_{ET} = P_{\Delta ET} + P_{A ET} + P_{O ET} + E_{ET} = (\varepsilon + 0,01) \min f(x) + KH_{man}$$

##### 4.4.4.2. Επιλογή του βέλτιστου μανομετρικού ύψους του αντλιοστασίου

Για να προσδιοριστεί το βέλτιστο μανομετρικό ύψος του αντλιοστασίου ακολουθείται η επόμενη διαδικασία:

- 1) Υπολογίζονται τα όρια διακύμανσης του πιεζομετρικού φορτίου του αντλιοστασίου  $\min H_A \leq H_A \leq \max H_A$ .
- 2) Θεωρείται το δίκτυο ως δίκτυο βαρύτητας και επιλύεται για πιεζομετρικό φορτίο κεφαλής διάφορες τιμές του  $H_A$  οι οποίες περιλαμβάνονται στα επιτρεπόμενα όρια.
- 3) Υπολογίζονται στη συνέχεια τα αντίστοιχα  $P_{ET}$ .
- 4) Κατασκευάζεται η καμπύλη  $P_{ET} (H_A)$  και υπολογίζεται το ελάχιστό της. Έτσι προκύπτει το  $\min P_{ET}$  και το αντίστοιχο σ' αυτό  $H_A$ , το οποίο είναι το βέλτιστο πιεζομετρικό του αντλιοστασίου. Το βέλτιστο μανομετρικό ύψος του αντλιοστασίου θα προκύψει από τη σχέση  $H_{man} = H_A - Z_A$ .
- 5) Επιλύεται το δίκτυο για πιεζομετρικό φορτίο κεφαλής το βέλτιστο πιεζομετρικό φορτίο και υπολογίζονται οι διάμετροι των αγωγών οι οποίες είναι οι ζητούμενες οικονομικές διάμετροι του δικτύου.



The text on this page is extremely faint and illegible due to heavy noise and low contrast. It appears to be a multi-column document, possibly a ledger or a list of entries, but no specific words or numbers can be discerned.

# 5

## Η απλοποιημένη και η τροποποιημένη μέθοδος του Μ. Θεοχάρη

### 5.1 Η απλοποιημένη μέθοδος

#### 5.1.1 Εισαγωγή

Το πρόβλημα βελτιστοποίησης τυχόντος ακτινωτού δικτύου με τη συνεχή μέθοδο μη γραμμικού προγραμματισμού, ανάγεται στη μόρφωση ενός συστήματος το οποίο περιέχει ως αγνώστους τα διαθέσιμα υδραυλικά φορτία των κλάδων του δικτύου. Το σύστημα επιλύεται επακριβώς μόνο για την περίπτωση δικτύου με αγωγούς στη σειρά. Για κάθε δίκτυο με διακλαδώσεις το προς επίλυση σύστημα το οποίο αποτελείται από  $n + k$  εξισώσεις, [ $n$  είναι ο αριθμός των τροφοδοτούντων κλάδων και  $k$  είναι ο αριθμός των περάτων του δικτύου] δεν είναι γραμμικό και η πλήρης μαθηματική επίλυσή του είναι αδύνατη. Η αναζήτηση της αριθμητικής λύσης του συστήματος επιτυγχάνεται με διαδοχικές δοκιμές και διερευνάται το πεδίο εφαρμογής των προτεινομένων μεθόδων καθώς και η καλύτερη εκλογή των τιμών των αγνώστων της πρώτης δοκιμής. Επειδή η διαδικασία αυτή απαιτεί πολλές και κοπιαστικές πράξεις ιδιαίτερα για περιπτώσεις δικτύου με πολλές διακλαδώσεις, είναι αναγκαία, σχεδόν αποκλειστικά, η χρήση Η/Υ.

Η αντιμετώπιση της παραπάνω δυσχέρειας στηρίζεται στην παρατήρηση ότι, ο κάθε τροφοδοτούμενος κλάδος ενός ακτινωτού δικτύου, τείνει να ανυψώσει την οικονομική πιεζομετρική γραμμή στους κόμβους διακλάδωσης, πάνω από την οικονομική πιεζομετρική γραμμή του δικτύου, το οποίο δεν περιλαμβάνει τον κλάδο αυτό. Έτσι, εάν εκλεγεί η πλήρης διαδρομή του δικτύου η οποία παρουσιάζει την ελάχιστη μέση κλίση, η οικονομική πιεζομετρική γραμμή που αντιστοιχεί σε αυτή (με την προϋπόθεση ότι οι υπόλοιπες διαδρομές αγνοούνται), είναι πολυγωνική γραμμή αναρτημένη από τα άκρα της πλήρους διαδρομής και στρέφει τα κοίλα προς τα πάνω, υπό την επίδραση δε των υπόλοιπων πλήρων διαδρομών τείνει να ανυψωθεί έτσι ώστε τελικά η πραγματική οικονομική πιεζομετρική γραμμή του δικτύου λίγο να διαφέρει από αυτή.

Τα πιεζομετρικά φορτία των κόμβων διακλάδωσης, τα οποία υπολογίζονται με την παραπάνω διαδικασία από την πλήρη διαδρομή της ελάχιστης μέσης κλίσης, χρησιμοποιούνται ως φορτία κεφαλής των τροφοδοτούμενων κλάδων του δικτύου, και υπολογίζονται στη συνέχεια τα διαθέσιμα υδραυλικά φορτία και οι διάμετροι των αγωγών των υπολοίπων τροφοδοτούμενων κλάδων του δικτύου.

#### 5.1.2 Το μαθηματικό πρόβλημα

##### 5.1.2.1. Η γενική μέθοδος

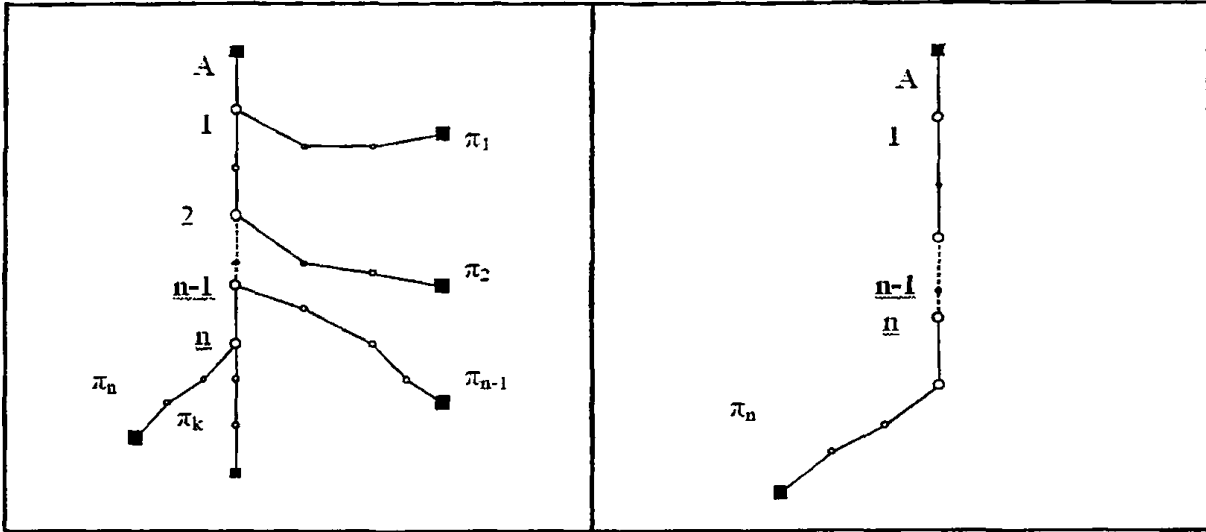
Έστω το ακτινωτό αρδευτικό δίκτυο του σχήματος 5.1. με την ιδεατή του μορφή (θεωρείται ότι το δίκτυο αποτελείται μόνο από κλάδους και αφού απαλειφθούν έτσι οι απλοί κόμβοι διατηρούνται μόνο οι κόμβοι διακλαδώσεων).



Σύμφωνα με τη συνεχή μέθοδο βελτιστοποίησης με μη γραμμικό προγραμματισμό, η αντικειμενική συνάρτηση, εκφράζεται από τη σχέση:

$$P_i (\Delta h_i) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\Phi_i}{\Delta h_i^{y,z}} \right)^\omega \quad (5.1)$$

όπου το άθροισμα  $\Sigma$ , νοείται κατά μήκος της κάθε πλήρους διαδρομής  $A - \pi_j$ .



Σχήμα 5.1. Το Ιδεατό ακτινωτό δίκτυο.

Σχήμα 5.2. Η πλήρης διαδρομή  $A - \pi_n$ .

Η βελτιστοποίησή της, που επιτυγχάνεται με τη μέθοδο των πολλαπλασιαστών του Lagrange, ανάγεται στην επίλυση του συστήματος :

$$\left[ \frac{\Phi_i}{\Delta H_i} \right]^\omega = \sum_{j=i}^n \left[ \frac{\Phi_{\pi_j}}{\Delta H_{\pi_j}} \right]^\omega \quad (5.2)$$

όπου  $i$  είναι τυχών τροφοδοτών κλάδος ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) και όπου το άθροισμα  $\Sigma$  περιλαμβάνει όλους τους τροφοδοτούμενους κλάδους κατάντη του κόμβου  $i$ .  
 $j$  είναι το πέρας ( $j = 1, 2, 3, \dots, k$ ) κατάντη του κόμβου  $i$ .

$$\Phi_i \text{ είναι η τιμή του αθροίσματος } \Phi = \sum \varphi_i \text{ όπου } \varphi_i = \left[ \frac{A}{C_0^v} \right]^{1/\omega} L_i Q_i^z$$

$x$  και  $y$  αριθμητικοί εκθέτες από τον τύπο των Darcy - Weisbach (πίνακας 2.2)

$$z \text{ και } \omega \text{ οι τιμές των παραστάσεων } z = \frac{v}{yv + 2 + x} \text{ και } \omega = \frac{yv + 2 + x}{2 + x}$$

$A$  και  $v$  οι παράμετροι του τύπου του Mandry (σχέση 2.18)

$$\text{και } \Delta H_{\pi_j} = (H_A - H_{\pi_j}) - \Sigma \Delta H_i \quad (5.3)$$

Προκύπτει ένα σύστημα  $(n+k)$  εξισώσεων όπου η επίλυσή του γίνεται με δύο τρόπους, εκ των οποίων η μέθοδος της τέμνουσας είναι η επικρατέστερη (Θεοχρήρης, 2004).

### 5.1.2.1. Η απλοποιημένη μέθοδος

Εάν εκλεγεί μια τυχούσα πλήρης διαδρομή  $A - \pi_n$  του δικτύου, σχήμα 5.2., η οποία έχει  $n$  τροφοδοτούντες κλάδους, και αγνοηθεί το υπόλοιπο δίκτυο, τότε είναι δυνατό να υπολογιστούν τα  $\Delta H'_i$ , τα οποία ανήκουν στην πλήρη διαδρομή που επιλέχτηκε, από τις

$$\text{σχέσεις : } \left[ \frac{\Phi_i}{\Delta H'_i} \right]^\omega = \left[ \frac{\Phi_{\pi_n}}{\Delta H'_{\pi_n}} \right]^\omega \quad (5.4)$$

$$\text{και } \Delta H'_{\pi_n} = (H_A - H_{\pi_n}) - \sum_{i=1}^n \Delta H'_i \quad (\text{πρόβλημα αγωγών σε σειρά}) \quad (5.5)$$

$$\text{Ακόμη προκύπτει: } \Delta H'_i = W_i (H_A - H_{\pi_n}) = \Delta h'_i \quad (5.6)$$

$$\text{όπου } W_i = \frac{\Phi_i}{\sum \Phi_i}$$

και  $i$  είναι τυχόν αγωγός της πλήρους διαδρομής  $A - \pi_n$ .

Στα  $\Delta H'_i$  περιλαμβάνεται και το  $\Delta H'_{\pi_n}$  ενώ τα  $\Phi_i$  αφορούν τόσο τους τροφοδοτούντες όσο και τον τροφοδοτούμενο κλάδο της πλήρους διαδρομής.

Αποδεικνύεται (Θεοχάρης, 2004) ότι, αν ως  $A - \pi_n$  επιλεγεί η πλήρης διαδρομή με την ελάχιστη μέση κλίση, τα  $\Delta H'_i$ , που υπολογίζονται κατ' αυτό τον τρόπο, δεν διαφέρουν σημαντικά από τα  $\Delta H_i$ , τα οποία υπολογίζονται σύμφωνα με τη γενική μη γραμμική μέθοδο βελτιστοποίησης με χρησιμοποίηση των πολλαπλασιαστών Lagrange.

### 5.1.3. Υπολογισμός των διαμέτρων και του κόστους του δικτύου

Για την επεξεργασία του προβλήματος είναι αναγκαία η εισαγωγή ορισμένων χαρακτηρισμών και συμβολισμών οι οποίοι αφορούν το πραγματικό δίκτυο.

- Κάθε κόμβος διακλάδωσης του δικτύου, χαρακτηρίζεται με το  $i$ , και αριθμείται από τα ανάντη προς τα κατόντη με αριθμό  $i = 1, 2, \dots, \Gamma, \dots, n$  όπου  $n$  είναι ο συνολικός αριθμός των κόμβων διακλάδωσης του δικτύου.
- Κάθε τροφοδοτών κλάδος χαρακτηρίζεται με το σύμβολο του κατόντη κόμβου διακλάδωσης  $i$ .
- Κάθε τροφοδοτούμενος κλάδος του δικτύου χαρακτηρίζεται με το  $\pi_{ij}$ , όπου  $\Gamma = 1, 2, \dots, n$  είναι ο κόμβος διακλάδωσης από τον οποίο τροφοδοτείται ο κλάδος και  $j = 1, 2, \dots, p$  είναι ο αριθμός των τροφοδοτούμενων κλάδων με κεφαλή τον κόμβο  $\Gamma$ .
- Κάθε αγωγός του τροφοδοτούντα κλάδου,  $i$ , του δικτύου, χαρακτηρίζεται με το  $it$ , όπου  $t = 1, 2, \dots, v$  είναι ο αριθμός των αγωγών του υπόψη τροφοδοτούντα κλάδου.
- Κάθε αγωγός του τροφοδοτούμενου κλάδου,  $\pi_{ij}$ , του δικτύου, χαρακτηρίζεται με το  $ijq$  όπου  $q = 1, 2, \dots, \tau$  είναι ο αριθμός των αγωγών του υπόψη τροφοδοτούμενου κλάδου.

#### 5.1.3.1. Υπολογισμός των απωλειών φορτίου των αγωγών του δικτύου

##### $i$ . Αγωγοί των τροφοδοτούντων κλάδων

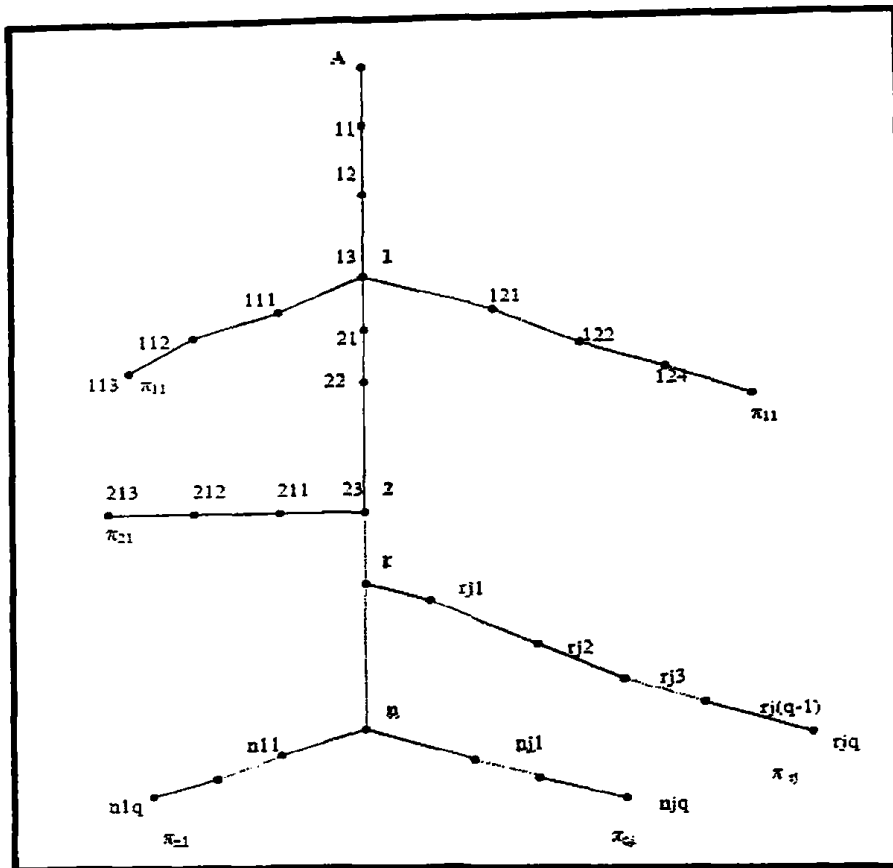
Οι απώλειες φορτίου των τροφοδοτούντων κλάδων του δικτύου  $i = 1, 2, \dots, \Gamma, \pi_{ij}$ , οι οποίοι ανήκουν στην πλήρη διαδρομή με την ελάχιστη μέση κλίση, σχήμα 5.2., υπολογίζονται από τη σχέση (5.6), η οποία γράφεται με τη μορφή :

$$\Delta H'_i = \frac{\Phi_i}{\sum_{i=1}^{\Gamma} \Phi_i + \Phi_{\pi_{ij}}} (H_A - H_{\pi_{ij}}) \quad (5.7)$$

Υπολογίζονται οι απώλειες των αγωγών που ανήκουν στους κλάδους αυτούς από τη σχέση:



$$\Delta h'_{it} = \frac{\varphi_{it}}{\sum_{t=1}^v \varphi_{it}} \Delta H'_i = \frac{\varphi_{it}}{\sum_{t=1}^v \varphi_{it}} \frac{\Phi_i}{\sum_{i=1}^r \Phi_i + \Phi_{\pi_{sj}}} \left( H_A - H_{\pi_{sj}} \right) = \frac{\varphi_{it}}{\sum_{i=1}^r \Phi_i + \Phi_{\pi_{sj}}} \left( H_A - H_{\pi_{sj}} \right) \quad (5.8)$$



Σχήμα 5.3. Πραγματικό ακτινωτό δίκτυο.

Για τους τροφοδοτούντες κλάδους του δικτύου  $i = r, \dots, n$ , σχήμα 5.3., ακολουθείται η επόμενη διαδικασία:

Καθορίζονται όλες οι πλήρεις διαδρομές που έχουν κεφαλή τον κόμβο  $r$  και πέρας τα κατάντη του  $r$  πέρατα του δικτύου. Από τις διαδρομές αυτές προσδιορίζεται εκείνη με την ελάχιστη μέση κλίση, έστω η  $r - \pi_{sj}$ .

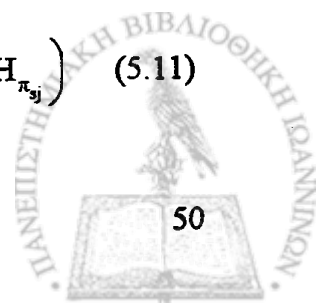
Χρησιμοποιείται ως φορτίο κεφαλής το πιεζομετρικό φορτίο του κόμβου διακλάδωσης  $r$ , το οποίο υπολογίζεται από τη σχέση:  $H'_r = H_A - \sum_{i=1}^r \Delta H'_i$  (5.9)

και υπολογίζονται  $\Delta H'_i$  των τροφοδοτούντων κλάδων της διαδρομής αυτής με τη διαδικασία που περιγράφηκε (σχέση 5.7):

$$\Delta H'_i = \frac{\Phi_i}{\sum_{i=r+1}^s \Phi_i + \Phi_{\pi_{sj}}} \left( H_r - H_{\pi_{sj}} \right) \quad (5.10)$$

Υπολογίζονται οι απώλειες των αγωγών που ανήκουν στους τροφοδοτούντες κλάδους της διαδρομής αυτής από τη σχέση:

$$\Delta h'_{it} = \frac{\varphi_{it}}{\sum_{t=1}^v \varphi_{it}} \Delta H'_i = \frac{\varphi_{it}}{\sum_{t=1}^v \varphi_{it}} \frac{\Phi_i}{\sum_{i=r+1}^s \Phi_i + \Phi_{\pi_{sj}}} \left( H_r - H_{\pi_{sj}} \right) = \frac{\varphi_{it}}{\sum_{i=r+1}^s \Phi_i + \Phi_{\pi_{sj}}} \left( H_r - H_{\pi_{sj}} \right) \quad (5.11)$$



Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι να εξαντληθούν όλοι οι τροφοδοτούντες κλάδοι του δικτύου.

### ii. Αγωγοί των τροφοδοτούμενων κλάδων

Τα πιεζομετρικά φορτία των κόμβων διακλάδωσης, τα οποία υπολογίστηκαν με την παραπάνω διαδικασία, χρησιμοποιούνται ως φορτία κεφαλής των τροφοδοτούμενων κλάδων και υπολογίζονται τα  $\Delta h_i$  των αγωγών των τροφοδοτούμενων κλάδων του δικτύου από τις σχέσεις:

$$\Delta h'_{rj} = \frac{\varphi_{rj}}{\Phi_{\pi_{rj}}} (H'_r - H_{\pi_{rj}}) \quad (5.12)$$

όπου το  $H'_r$  υπολογίζεται από τη σχέση (5.10)  $H'_r = H_A - \sum_{i=1}^r \Delta H'_i$ .

#### 5.1.3.2. Υπολογισμός των διαμέτρων των αγωγών του δικτύου

Οι διάμετροι όλων των αγωγών των τροφοδοτούντων κλάδων του δικτύου υπολογίζονται από τη σχέση:

$$D'_{it} = \frac{1}{C_{0it}} \left[ Q_{it} \left( \frac{L_{it}}{\Delta h'_{f_{it}}} \right)^y \right]^{\frac{1}{2+x}} \quad (5.13)$$

$$\text{όπου } \Delta h'_{f_{it}} = \frac{\Delta h'_{it}}{1,10} \quad (5.14)$$

Οι διάμετροι των αγωγών των τροφοδοτούμενων κλάδων του δικτύου υπολογίζονται από τη σχέση:

$$D'_{rj} = \frac{1}{C_{0rj}} \left[ Q_{rj} \left( \frac{L_{rj}}{\Delta h'_{f_{rj}}} \right)^y \right]^{\frac{1}{2+x}} \quad (5.15)$$

$$\text{όπου πάλι } \Delta h'_{f_{rj}} = \frac{\Delta h'_{rj}}{1,10} \quad (5.17).$$

Αφού για τον υπολογισμό των απωλειών χρησιμοποιείται η εξίσωση των Darcy - Weisbach, είναι  $x = y = 0,5$  και  $C_{0i} = \frac{1,6465}{f_i^{0,2}}$  προκύπτει τελικά ότι:

$$D'_i = \frac{f_i^{0,2} Q_i^{0,4} L_i^{0,2}}{1,6465 \Delta h'_{f_i^{0,2}}} \quad \text{ή} \quad \text{ακόμη} \quad D'_i = 0,60735 \left[ \frac{f_i Q_i^2 L_i}{\Delta h'_{f_i}} \right]^{0,2} \quad (5.16)$$

όπου με το  $i$  υποδηλώνεται ο τυχόν αγωγός του δικτύου.

#### 5.1.3.3 Υπολογισμός του ελάχιστου κόστους του δικτύου

Το ελάχιστο κόστος του δικτύου σωληνώσεων,  $P'_\Delta$ , προκύπτει από τη σχέση:

$$P'_\Delta = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^v \left( \frac{\varphi_{it}}{\Delta h'_{it}{}^{y,z}} \right)^\omega + \sum_{r=1}^n \sum_{j=1}^p \sum_{q=1}^{\tau} \left( \frac{\varphi_{rjq}}{\Delta h'_{rjq}{}^{y,z}} \right)^\omega$$

ή ακόμη:

$$P'_\Delta = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^v \left( \frac{\varphi_{it}}{\Delta h'_{it}{}^{\omega-1}} \right)^\omega + \sum_{r=1}^n \sum_{j=1}^p \sum_{q=1}^{\tau} \left( \frac{\varphi_{rjq}}{\Delta h'_{rjq}{}^{\omega-1}} \right)^\omega \quad (5.17)$$

$$\text{όπου: } \varphi_i = \left[ \frac{A}{C_o^v} \right]^{1/\omega} L_i Q_i^z \quad (3.15), \quad z = \frac{v}{yv+2+x} \quad (3.12), \quad \omega = \frac{yv+2+x}{2+x} \quad (5.18)$$

A και v είναι παράμετροι της συναρτησιακής σχέσης δαπάνης - διαμέτρου (2.18) του Mandry,  $\delta = AD_i^v$ .

#### 5.1.4. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τον Μ. Θεοχάρη, συνάγονται οι επόμενες διαπιστώσεις :

- Το **συνολικό διαθέσιμο υδραυλικό φορτίο** (= η βέλτιστη απώλεια φορτίου) της κάθε διαδρομής A - i της πλήρους διαδρομής A -  $\pi_{ij}$ , το οποίο υπολογίζεται σύμφωνα με την απλοποιημένη μέθοδο, είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο διαθέσιμο φορτίο, το οποίο υπολογίζεται σύμφωνα με τη γενική μη γραμμική μέθοδο βελτιστοποίησης με χρησιμοποίηση των πολλαπλασιαστών Lagrange.
- Ο **κάθε τροφοδοτούμενος κλάδος,  $\pi_{ij}$** , ενός ακτινωτού δικτύου, τείνει να ανυψώσει την οικονομική πιεζομετρική γραμμή στους κόμβους διακλάδωσης πάνω από την οικονομική πιεζομετρική γραμμή του δικτύου το οποίο δεν περιλαμβάνει τον κλάδο αυτό.
- Ο **κάθε τροφοδοτούμενος κλάδος,  $\pi_{ij}$** , μειώνει το διαθέσιμο υδραυλικό φορτίο (= τη βέλτιστη απώλεια φορτίου) στους ανάντη αυτού τροφοδοτούντες κλάδους, ενώ αντίθετα αυξάνει το διαθέσιμο υδραυλικό φορτίο τόσο στους κατάντη αυτού τροφοδοτούντες κλάδους, όσο και σε όλους ανεξαιρέτως τους τροφοδοτούμενους κλάδους του δικτύου.  
 Η επίδραση αυτή του κάθε τροφοδοτούμενου κλάδου είναι: α) ανάλογη προς την τιμή της χαρακτηριστικής,  $\Phi_{\pi_{ij}}$  και αντιστρόφως ανάλογη προς το διαθέσιμο υδραυλικό φορτίο  $\Delta H_{\pi_{ij}}$  του υπόψη τροφοδοτούμενου κλάδου και β) ανάλογη προς τις τιμές της χαρακτηριστικής,  $\Phi_i$ , των τροφοδοτούντων κλάδων της πλήρους διαδρομής στην οποία ανήκει ο υπόψη κλάδος.
- **Στον πρώτο τροφοδοτούντα κλάδο** (επειδή υπάρχουν τροφοδοτούμενοι κλάδοι μόνο κατάντη αυτού) αναμένεται μεγάλη ποσοστιαία μείωση του διαθέσιμου υδραυλικού φορτίου κατά τη μετάβαση από την απλοποιημένη στη γενική μέθοδο βελτιστοποίησης. Στους επόμενους τροφοδοτούντες κλάδους, η ποσοστιαία αυτή διαφορά συνεχώς μειώνεται (επειδή υπάρχουν τροφοδοτούμενοι κλάδοι κατάντη και κατάντη αυτών) και στον τελευταίο τροφοδοτούντα κλάδο υπάρχει περίπτωση ακόμη και να αντιστραφεί αν οι χαρακτηριστικές,  $\Phi_{\pi_{ij}}$ , των καταργούμενων κλάδων με κεφαλή τον τελευταίο κόμβο διακλάδωσης, ή/και τα  $\Delta H_{\pi_{ij}}$  έχουν μεγάλη τιμή.
- **Επομένως το ανηγμένο σφάλμα**, είναι σημαντικό μόνο στον πρώτο τροφοδοτούντα κλάδο ενώ στους επόμενους μειούμενο προοδευτικά εξανεμίζεται μέχρι πλήρους

μηδενισμού, ή και αντιστροφής του. Επομένως οι δύο μέθοδοι βελτιστοποίησης παρουσιάζουν προοδευτική σύγκλιση κατά μήκος της κάθε πλήρους διαδρομής.

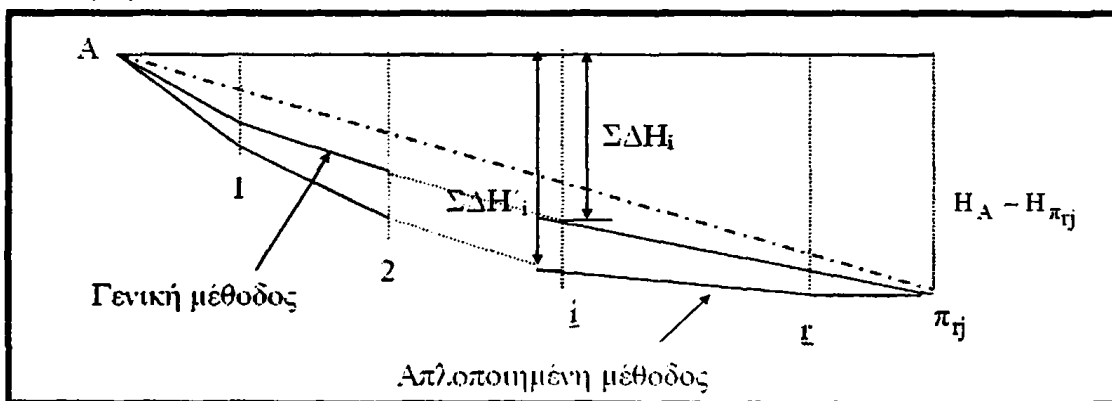
- Η διαμόρφωση της διαφοράς των διαθέσιμων υδραυλικών φορτίων,  $\Delta H_i - \Delta H'_i$ , όπως αυτή προκύπτει από τη σχέση (5.4), εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την τιμή της χαρακτηριστικής,  $\Phi_i$ , του κάθε τροφοδοτούντα κλάδου, ενώ οι ποσότητες εντός της αγκύλης έχουν δευτερεύοντα ρόλο ιδιαίτερα αν πρόκειται για τροφοδοτούμενους κλάδους με μικρά  $\Phi_{\pi_{ij}}$  (= μικρά μήκη, και (ή) μικρές παροχές) και αντίστοιχες πλήρεις διαδρομές με μεγάλα συνολικά διαθέσιμα υδραυλικά φορτία,  $H_A - H_{\pi_{ij}}$ .

- Το κόστος του κάθε κλάδου,  $P_i = \frac{\Phi_i^\omega}{\Delta H_i^{\omega-1}}$ , για τη συνήθη διακύμανση του  $\omega$ ,

επηρεάζεται κυρίως από την τιμή του  $\Phi_i$  και κατά πολύ λιγότερο από την τιμή του  $\Delta H_i$ . Όταν ως εξίσωση ροής χρησιμοποιείται η εξίσωση Darcy-Weisbach είναι  $\omega \cong 1,36$ . Για διπλασιασμό του  $\Phi_i$ , το  $P_i$  μεταβάλλεται κατά 157 % ενώ για τετραπλασιασμό του  $\Phi_i$ , το  $P_i$  μεταβάλλεται κατά 558 %.

Αντίστοιχα για διπλασιασμό του  $\Delta H_i$ , το  $P_i$  μεταβάλλεται κατά 22 % ενώ για τετραπλασιασμό του  $\Delta H_i$ , το  $P_i$  μεταβάλλεται κατά 39 %.

Το σφάλμα, επομένως, που προκύπτει από τη μη ακριβή εκτίμηση του  $\Delta H_i$  είναι μικρό και για το λόγο αυτό δεν δικαιολογείται η εκτίμηση μεγάλου βαθμού ακριβείας στον υπολογισμό του.



Σχήμα 5.4. Η πιεζομετρική γραμμή της πλήρους διαδρομής με την ελάχιστη μέση κλίση, σύμφωνα με τη γενική και την απλοποιημένη μέθοδο.

- Αν τα παραπάνω εφαρμοστούν στην πλήρη διαδρομή του δικτύου η οποία παρουσιάζει την ελάχιστη μέση κλίση, ( $\min S_\mu = \min \frac{H_A - H_{\pi_{ij}}}{\Sigma L_{A-\pi_{ij}}}$ ), έχει δηλαδή το μικρότερο

διαθέσιμο φορτίο ανά μονάδα μήκους της, διαπιστώνεται ότι οι δύο πιεζομετρικές γραμμές, που προκύπτουν από την εφαρμογή της γενικής και της απλοποιημένης μεθόδου, σχήμα 5.4., είναι πολυγωνικές γραμμές αναρτημένες από τα άκρα της πλήρους διαδρομής, η δε πιεζομετρική γραμμή της απλοποιημένης μεθόδου στρέφει τα κοίλα προς τα πάνω και, όπως αποδείχτηκε, περιβάλλει την πιεζομετρική γραμμή της γενικής μεθόδου. Υπό την επίδραση των υπόλοιπων πλήρων διαδρομών του δικτύου, η πιεζομετρική γραμμή της απλοποιημένης μεθόδου τείνει να ανυψωθεί κατά τις ποσότητες  $\Sigma \Delta H'_i - \Sigma \Delta H_i$ , για να συναντήσει την πραγματική οικονομική πιεζομετρική





γραμμή. Επειδή οι ποσότητες  $\Sigma \Delta H'_i - \Sigma \Delta H_i$  δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές, τελικά η πραγματική οικονομική πιεζομετρική γραμμή του δικτύου λίγο διαφέρει από την πιεζομετρική γραμμή της απλοποιημένης μεθόδου.

- *Επειδή η απαιτούμενη υπολογιστική εργασία για τον καθορισμό των  $\Delta H'_i$  είναι πολύ μικρότερη από την απαιτούμενη για τον υπολογισμό των  $\Delta H_i$  (ενώ στη μία περίπτωση πρέπει να επιλυθεί σύστημα  $n + k$  μη γραμμικών εξισώσεων, στην άλλη είναι  $k$  ανεξάρτητες γραμμικές εξισώσεις), δικαιολογείται ο καθορισμός τους με την παραπάνω απλοποιημένη μέθοδο από την πλήρη διαδρομή της ελάχιστης μέσης κλίσης.*

## 5.2. Η τροποποιημένη μέθοδος βελτιστοποίησης

Τα συμπεράσματα της παραγράφου 5.1.4 έδωσαν στον Μ. Θεοχάρη το έναυσμα για την περαιτέρω βελτίωση της απλοποιημένης συνεχούς μεθόδου βελτιστοποίησης, η οποία στην ουσία ελαχιστοποιεί πλήρως τα αριθμητικά σφάλματα και ταυτίζει τα αποτελέσματα μεταξύ της θεωρητικής συνεχούς μεθόδου και της απλοποιημένης. Συγκεκριμένα, για τον υπολογισμό των  $\Delta H'_i$  μορφώνεται ένα δίκτυο όμοιο με το πραγματικό αλλά με  $\Phi_i$  τα προκύπτοντα  $\Phi'_i$  αν ως παροχή των τροφοδοτούντων κλάδων θεωρηθεί μόνο η παροχή που θα προέκυπτε αν δεν υπήρχαν οι καταργούμενοι τροφοδοτούμενοι κλάδοι.

Έτσι το σύστημα των  $n+k$  μη γραμμικών εξισώσεων εκφυλλίζεται στο σύστημα :

$$\left[ \frac{\Phi'_i}{\Delta H'_i} \right]^\omega = \left[ \frac{\Phi_{\pi_{ij}}}{\Delta H_{\pi_{ij}}} \right]^\omega \quad (5.19)$$

$$\text{και } \Delta H_{\pi_{ij}} = (H_A - H_{\pi_{ij}}) - \sum_{i=1}^r \Delta H'_i \quad (\text{πρόβλημα αγωγών σε σειρά}) \quad (5.20)$$

από την επίλυση του οποίου (Τζιμόπουλος, 1982) προκύπτει:

$$\Delta H'_i = W'_i (H_A - H_{\pi_{ij}}) \quad (5.21)$$

$$\text{όπου: } W'_i = \frac{\Phi'_i}{\sum_{i=1}^r \Phi'_i + \Phi_{\pi_{ij}}} \quad (5.22)$$

και  $i$  είναι κλάδος της πλήρους διαδρομής με την ελάχιστη μέση κλίση  $A - \pi_{ij}$ .

– Από τα  $\Delta H'_i$ , που υπολογίζονται κατ' αυτό τον τρόπο, υπολογίζονται τα  $\Delta h'_i$  των αγωγών της πλήρους διαδρομής με την ελάχιστη μέση κλίση. Στη συνέχεια από τα  $\Delta h'_i$  και τις *πραγματικές παροχές* των αγωγών της πλήρους διαδρομής με την ελάχιστη μέση κλίση, υπολογίζονται οι διάμετροι των αγωγών αυτών.

– Τα πιεζομετρικά φορτία των κόμβων διακλάδωσης, τα οποία υπολογίστηκαν με την παραπάνω διαδικασία από την πλήρη διαδρομή της ελάχιστης μέσης κλίσης, χρησιμοποιούνται ως φορτία κεφαλής των τροφοδοτούμενων κλάδων του δικτύου, και υπολογίζονται στη συνέχεια τα  $\Delta h'_i$  και οι διάμετροι των αγωγών των υπολοίπων τροφοδοτούμενων κλάδων του δικτύου.

## ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

# ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΛΑΜΑΡΗΣ ΠΡΕΒΕΖΑΣ

## 6

### Υπολογισμοί σύμφωνα με την εγκεκριμένη μελέτη του έργου

#### 6.1. Γενικά

Τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την καλύτερη κατανόηση της υφιστάμενης κατάστασης και κυρίως αυτά που αφορούν τους υδραυλικούς υπολογισμούς, ελήφθησαν i) από το τεύχος «Οριστική Μελέτη των Υδραυλικών Υπολογισμών» (1999), της οποίας ανάδοχος είναι η εταιρεία «Ανάλυση Σύμβουλοι Μηχανικοί Ε.Ε.» με εκπρόσωπο τον κ. Ατσάλη Κωνσταντίνο και εγκρίθηκε από το Α' Τμήμα της Διεύθυνσης Τεχνικών Μελετών και Κατασκευών του Υπουργείου Γεωργίας. ii) από τη «Γεωργοτεχνική – Γεωργοοικονομική Μελέτη και Διερεύνηση Οικονομικών Αποτελεσμάτων» του τεύχους «Μελέτη Βελτίωσης Αρδευτικών Δικτύων Υψηλής Ζώνης Λάμαρης Νομού Πρεβέζης» (1998), ανάδοχος ορίστηκε ο κ. Πλάτων Μπότσογλου και εγκρίθηκε από τη Γενική Διεύθυνση εγγείων Βελτιώσεων του Υπουργείου Γεωργίας και συγκεκριμένα από τη Διεύθυνση Σχεδιασμού Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Αξιοποίησης Εγγειοδατικών Πόρων» iii) από την «Οριζοντιογραφία του δικτύου» που συντάχθηκε από την εταιρεία Bilfinger Berger Baugesflischaf m.b.H. με εκπρόσωπο τον κ. Χαλαϊδόπουλο Πάυλο, επιβλέφτηκε από τον κ. Γάκη Ευάγγελο και εγκρίθηκε από τον κ. Καλτσίδα Άγγελο της Διεύθυνσης Τεχνικών Υπηρεσιών της Νομαρχίας Πρέβεζας.

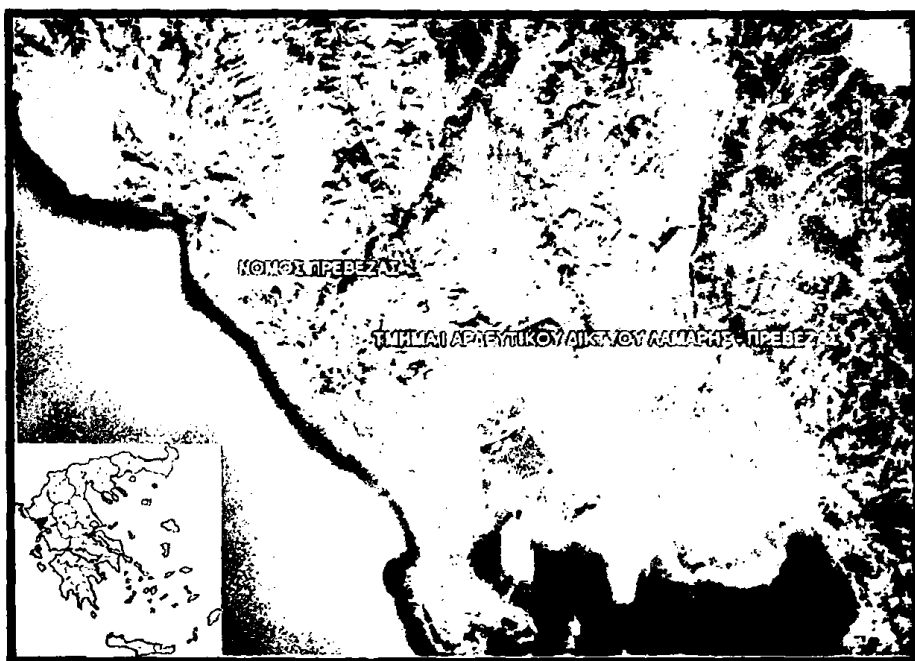
#### 6.2. Η περιοχή εκτέλεσης του έργου

Η περιοχή του υπό μελέτη αρδευτικού έργου αποτελεί τμήμα της κοιλάδας της Λάμαρης του Νομού Πρέβεζας, της Περιφέρειας Ηπείρου. Η κοιλάδα της Λάμαρης, βρίσκεται στο μέσο της διαδρομής Άρτας - Πρέβεζας, στους πρόποδες των βουνών Βαλαώρα και Ζάλογγο, κοντά στις εκβολές του ποταμού Λούρου και έχει συντεταγμένες  $39^{\circ} 7' \text{ B}$  έως  $39^{\circ} 10' \text{ B}$  και  $20^{\circ} 44' \text{ A}$  έως  $20^{\circ} 46' \text{ A}$ .



Στην περιοχή του έργου υπήρχε κατά την εποχή της μελέτης πλήρης χάραξη των στραγγιστικών - αποχετευτικών - αγροτικών οδικών και αρδευτικών δικτύων με ανοικτούς επενδυμένους αγωγούς. Με τη μελέτη του έργου εφαρμόστηκε αναδασμός στη μισή και πλέον έκταση της περιοχής, ο οποίος όμως δεν επεκτάθηκε και στην υπόλοιπη έκταση εξαιτίας των δυσχερειών που προέκυψαν από τη διασπορά των αγροτεμαχίων που καλύπτονται με εσπεριδοειδή. Κατά τη χάραξη των νέων έργων, διατηρηθήκαν τα έργα στράγγισης - αποχέτευσης και αγροτικής οδοποιίας, ενώ καταργήθηκε το αρδευτικό δίκτυο των ανοικτών υπενδεδυμένων αγωγών και αντικαταστάθηκε με δίκτυο καταιονισμού.

Σύμφωνα με τη μελέτη πρόκειται να αρδευτεί έκταση περίπου 6300 στρεμμάτων (σχήμα 6.1) με δίκτυο κλειστών αγωγών υπό πίεση, από σωλήνες PVC 12,5 atm και χαλυβδοσωλήνες. Το υπόψη έργο αποτελεί αυτοτελές τμήμα μείζονος αρδευτικού δικτύου ανοικτών αγωγών και η τροφοδοσία του γίνεται από ένα αντλητικό συγκρότημα και μια αναρρυθμιστική δεξαμενή όπως περιγράφεται παρακάτω.



Σχήμα 6.1. Η θέση του δικτύου.

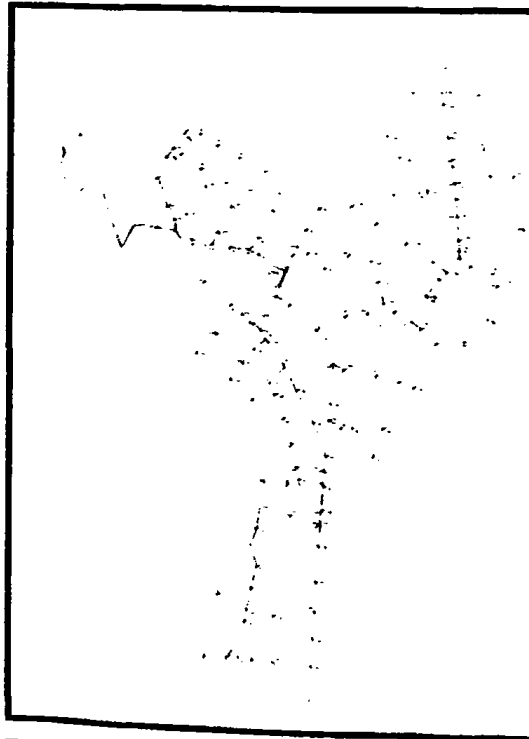
Για την προσαγωγή του αρδευτικού νερού στο δίκτυο εγκαταστάθηκε αντλιοστάσιο το οποίο τροφοδοτείται από τη διάωρυγα προσαγωγής και διοχετεύει τις αναγκαίες ποσότητες νερού σε αναρρυθμιστική δεξαμενή. Η δεξαμενή αυτή χρησιμεύει και για τη ρύθμιση λειτουργίας των αντλητικών συγκροτημάτων. Η περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του αντλιοστασίου που αναφέρεται στην «Τεχνική Περιγραφή» του έργου είναι αρκετά συνοπτική και σχετικά ασαφής καθώς αναφέρεται ότι «Ο έλεγχος θα γίνεται με βάση τη στάθμη της δεξαμενής, ώστε η τροφοδότηση να προσαρμόζεται προς τις απαιτήσεις. Η προσαρμογή αυτή θα επιτυγχάνεται με διαδοχικές εκκινήσεις και στάσεις των αντλητικών συγκροτημάτων, τα οποία θα λειτουργούν, χωρίς ρύθμιση, σε κάποιο σημείο της χαρακτηριστικής καμπύλης τους, που δεν απέχει πολύ από το ονομαστικό σημείο λειτουργίας. Κάθε φορά η διαφορά μεταξύ της παροχής των αντλιών που λειτουργούν και της ζήτησης, καλύπτεται με αύξηση ή μείωση του ρυθμιστικού όγκου της δεξαμενής». Παρόλα αυτά, από τους υπολογισμούς και τα λοιπά τεύχη, προκύπτει ότι το αντλιοστάσιο τροφοδοτεί κατευθείαν τις υδροληψίες και το πλεόνασμα της παροχής όταν η ζήτηση δεν είναι μέγιστη, διοχετεύεται σε δεξαμενή αναρρύθμισης. Όταν η δεξαμενή γεμίσει, διακόπτεται η λειτουργία του αντλιοστασίου και το δίκτυο τροφοδοτείται από τη

δεξαμενή. Έτσι, παρέχεται η δυνατότητα της μη λειτουργίας του αντλιοστασίου, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις πολύ μικρών ζητήσεων.

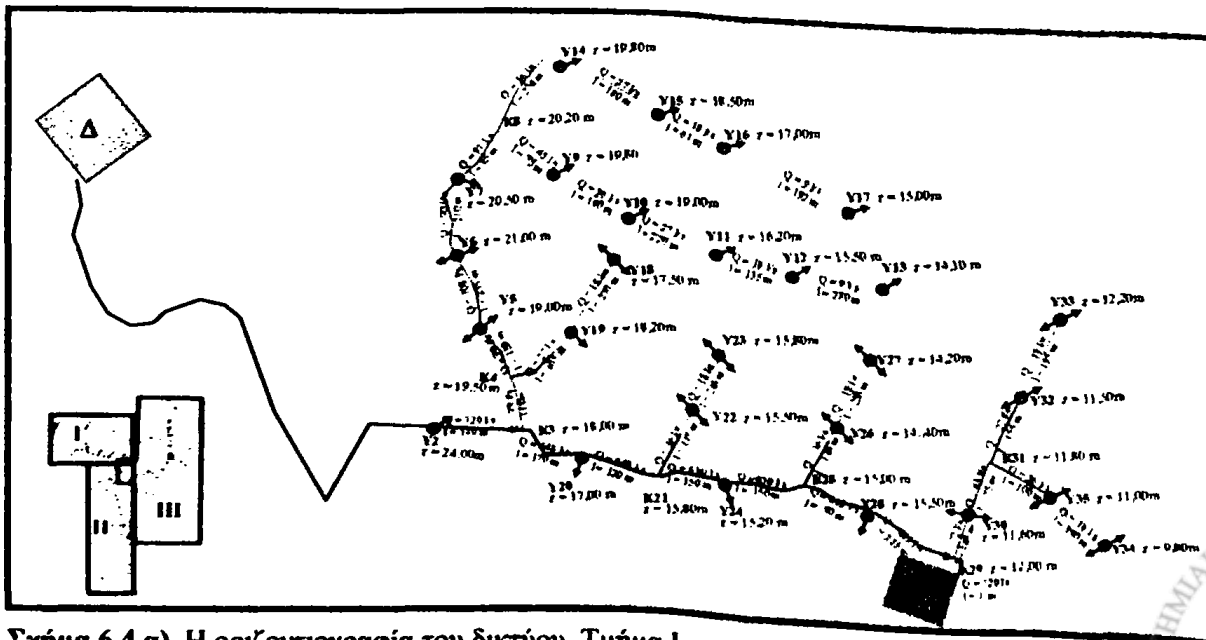
Στο σχήμα 6.2 φαίνεται η αρδευόμενη έκταση από αεροφωτογραφία που έχει ληφθεί από το google earth. Με κίτρινο χρώμα έχουν διαγραμμιστεί τα όρια που καταλαμβάνει το δίκτυο και με μπλέ χρώμα ο αγωγός που ενώνει το αντλιοστάσιο με τη δεξαμενή. Στο σχήμα 6.3 παρουσιάζεται η οριζοντιογραφία του δικτύου, το οποίο αποτελείται από 119 υδροληψίες και 29 κόμβους. Για την καλύτερη παρουσίαση των χαρακτηριστικών του δικτύου, το σχήμα χωρίστηκε σε τρία τμήματα και μεγεθύνθηκε έτσι όπως φαίνεται στο σχήμα 6.4 α), β) και γ) όπου φαίνονται τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά για τους υπολογισμούς, που είναι η παροχή  $Q$  [l/s] και το μήκος  $L$  [m] κάθε αγωγού και το υψόμετρο εδάφους  $z$  [m] του κάθε κόμβου.



Σχήμα 6.2. Η περιοχή του έργου.

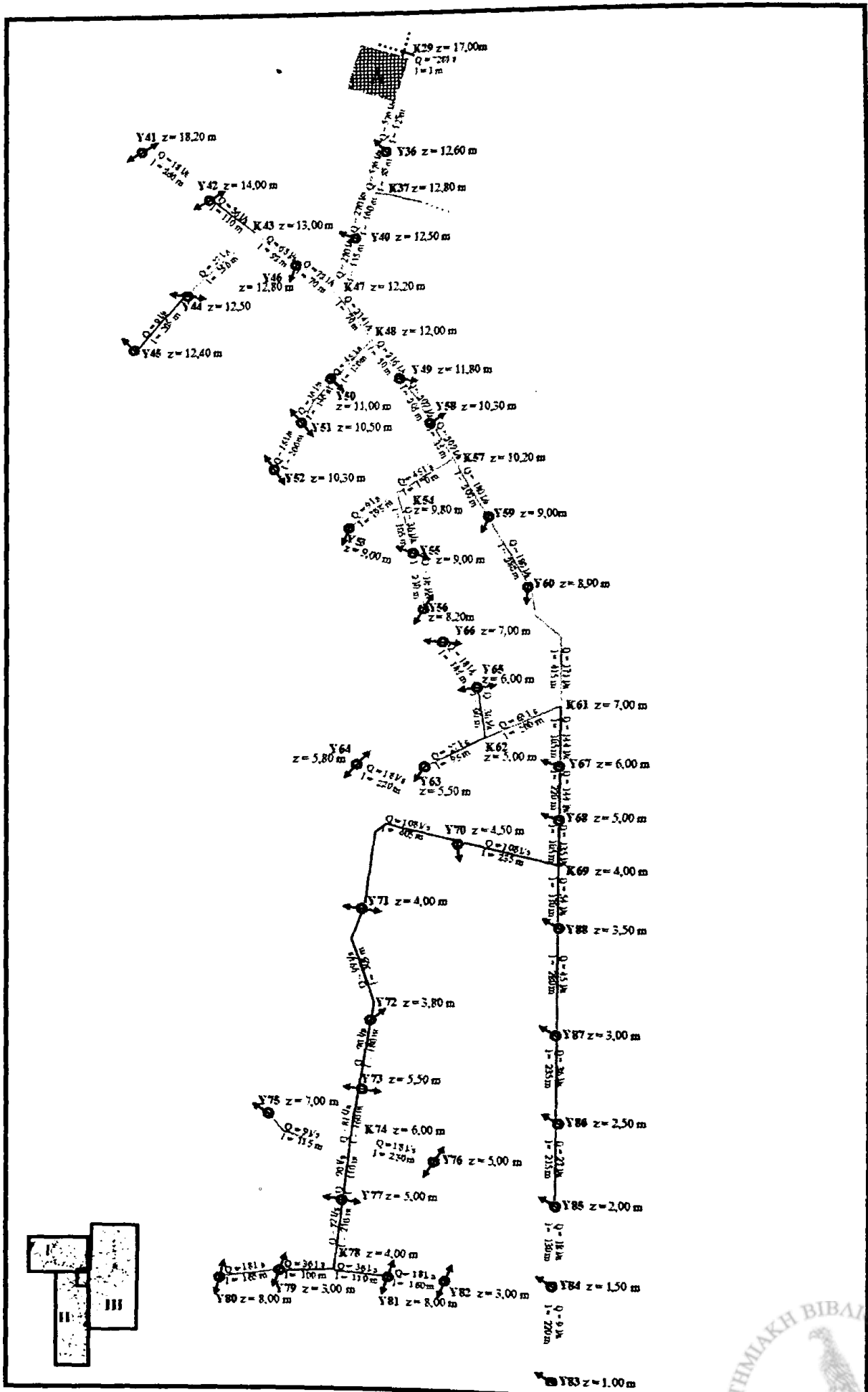


Σχήμα 6.3. Η οριζοντιογραφία του δικτύου.

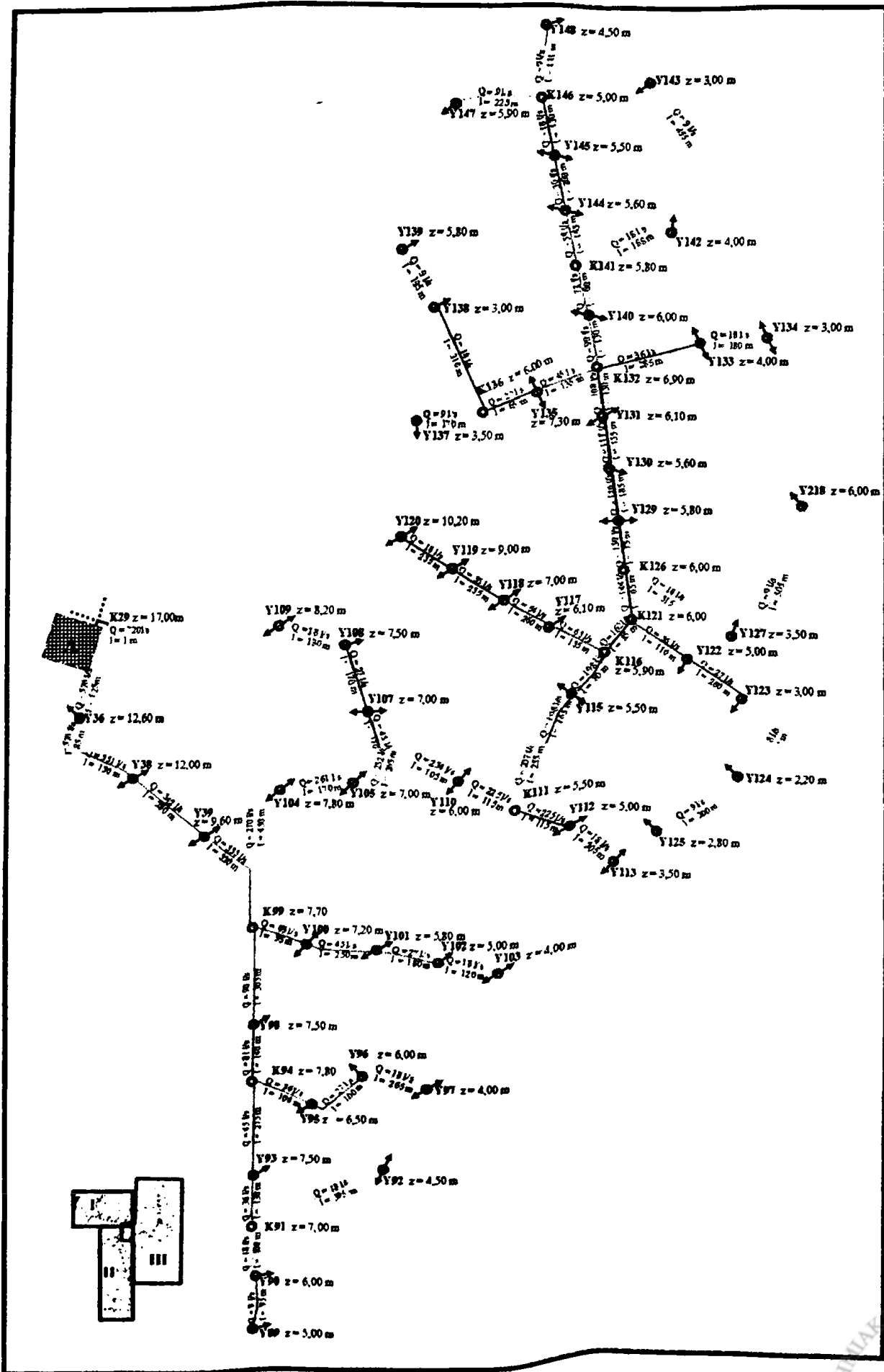


Σχήμα 6.4.α) Η οριζοντιογραφία του δικτύου, Τμήμα Ι.





Σχήμα 6.4.β) Η οριζοντιογραφία του δικτύου, Τμήμα II.



Σχήμα 6.4.γ) Η οριζοντιογραφία του δικτύου, Τμήμα III.



### 6.2.1. Εδαφολογικά στοιχεία

Τα εδάφη της περιοχής μελέτης ανήκουν σε τρεις κατηγορίες, αυτά της μέσης μηχανικής σύστασης (τύπου πηλού, L, και ιλιώδη πηλού, SiL) σε ποσοστό 23 %, της μέσης βαριάς μηχανικής σύστασης (τύπου αργιλώδη πηλού, CL, και αμμώδη αργιλοπηλού, SaCL και ιλιώδη αργιλοπηλού, SiCL) σε ποσοστό 58 % και της βαριάς μηχανικής σύστασης (τύπου αργίλου, C) σε ποσοστό 19 %. Ακόμα, το έδαφος είναι κατά 79 % γαιώδες και κατά 21 % βραχώδες. Από τα στοιχεία της εδαφολογικής μελέτης προκύπτει ότι οι εκτάσεις της Υψηλής Ζώνης Λάμαρης ανήκουν, στο μεγαλύτερο ποσοστό, στην κατηγορία των εδαφών υψηλής υδατοϊκανότητας και ότι το διαθέσιμο για τα φυτά νερό, για βάθος εδάφους 0,00 μέχρι 0,60μ., μέσα στο οποίο συναντάται το κύριο μέρος του ριζοστρώματος των φυτών που προβλέπονται να καλλιεργηθούν μετά την ολοκλήρωση εφαρμογής του σχεδίου ανάπτυξης, κυμαίνεται από 76,8 μέχρι 191,7 m<sup>3</sup>/στρ., ανάλογα με τη φύση των εδαφών.

### 6.2.2. Κλιματολογικά και υδραυλικά στοιχεία

#### 6.2.2.1 Η υδατοκατανάλωση των καλλιεργειών

Οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό, ελλείψη στοιχείων για την εφαρμογή της μεθόδου Penman και εναλλακτικά της μεθόδου Blaney – Criddle (FAO), υπολογίζονται με την απλοποιημένη μέθοδο Blaney – Criddle και προσδιορίστηκαν με τη βοήθεια των κλιματολογικών στοιχείων που συλλέχθηκαν από το μετεωρολογικό σταθμό του Ακτίου στην Πρέβεζα (με B 38<sup>0</sup> 37' και A 20<sup>0</sup> 44') και της Άρτας (με B 39<sup>0</sup> 09' και A 20<sup>0</sup> 59').

$$ET_{c \text{ month}} = K_c \cdot ET_r \qquad R' = R - \left( C + \frac{R}{8} \right) \qquad ET_r = \frac{t(^{\circ}C) + 18}{2,2} \cdot p$$

Τα φυτικά είδη που εξετάστηκαν είναι τα καλαμπόκι, μηδική, βαμβάκι λαχανικά, μπιστανικά, εσπεριδοειδή και ελιές και η εκατοστιαία αναλογία τους φαίνεται στον πίνακα 6.2. Ως διάρκεια της αρδευτικής περιόδου λαμβάνεται το χρονικό διάστημα από 20/4 μέχρι 30/9, ο δε χρόνος άρδευσης για κάθε φυτικό είδος είναι διάφορος και εξαρτάται από το χρονικό σποράς και τη βλαστική του περίοδο.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν κατά τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής παρουσιάζονται στον πίνακα 6.2., σύμφωνα με τον οποίο, ο κρίσιμος μήνας είναι ο Ιούλιο και οι καθαρές ανάγκες σε νερό είναι 141,4 mm. Επομένως οι ανάγκες σε νερό για τον ίδιο μήνα και για εφαρμογή τεχνητής βροχής για βαθμό απόδοσης της άρδευσης 81,26 % είναι 174,0 mm.

Ως ελάχιστη ημερήσια διάρκεια εφαρμογής των αρδεύσεων λαμβάνεται, για την περίπτωση εφαρμογής της τεχνητής βροχής και των μικροσυστημάτων άρδευσης 18 ώρες / 24-ωρο, χωρίς να αποκλείεται η δυνατότητα χρησιμοποίησης του αρδευτικού νερού όλο το 24-ωρο. Το δίκτυο έχει τη δυνατότητα να καλύπτει τις ανάγκες άρδευσης του δικτύου μέσα στο 18ωρο αλλά θα βρίσκεται σε λειτουργία σε 24-ωρη βάση, στοιχεία που μπορούν να εκμεταλλεύονται οι παραγωγοί σε περίπτωση που, για οποιονδήποτε λόγο, δεν στάθηκε δυνατό να περατωθεί η άρδευση των αγροτεμαχίων τους στη καθορισμένη μέρα και ώρα. Έτσι, η ειδική παροχή 24-ωρης άρδευσης για το μήνα Ιούλιο είναι 0,065 l/s/στρ. και 18-ωρης άρδευσης είναι 0,087 l/s/στρ.

Με την παραδοχή, ότι η άρδευση θα πρέπει να επαναλαμβάνεται όταν εξαντλείται το 60 - 70 % περίπου της διαθέσιμης στο έδαφος υγρασίας, η ποσότητα του νερού που μπορεί να αποθηκευθεί στη μάζα του εδάφους και για πάχος εδάφους από 0,00 - 0,60 m, με κάθε άρδευση, κυμαίνεται από 49,9 m<sup>3</sup> / στρ. μέχρι 124,6 m<sup>3</sup> / στρ. Αν στις πιο πάνω ποσότητες συνυπολογιστούν και οι απώλειες στο χωράφι, που, για μεν τη τεχνητή βροχή, εκτιμώνται

σε 15 % περίπου των καθαρών αναγκών σε νερό, για δε τα μικροσυστήματα άρδευσης σε 10%, τότε η δόση άρδευσης θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 58,7 - 55,4 m<sup>3</sup>/ στρ. και 146,6 - 138,4 m<sup>3</sup>/ στρ., αντίστοιχα, ανάλογα με τη φύση των εδαφών. Το εύρος άρδευσης, που καθορίζεται από τις ανάγκες σε νερό κάθε καλλιέργειας και τη δόση άρδευσης, διαφέρει από μήνα σε μήνα για την ίδια καλλιέργεια.

**Πίνακας 6.2.** Υπολογισμός υδατοκατανάλωσης κατά την εμπειρική μέθοδο Blaney – Griddle με στοιχεία Μ.Σ. Πρέβεζας.

Μήνες		Απρ.	Μάιος	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπτ.		
Μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα T [°C]		14,7	18,6	23,0	24,6	24,9	22,6		
Ποσοστό ωρών ημέρας P		8,9	10,0	10,0	10,2	9,5	8,4		
Μηνιαία εξατμισοδιαπνοή ET <sub>T</sub> [mm]		132,7	165,9	186,7	196,7	185,4	154,6		
Μέση μηνιαία ενεργός βροχοπτώση B [mm]		57,5	35,9	12,7	6,6	16,7	56,6		
Μέση μηνιαία πραγματική βροχοπτώση B' [mm]		38,3	19,4	-	-	6,6	37,6		
Καλλιέργεια	Ποσοστό συμμετοχής καλλιέργειας	Συντελεστής K <sub>c</sub>	Εξατμισοδιαπνοή ET <sub>c</sub> [mm] και υδατοκατανάλωση ED [mm] κατά καλλιέργεια						
			ET <sub>c</sub> [mm]	ED [mm]	ET <sub>c</sub> [mm]	ED [mm]	ET <sub>c</sub> [mm]	ED [mm]	
Καλαμπόκι	33%	K <sub>c</sub> = 0,75	ET <sub>c</sub> [mm]	99,5	124,4	140,0	147,5	139,1	116,0
			ED [mm]	61,2	105,0	140,0	147,5	139,1	78,5
Μηδική	25%	K <sub>c</sub> = 0,80	ET <sub>c</sub> [mm]	106,2	132,7	149,4	157,4	148,3	123,7
			ED [mm]	67,9	113,3	149,7	157,4	148,3	86,2
Βαμβάκι Λαχανικά	16%	K <sub>c</sub> = 0,65	ET <sub>c</sub> [mm]	86,3	107,8	121,4	127,9	120,5	100,5
			ED [mm]	48,0	88,4	121,4	127,9	120,5	63,0
Μποστανικά	15%	K <sub>c</sub> = 0,70	ET <sub>c</sub> [mm]	92,9	116,1	130,7	137,7	129,8	108,2
			ED [mm]	54,6	96,7	130,7	137,7	129,8	70,7
Εσπεριδοειδή	9%	K <sub>c</sub> = 0,60	ET <sub>c</sub> [mm]	79,6	99,5	112,0	118,0	111,2	92,8
			ED [mm]	41,3	80,1	112,0	118,0	111,2	55,3
Ελιές	2%	K <sub>c</sub> = 0,40	ET <sub>c</sub> [mm]	49,0	61,3	68,7	72,4	68,2	56,9
			ED [mm]	10,7	41,9	68,7	72,4	68,2	19,3

### 6.2.2.2 Αρδευτική μονάδα

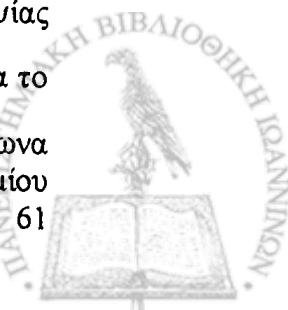
Εξαιτίας του κατακερματισμού και της διασποράς των ιδιοκτησιών, η αρδευτική μονάδα καθορίστηκε περίπου σε 40 στρ., με σκοπό ο αριθμός των ιδιοκτησιών που θα περιληφθεί σε κάθε μια, να μην ξεπερνάει τις έξι (6) (με μέσο όρο γύρω στις 4 - 5 αγροτικές ιδιοκτησίες κατά αρδευτική μονάδα), ώστε να είναι λειτουργική και να μην περιληφθεί μεγάλος αριθμός ιδιοκτησιών.

### 6.2.2.3 Χαρακτηριστικά υδροληψίας

Η επάρκεια του νερού στο στόμιο της υδροληψίας, κάθε αρδευτικής μονάδας εξετάστηκε ώστε να είναι δυνατή η χρησιμοποίηση σταθερών εκτοξευτήρων μέσης προς υψηλής πίεσης. Έτσι λοιπόν, καθορίστηκε η παροχή του υδροστομίου να είναι στα 9 l/s και η πίεση λειτουργίας στην έξοδο του στομίου να υπάρχει πίεση 4,5 atm για τη δυσμενέστερη περίπτωση και 5,0 atm για τις συνήθεις περιπτώσεις. Πιέσεις, μεγαλύτερες των 5,5 atm δεν είναι επιθυμητές, αλλά ούτε και σκόπιμες, προκειμένου να αποφευχθούν σπατάλες ηλεκτρικής ενέργειας. Σε περίπτωση που, για οποιονδήποτε λόγο, υπάρξουν πιέσεις μεγαλύτερες των 5,5 atm τοποθετούνται πιεζοθραυστικά σε κατάλληλες θέσεις.

Με βάση τα πιο πάνω χαρακτηριστικά προκύπτει ειδική παροχή στομίου υδροληψίας ίση με  $\frac{9 \text{ l/sec}}{40 \text{ στρ.}} = 0,225 \text{ l/s/ στρ.}$  και η ειδική παροχή άρδευσης των καλλιεργειών, για το

κρίσιμο μήνα Ιούλιο και για 18ώρη εφαρμογή του νερού, ίση με 0,087 l/s/στρ. σύμφωνα με την ειδική παροχή άρδευσης των καλλιεργειών και την ειδική παροχή του στομίου





υδροληψίας, απαιτείται χρόνος άρδευσης, για κάθε αρδευτική μονάδα, για 18ωρη λειτουργίας του στομίου, ίσος με  $\frac{0,087 \text{ l/sec/στρ.}}{0,225 \text{ l/sec/στρ.}} \cdot 18 \text{ ώρες} = 69,6 \text{ ώρες}$  και ο βαθμός ελευθερίας ισούται με  $\frac{18 \text{ ώρες/24ωρο}}{6,69 \text{ ώρες/24ωρο}} = 2,58$ .

Αν το σύνολο της έκτασης της αρδευτικής μονάδας ανήκε σε ένα (1) ή σε δύο (2) παραγωγούς, ο πιο πάνω βαθμός ελευθερίας θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως σχετικά μεγάλος. Επειδή όμως, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, ο μέσος όρος των ιδιοκτησιών που θα περιληφθούν στην αρδευτική μονάδα εκτιμάται σε 4 - 5 τον αριθμό, γίνεται φανερό ότι ο πιο πάνω βαθμός ελευθερίας θα επιτρέψει κάποια σχετική άνεση ως προς την επιλογή του χρόνου άρδευσης των συμμετοχών παραγωγών σε κάθε αρδευτική μονάδα.

Ρυθμιστικός παράγοντας για την επιλογή του μεγέθους της αρδευτικής μονάδας και της παροχής του στομίου υδροληψίας αποτελεί ο τρόπος με τον οποίο θα λειτουργούν τα στόμια υδροληψίας. Η λειτουργία των στομίων γίνεται κατά ελεύθερα ζήτηση ή λειτουργία κατά Cleman. Τα δίκτυα με ελεύθερη ζήτηση μελετώνται με θεωρητική ποιότητα λειτουργίας σε ποσοστό 95 %, όπως υπολογίζεται ότι θα λειτουργούν κατά την περίοδο ζήτησης νερού και μπορούν να ανταποκριθούν σε αυξημένη ζήτηση, κατά την κρίσιμη περίοδο των αρδεύσεων, δεδομένου ότι ο αριθμός των παραγωγών που είναι πιθανόν να ζητήσουν νερό μεταξύ 8<sup>ης</sup> πρωινής και 2<sup>ας</sup> απογευματινής είναι πολλαπλάσιος του αριθμού των στομίων.

### 6.3 Το υλικό κατασκευής των σωλήνων

Για την επιλογή του υλικού κατασκευής των σωλήνων μεταφοράς και διανομής του αρδευτικού νερού των δικτύων, εξετάστηκαν τρεις δόκιμοι τύποι σωληνών: οι πλαστικοί από uPVC σωλήνες κλάσεως 12,5 atm, οι αμιαντοσωλήνες κλάσεως 12,5 atm και οι χαλυβδοσωλήνες. Τελικά επιλέχθηκαν σωλήνες από uPVC και χάλυβα και για τον καθορισμό των ορίων χρησιμοποίησης κάθε υλικού, έγινε χρήση της μεθόδου που αποδεικνύεται στην εγκύκλιο υπ' αρ. Δ22200/30-7-77 του Υ.Δ.Ε.

Πίνακας 6.1. Σωλήνες P.V.C. 12,5 και Χαλυβδοσωλήνες 37-2.

Σωλήνες P.V.C. 12,5 atm			Χαλυβδοσωλήνες 37-2		
Διάμετρος εσωτερική [mm]	Μέγιστη ταχύτητα [m/s]	Κόστος [€/m]	Διάμετρος εσωτερική [mm]	Μέγιστη ταχύτητα [m/s]	Κόστος [€/m]
97	1,55	10,62	400	2,20	155,54
124	1,55	16,32	450	2,20	171,09
141	1,55	20,54	500	2,20	202,20
199	2,00	38,44	600	2,20	221,86
221	2,00	58,69	700	2,30	273,81
278	2,00	73,07	800	2,30	329,57
353	2,10	114,45	900	2,40	424,06
397	2,10	141,45	1000	2,40	475,42
441	2,10	172,85			

Στον πίνακα 6.1 δίδονται οι δαπάνες των πιο πάνω κατηγοριών σωλήνων δηλ. uPVC και χαλυβδοσωλήνων πλήρως τοποθετημένων, έτσι όπως αναγράφονται στην οριστική μελέτη των υδραυλικών υπολογισμών και αφορούν τις τιμές του Δ' Τριμήνου του 1998. Οι δαπάνες αυτές περιλαμβάνουν πλην της προμήθειας, μεταφοράς, τοποθέτησης κλπ. των αγωγών και των συνδέσμων, την δαπάνη τοποθέτησης στρώματος άμμου καθώς και

την απαιτούμενη δαπάνη για την επίχωση του ορύγματος των σωληνώσεων. Επίσης δίδονται οι υπολογισμοί της παραμέτρου  $z = J / Q^2$  όπου  $J$  είναι οι απώλειες φορτίου ανά τρέχον μέτρο και  $Q$  είναι η παροχή για τους τρεις εξεταζόμενους σωλήνες.

Ακόμα για τους υπολογισμούς εκτιμήθηκε ότι το ιζώδες του νερού θα είναι  $1,31 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}$ , οι συντελεστές τραχύτητας των σωλήνων P.V.C. είναι  $K = 0,1 \text{ mm}$  και των χαλυβδосωλήνων  $K = 2,0 \text{ mm}$ . Ο υπολογισμός των γραμμικών απωλειών ενέργειας έγινε κατά Colebrook και οι τοπικές απώλειες εκτιμήθηκαν στο 10% των γραμμικών απωλειών.

Από τη διερεύνηση προέκυψε ότι το μικρότερο κόστος αγωγών για μικρές διαμέτρους Φ97 έως Φ441 (εσωτερική διάμετρο) έχουν οι πλαστικοί σωλήνες uPVC και για διαμέτρους Φ500 και άνω οι χαλυβδосωλήνες.

## 6.4. Το ετήσιο κόστος του έργου

Σύμφωνα με τη μελέτη, τα οικονομικά δεδομένα του έργου υπολογίσθηκαν για διάρκεια ζωής του έργου 50 έτη, τιμή ρεύματος  $0,065 \text{ € / kWh}$  και παροχή αντλιοστασίου  $Q = 0,720 \text{ m}^3/\text{s}$ . Η δαπάνη ανά HP εγκατεστημένης ισχύος εκτιμήθηκε σε 880,41 €. Ακόμη, το υψόμετρο αναρροφήσεως εκτιμήθηκε σε 11,0 m, οι απώλειες φορτίου στο αντλιοστάσιο σε 3,0 m και ο συντελεστή απόδοσης της αντλίας και της εγκατάστασης σε 75%. Αν ληφθεί ως ετήσιο επιτόκιο  $T = 10\%$ , προκύπτει ότι ο συντελεστή επικαιροποίησης του δικτύου ανέρχεται στα 1,0991, του αντλιοστασίου στα 1,4218 και της ενέργειας στα 7,9847.

## 6.5. Βελτιστοποίηση του αρδευτικού δικτύου

Για τον υπολογισμό των οικονομικότερων διαμέτρων των αγωγών του δικτύου εφαρμόστηκε η μέθοδος του Labye για υψόμετρο δεξαμενής  $H_{\Delta} = 91,39 \text{ m}$  και τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα 6.4.

Στη στήλη 1 του πίνακα δίνεται η ονομασία της αρδευτικής μονάδας ή του κόμβου του δικτύου, στη στήλη 2 το υψόμετρο εδάφους,  $z_i$ , κάθε κόμβου, στη στήλη 3 την παροχή,  $Q_i$ , του κάθε αγωγού, στη στήλη 4 το μήκος του κάθε αγωγού,  $L_i$ , στη στήλη 5 η εσωτερική διάμετρος,  $D_i$ , του αγωγού και στη στήλη 6 το ανά μέτρο μήκους κόστος,  $\delta_i$ , του αγωγού.

**Πίνακας 6.4.** Τα υψόμετρα των κόμβων του δικτύου, τα αποτελέσματα των υπολογισμών με τη μέθοδο του Labye και το κόστος των αγωγών.

Αρδευτική Μονάδα ή Κόμβος	Υψόμετρο κόμβου	Παροχή αγωγού	Μήκος αγωγού	Διάμετρος	Κόστος αγωγού	Αρδευτική Μονάδα ή Κόμβος	Υψόμετρο κόμβου	Παροχή αγωγού	Μήκος αγωγού	Διάμετρος	Κόστος αγωγού
	$z_i[\text{m}]$	$Q_i[\text{L/s}]$	$L_i[\text{m}]$	$D_i[\text{mm}]$	$\delta_i[\text{€}/\text{m}]$		$z_i[\text{m}]$	$Q_i[\text{L/s}]$	$L_i[\text{m}]$	$D_i[\text{mm}]$	$\delta_i[\text{€}/\text{m}]$
1	2	4	3	5	6	1	2	4	3	5	6
<b>Δ1</b>	91,39					<b>Υ71</b>	4,00	108	405	353,0	114,45
<b>Υ2</b>	24,00	720	1350	800,0	329,57	<b>Υ72</b>	3,80	99	305	353,0	114,45
<b>Κ3</b>	18,00	720	140	800,0	329,57	<b>Υ73</b>	5,50	90	180	353,0	114,45
<b>Υ20</b>	17,00	648	170	800,0	329,57	<b>Κ74</b>	6,00	81	160	278,0	73,07
<b>Κ21</b>	15,80	648	120	800,0	329,57	<b>Υ75</b>	7,00	9	115	123,6	16,32
<b>Υ22</b>	15,50	36	115	198,6	38,44				115	97,0	10,62
<b>Υ23</b>	15,80	18	240	123,6	16,32	<b>Υ76</b>	5,00	18	230	123,6	16,32
<b>Υ24</b>	15,20	630	150	800,0	329,57	<b>Υ77</b>	5,00	90	110	353,0	114,45
<b>Κ25</b>	15,00	630	150	800,0	329,57	<b>Κ78</b>	4,00	72	230	278,0	73,07
<b>Υ26</b>	14,40	36	130	198,6	38,44	<b>Υ79</b>	3,00	36	100	278,0	73,07
<b>Υ27</b>	14,20	18	250	123,6	16,32	<b>Υ80</b>	8,00	18	165	198,6	38,44

Y28	14.50	612	90	800.0	329.57	Y81	8.00	36	110	198.6	38.44
K29	12.00	612	255	800.0	329.57	Y82	3.00	18	160	123.6	16.32
K4	19.50	99	115	278.0	73.07	Y38	12.00	351	130	600.0	221.86
Y19	18.20	27	105	198.6	38.44	Y39	9.60	342	280	600.0	221.86
Y18	17.50	18	270	123.6	16.32	K99	7.70	333	320	600.0	221.86
Y5	19.00	90	120	278.0	73.07	Y100	7.20	63	95	220.6	58.69
Y6	21.00	108	235	278.0	73.07	Y101	5.80	45	250	198.6	38.44
Y7	20.50	90	210	278.0	73.07	Y102	5.00	27	180	198.6	38.44
K8	20.20	81	85	278.0	73.07	Y103	4.00	18	120	123.6	16.32
Y9	19.80	45	75	198.6	38.44	Y98	7.50	90	305	278.0	73.07
Y10	19.00	36	190	198.6	38.44	K94	7.80	81	140	278.0	73.07
Y11	16.20	27	220	198.6	38.44	Y95	6.50	36	180	198.6	38.44
Y12	15.50	18	135	141.2	20.54	Y96	6.00	27	100	198.6	38.44
			65	123.6	16.32	Y97	4.00	18	265	123.6	16.32
Y13	14.10	9	230	123.6	16.32	Y93	7.50	45	275	198.6	38.44
Y14	19.80	36	270	198.6	38.44	K91	7.00	36	130	198.6	38.44
Y15	18.50	27	180	198.6	38.44	Y92	4.50	18	395	123.6	16.32
Y16	17.00	18	61	198.6	38.44	Y90	6.00	18	100	123.6	16.32
			139	141.2	20.54	Y89	5.00	9	195	97.0	10.62
Y17	15.00	9	192	123.6	16.32	Y104	7.80	270	450	441.2	172.85
			48	97.0	10.62	Y105	7.00	261	170	441.2	172.85
Y30	11.60	72	140	220.6	58.69	K106	6.50	252	265	441.2	172.85
K31	11.80	63	75	220.6	58.69	Y107	7.00	45	170	198.6	38.44
Y32	11.50	27	155	198.6	38.44	Y108	7.50	27	170	198.6	38.44
Y33	12.20	18	185	123.6	16.32	Y109	8.20	18	130	123.6	16.32
Y34	11.00	18	190	123.6	16.32	Y110	6.00	234	105	441.2	172.85
Y35	9.80	36	100	198.6	38.44	K111	5.50	225	115	441.2	172.85
Y36	12.60	576	125	800.0	329.57	Y112	5.00	36	90	198.6	38.44
K37	12.80	576	85	700.0	273.80	Y113	3.50	18	205	123.6	16.32
Y40	12.50	270	160	441.2	172.85	Y114	4.80	207	255	441.2	172.85
K47	12.20	270	135	441.2	172.85	Y115	5.50	198	165	397.0	141.45
Y46	12.80	72	70	278.0	73.07	K116	5.90	189	80	397.0	141.45
K43	13.00	63	92	278.0	73.07	Y117	6.10	63	135	278.0	73.07
			33	220.6	58.69	Y118	7.00	54	260	278.0	73.07
Y44	12.50	27	250	198.6	38.44	Y119	9.00	36	235	198.6	38.44
Y45	12.40	9	205	97.0	10.62	Y120	10.20	18	235	198.6	38.44
Y42	14.00	36	110	198.6	38.44	K121	6.00	162	95	397.0	141.45
Y41	18.20	18	260	141.2	20.54				50	353.0	114.45
K48	12.00	234	70	397.0	141.45	Y122	5.00	36	110	198.6	38.44
Y50	11.00	45	120	198.6	38.44	Y123	3.00	27	260	198.6	38.44
Y51	10.50	36	140	198.6	38.44	Y124	2.20	18	63	141.2	20.54
Y52	10.30	18	200	123.6	16.32				307	123.6	16.32
Y49	11.80	216	30	397.0	141.45	Y125	2.80	9	200	123.6	16.32
Y58	10.30	207	205	397.0	141.45	K126	6.00	144	65	353.0	114.45
K57	10.20	207	35	397.0	141.45	Y127	3.50	18	315	123.6	16.32
K54	9.80	45	170	198.6	38.44	Y128	3.00	9	505	123.6	16.32
Y53	9.00	9	195	97.0	10.62	Y129	5.80	135	75	353.0	114.45
Y55	9.00	36	105	198.6	38.44	Y130	5.60	126	185	353.0	114.45
Y56	8.20	18	210	123.6	16.32	Y131	6.10	117	135	353.0	114.45
Y59	9.00	180	200	397.0	141.45	K132	6.90	108	130	353.0	114.45
Y60	8.90	180	280	397.0	141.45	Y133	4.00	36	285	198.6	38.44
K61	7.00	171	415	397.0	141.45	Y134	3.00	18	180	123.6	16.32
K62	5.00	63	200	220.6	58.69	Y135	7.30	45	135	278.0	73.07
Y63	5.50	27	95	198.6	38.44				80	198.6	38.44
Y64	5.80	18	220	123.6	16.32	K136	7.50	27	65	198.6	38.44
Y65	6.00	36	90	198.6	38.44	Y138	7.60	18	310	198.6	38.44
Y66	7.00	18	185	123.6	16.32	Y139	7.80	9	195	141.2	20.54
Y67	6.00	144	105	353.0	114.45	Y137	8.00	9	170	123.6	16.32

Y68	5,00	144	220	353,0	114,45	Y140	6,00	90	130	278,0	73,07
K69	4,00	135	105	353,0	114,45	K141	5,80	72	60	278,0	73,07
Y88	3,50	54	170	198,6	38,44	Y142	4,00	18	188	141,2	20,54
Y87	3,00	45	280	198,6	38,44				72	123,6	16,32
Y86	2,50	36	235	198,6	38,44	Y143	3,00	9	455	123,6	16,32
Y85	2,00	27	215	198,6	38,44	Y144	5,60	54	145	278,0	73,07
Y84	1,50	18	85	141,2	20,54	Y145	5,50	36	260	198,6	38,44
			130	123,6	16,32	K146	5,00	18	130	198,6	38,44
Y83	1,00	9	220	123,6	16,32	Y147	5,90	9	225	141,2	20,54
Y70	4,50	108	235	353,0	114,45	K148	4,50	9	131	123,6	16,32
									69	97,0	10,62

## 6.6. Το κόστος του δικτύου

Από τον πίνακα 6.4 προκύπτουν τα συνολικά μήκη αγωγών και το συνολικό κόστος κατά τυποποιημένη διάμετρο και τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα 6.5. Στη στήλη 3 του πίνακα δίνεται το ποσοστό συμμετοχής της κάθε διαμέτρου στο συνολικό κόστος του έργου.

Πίνακας 6.5. Η προμέτρηση των αγωγών του δικτύου.

Εσωτερική διάμετρος αγωγού	Μήκος αγωγού $L_i$ [m]	Συνολικό κόστος αγωγού [€]	Ποσοστό συμμετοχής στο δίκτυο	Εσωτερική διάμετρος αγωγού	Μήκος αγωγού $L_i$ [m]	Συνολικό κόστος αγωγού [€]	Ποσοστό συμμετοχής στο δίκτυο
1	2	3	4	1	2	3	4
Φ110	826	8.730,56	2,9	Φ400	2305	261.813,52	8,09
Φ140	6842	110.431,59	24,01	Φ450	1575	222.522,33	5,53
Φ160	1291	26.528,14	4,53	Φ500	1655	286.073,37	5,81
Φ225	7370	280.100,87	25,86	Φ600	730	161.960,38	2,56
Φ250	543	31.558,95	1,91	Φ700	85	23.273,66	0,30
Φ315	2727	196.886,54	9,57	Φ800	2550	840.396,18	8,95

Τελικά το συνολικό κόστος του έργου, με διαμέτρους οι οποίες προέκυψαν μετά από επεξεργασία με τη μέθοδο του Labye, ανέρχεται στα 2.459.704,63 €.

# 7

## Παραδοχές και υπολογισμοί σύμφωνα με το γραμμικό προγραμματισμό και τις απλοποιημένες μεθόδους βελτιστοποίησης

### 7.1. Γενικά

Οι υπολογισμοί γίνονται με τις εξής μεθόδους:

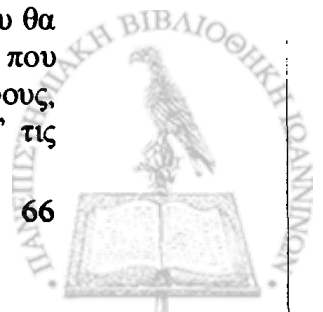
- Την ασυνεχή μέθοδο βελτίωσης με γραμμικό προγραμματισμό.
- Την πρώτη απλοποιημένη συνεχή μέθοδο βελτίωσης του Μ. Θεοχάρη.
- Την τροποποιημένη συνεχή μέθοδο βελτίωσης του Μ. Θεοχάρη.

Κατά την εφαρμογή της κάθε μεθόδου τηρούνται οι προδιαγραφές που τίθενται από την Ελληνική νομοθεσία καθώς και οι αρχές και οι κανόνες που προτείνονται στην βιβλιογραφία. Η ακολουθούμενη πορεία είναι αναλυτική και επεξηγείται με λεπτομέρεια η όλη υπολογιστική διαδικασία.

Το δίκτυο που επιλύεται είναι δίκτυο βαρύτητας με φορτίο κεφαλής τη στάθμη της δεξαμενής αναρρύθμισης  $H_{\Delta} = 91,39$  m.

Προκειμένης της εφαρμογής της ασυνεχούς μεθόδου βελτιστοποίησης του γραμμικού προγραμματισμού, χρησιμοποιούνται οι τιμές των αγωγών, όπως προδιαγράφονται στην ανάλυση τιμών υδραυλικών έργων για το έτος 1998. Προκειμένης της εφαρμογής των συνεχών μεθόδων βελτιστοποίησης (απλοποιημένη συνεχή μέθοδος βελτιστοποίησης του Μ. Θεοχάρη και τροποποιημένη συνεχή μέθοδος βελτιστοποίησης του Μ. Θεοχάρη), για μεν την εύρεση της βέλτιστης λύσης και τον υπολογισμό των οικονομικών διαμέτρων, η δαπάνη των αγωγών προκύπτει από τη συναρτησιακή σχέση κόστους – διαμέτρου του Mandry, για δε τον τελικό υπολογισμό του κόστους του έργου και τη σύγκριση των μεθόδων βελτιστοποίησης, χρησιμοποιούνται οι τιμές της ανάλυσης τιμών υδραυλικών έργων. Για όσους αγωγούς δεν υπάρχουν τιμές στην ανάλυση τιμών, το κόστος τους θα προκύπτει από την εξίσωση του Mandry (εξίσωση 2.18 και πίνακας 2.5 και 2.6).

Μετά την ολοκλήρωση των υπολογισμών για κάθε μέθοδο και την εύρεση της οικονομικής λύσης, γίνεται βελτίωση της λύσης με στόχο την εξάλειψη των μειονεκτημάτων της μεθόδου, την προσαρμογή της λύσης στις πραγματικές συνθήκες αγοράς, την εξοικονόμηση υλικών και εργασίας από τη μη τοποθέτηση περιττών ειδικών εξαρτημάτων, και την πλήρη αξιοποίηση του διαθέσιμου πιεζομετρικού φορτίου. Τα δεδομένα που προαναφέρθηκαν θα χρησιμοποιηθούν κατά τους υπολογισμούς που θα ακολουθήσουν. Παρόλα αυτά, επειδή η επεξεργασία των δεδομένων που περιλαμβάνονταν στη μελέτη και παρατέθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους, κατέδειξε κάποιες ανακρίβειες, θεωρήθηκε σκόπιμο να επανεκτιμηθούν κάποιοι απ' τις παραμέτρους, οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν σε όλες τις μεθόδους.



## 7.2. Γενική περιγραφή του έργου

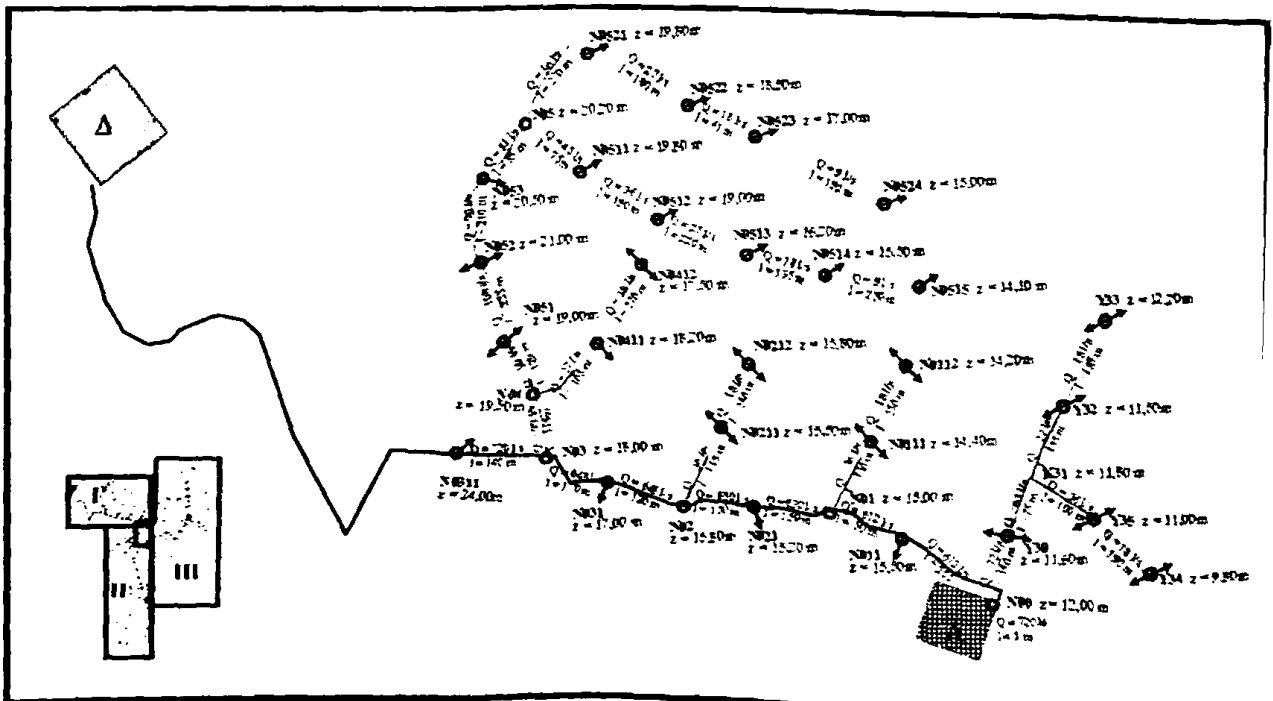
### 7.2.1. Συμβολισμοί

Για την επεξεργασία του προβλήματος είναι αναγκαία η εισαγωγή ορισμένων συμβολισμών οι οποίοι αφορούν τόσο το πραγματικό όσο και το ιδεατό δίκτυο.

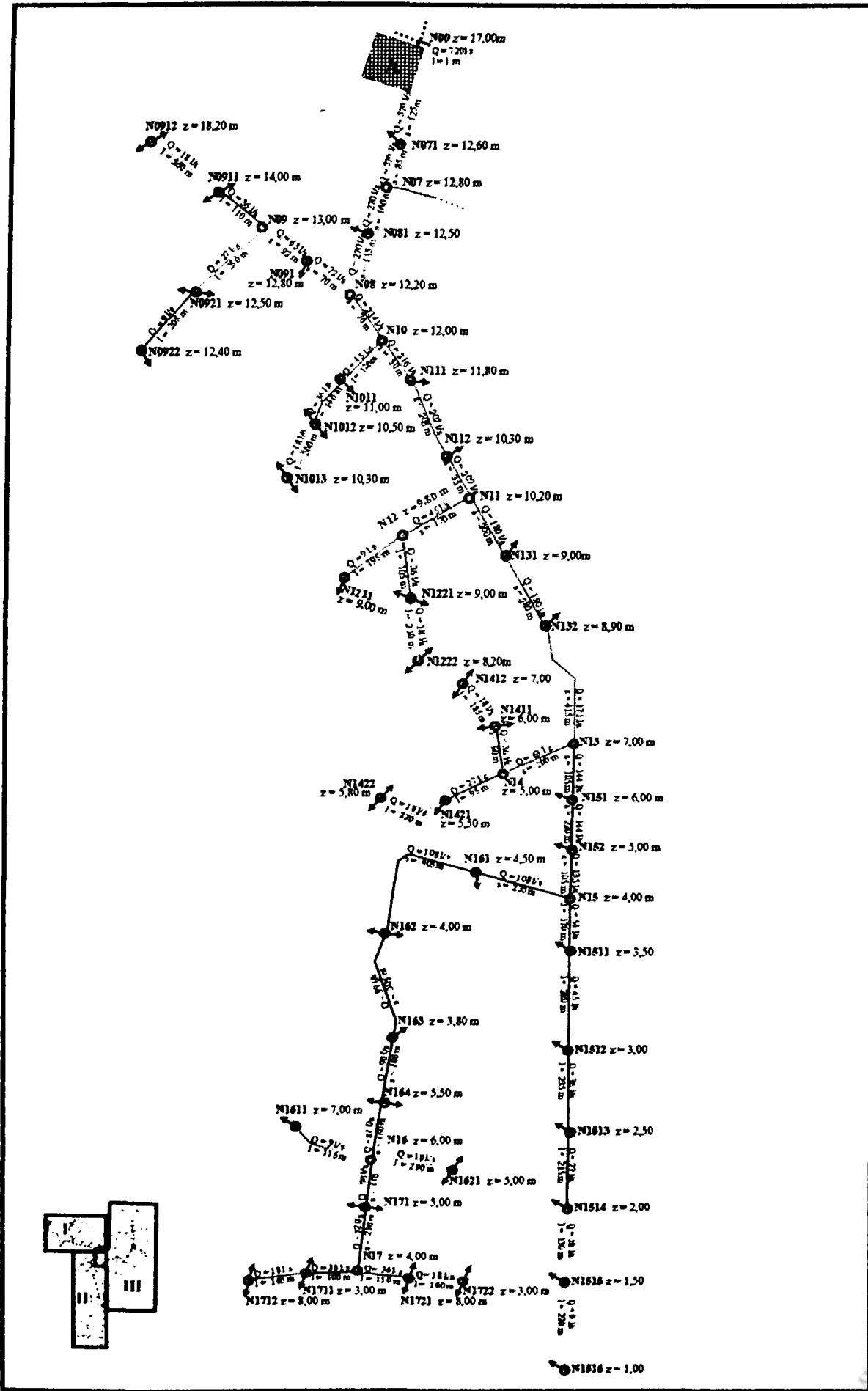
Κάθε κόμβος διακλάδωσης του δικτύου χαρακτηρίζεται με το  $i$  και αριθμείται από τα ανάντη προς τα κατόντη με αριθμό  $i = 1, 2, \dots, r, \dots, n$ , όπου  $n$  είναι ο συνολικός αριθμός των κόμβων διακλάδωσης του δικτύου. Κάθε τροφοδοτών κλάδος χαρακτηρίζεται με το σύμβολο του κατόντη κόμβου διακλάδωσης  $i$ . Κάθε τροφοδοτούμενος κλάδος του δικτύου χαρακτηρίζεται με το  $\pi j$ , όπου  $r = 1, 2, \dots, n$  είναι ο κόμβος διακλάδωσης από τον οποίο τροφοδοτείται ο κλάδος και  $j = 1, 2, \dots, p$  είναι ο αριθμός των τροφοδοτούμενων κλάδων με κεφαλή τον κόμβο  $r$ . Κάθε αγωγός του τροφοδοτούμενου κλάδου,  $i$ , χαρακτηρίζεται με το  $i t$ , όπου  $t = 1, 2, \dots, v$  είναι ο αριθμός των αγωγών του υπόψη τροφοδοτούμενου κλάδου. Κάθε αγωγός του τροφοδοτούμενου κλάδου,  $\pi j$ , χαρακτηρίζεται με το  $j b$ , όπου  $b = 1, 2, \dots, \tau$  είναι ο αριθμός των αγωγών του υπόψη τροφοδοτούμενου κλάδου. Στο σχήμα 1 απεικονίζεται ένα δίκτυο με τους συμβολισμούς που περιγράφονται παραπάνω.

### 7.2.2. Τοπογραφικά δεδομένα του δικτύου

Στο σχήμα 6.3 παρουσιάζεται η οριζοντιογραφία του δικτύου, το οποίο αποτελείται από 175 υδροληψίες και 29 κόμβους. Για την καλύτερη παρουσίαση των χαρακτηριστικών του δικτύου, το σχήμα χωρίστηκε σε τρία τμήματα και μεγεθύνθηκε έτσι όπως φαίνεται στο σχήμα 7.1 α), β) και γ) όπου φαίνονται τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά για τους υπολογισμούς, που είναι η παροχή  $Q$  [l/s] και το μήκος  $L$  [m] κάθε αγωγού και το υψόμετρο εδάφους  $z$  [m] του κάθε κόμβου.

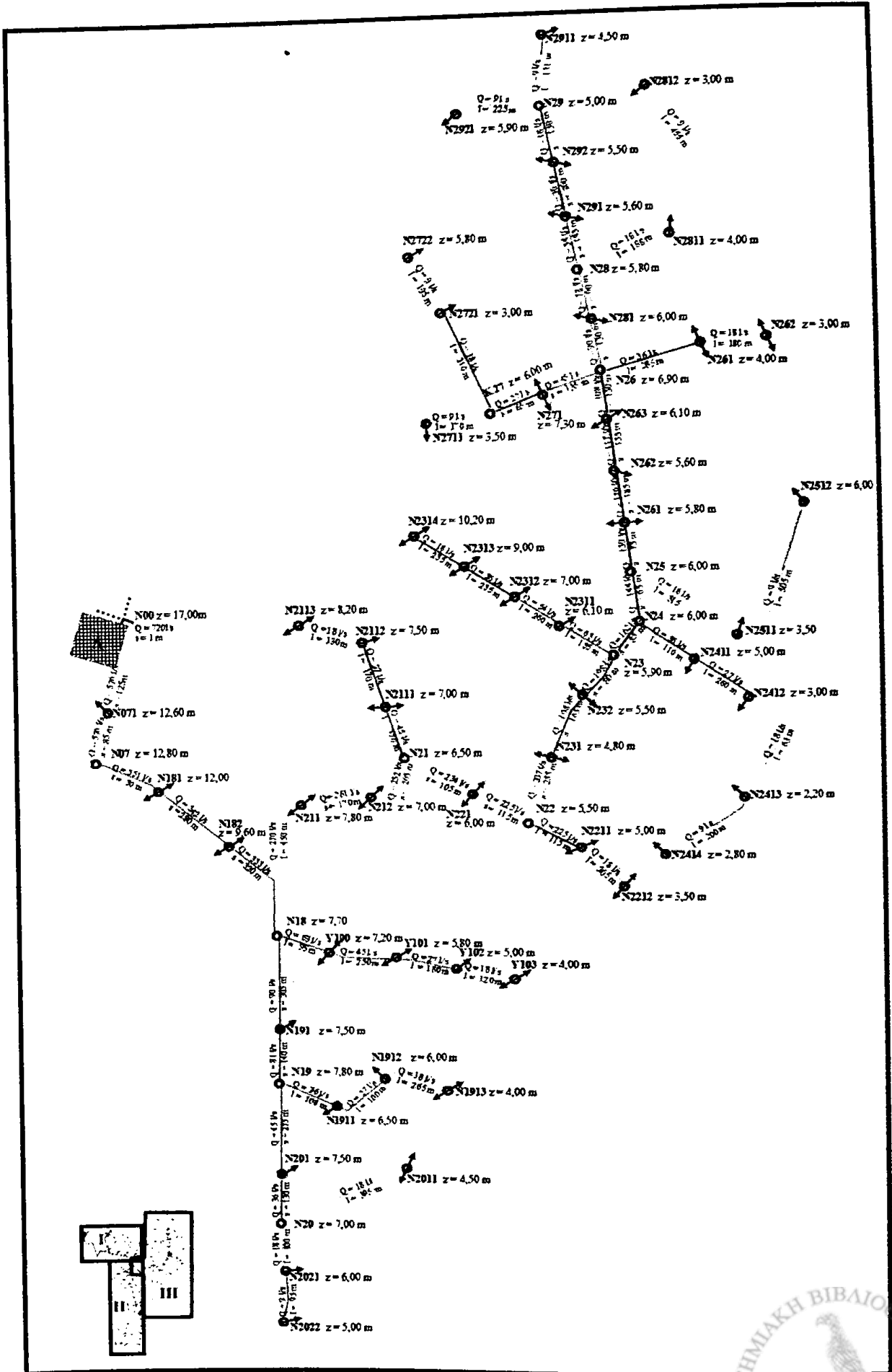


Σχήμα 7.1.α) Η οριζοντιογραφία του δικτύου, Τμήμα I.



Σχήμα 7.1.β) Η οριζοντιογραφία του δικτύου, Τμήμα II.





Σχήμα 7.1.γ) Η οριζοντιογραφία του δικτύου, Τμήμα III.



## 7.3 Παραδοχές υπολογισμού

### 7.3.1 Οι επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής

Με την εγκύκλιο Δ. 22.200/30-7-1977 του ΥΠΕΧΩΔΕ, «Οδηγίες για τον Έλεγχο Σωληνωτών Αρδευτικών Δικτύων», καθορίζεται ως ελάχιστη ταχύτητα ροής η τιμή  $V_{\min} = 0,50 \text{ m/s}$ . Όσο αφορά την μέγιστη ταχύτητα ροής,  $V_{\max}$ , αυτή ποικίλει μεταξύ  $1,55 \text{ m/s}$  και  $2,50 \text{ m/s}$  ανάλογα με την διάμετρο των αγωγών, και οι τιμές της δίνονται στον επόμενο πίνακα 9.2.

Πίνακας 7.1. Επιτρεπόμενες μέγιστες ταχύτητες ροής, στα αρδευτικά δίκτυα καταιονισμού.

Διάμετρος Σωλήνων [mm]	Μέγιστη ταχύτητα ροής [m/s]	Διάμετρος Σωλήνων [mm]	Μέγιστη ταχύτητα ροής [m/s]
1	2	1	2
μέχρι και 125	1,55	από 450 μέχρι και 600	2,20
από 125 μέχρι και 175	1,85	από 600 μέχρι και 800	2,30
από 175 μέχρι και 350	2,00	από 800 μέχρι και 1000	2,40
από 350 μέχρι και 450	2,10	πάνω από 1000	2,50

### 7.3.2. Οι απώλειες φορτίου

Ως εξίσωση ροής χρησιμοποιείται η εξίσωση (2.10) των Darcy – Weisbach :

$$\Delta h = f \frac{LV^2}{2gD} \Rightarrow J = f \frac{V^2}{2gD}$$

όπου : D είναι η εσωτερική διάμετρος του αγωγού.

V είναι η μέση ταχύτητα ροής

g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας =  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

Ο συντελεστής τριβών, f, του κάθε αγωγού, προκύπτει από το συνδυασμό των εξισώσεων συνεχείας, Darcy – Weisbach και της εξίσωση των Colebrook – White (Θεοχάρης, 2005):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,879 \cdot \log \left[ 0,602 \cdot \frac{K^{1,009} \cdot \Delta h^{0,2018}}{Q^{0,4036} \cdot L^{0,2018}} + \frac{2,287 \cdot \nu \cdot L^{0,2}}{Q^{0,6} \cdot \Delta h^{0,2}} \right]$$

λαμβάνοντας τιμές για την τραχύτητα για τους χαλύβδινους αγωγούς  $K = 0,00020 \text{ m}$ , για τους PVC  $K = 0,0001 - 0,00005 \text{ m}$ , και για την κινηματική συνεκτικότητα (για νερό θερμοκρασίας  $10^\circ\text{C}$ )  $\nu = 1,31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ , όπως αναφέρεται και στην αρχική μελέτη.

Οι τοπικές απώλειες φορτίου, σύμφωνα με την εγκύκλιο, λαμβάνονται ίσες με 10 % έως 15 % των γραμμικών απωλειών. Στη συνέχεια θεωρείται ότι οι τοπικές απώλειες φορτίου είναι ίσες με το 10 % των γραμμικών απωλειών, όπως αναφέρεται και στην αρχική μελέτη.

## 7.4. Οι παροχές των αγωγών

Υπολογίζεται η παροχή μελέτης του κάθε αγωγού του δικτύου από τη σχέση :

$$Q = Nd$$

όπου: d είναι η παροχή του κάθε υδροστομίου, η οποία υπολογίστηκε ίση με  $9 \text{ l/s}$ .

R είναι ο συνολικός αριθμός των υδροστομίων που βρίσκονται κατάντη του υπόψη αγωγού.



N είναι ο αριθμός των υδροστομιών που βρίσκονται κατάντη του υπόψη αγωγού τα οποία λειτουργούν ταυτόχρονα και υπολογίζονται από τον πρώτο τύπο του Clement :

$$N = R_p + U(F(x))\sqrt{R_p q}$$

- Ο τύπος του Clement ισχύει για  $R > 10$  και με την προϋπόθεση ότι προκύπτει και  $N > 10$ .
- Αν  $R > 10$  και από τον τύπο του Clement προκύψει  $N \leq 10$ , τότε λαμβάνεται  $N = 10$ .
- Αν  $R \leq 10$  τότε  $N = R$ .

Η πιθανότητα λειτουργίας ενός υδροστομιού είναι 0,38

- Η ποιότητα λειτουργίας του δικτύου  $F(x)$ . Επειδή η υπό άρδευση έκταση είναι σχετικά μικρή, για την απόλυτη εξασφάλιση της ικανότητας του δικτύου παίρνεται ποιότητα λειτουργίας  $F(x) = 99,9\%$ , οπότε ο συντελεστής ποιότητας λειτουργίας είναι  $U(F(x)) = 2,324$ .
- Επομένως  $N = R_p + U(F(x))\sqrt{R_p q} = 0,38R + 2,32\sqrt{0,38 \cdot 0,62R} = 0,38R + 1,126\sqrt{R}$

Υστερα από τα παραπάνω υπολογίζονται οι παροχές των αγωγών του δικτύου, όπως φαίνεται στον πίνακα 6.3.

**Πίνακας 7.2.** Οι παροχές των αγωγών του δικτύου.

Υδροληψία ή Κόμβος	Μήκος αγωγού	Clement			Υδροληψία ή Κόμβος	Μήκος αγωγού	Clement				
		Αριθ. Κατάντη Υδροληψ.	Αριθ. Υδροστομ. σε ταυτόχρονη λειτουργία	Παροχή αγωγού			Αριθ. Κατάντη Υδροληψ.	Αριθ. Υδροστομ. σε ταυτόχρονη λειτουργία	Παροχή αγωγού		
		$R$	$N$	$Q$ [l/s]			$R$	$N$	$Q$ [l/s]		
1	2	4	5	6	1	2	4	5	6		
$\Delta 1$	s( $\Delta$ )00				Y71	s162	405	18	12	108	
Y2	s011	1350	174	81	729	Y72	s163	305	16	11	99
K3	s012	140	173	81	729	Y73	s164	180	15	10	90
K4	s041	115	17	11	99	K74	s165	160	13	10	90
Y5	s051	120	15	10	90	Y75	L1611	230	1	1	9
Y6	s052	235	12	10	90	Y76	L1621	230	2	2	18
Y7	s053	210	10	10	90	Y77	s171	110	10	10	90
K8	s054	85	9	9	81	K78	s172	230	8	8	72
Y9	L0511	75	5	5	45	Y79	L1711	100	4	4	36
Y10	L0512	190	4	4	36	Y80	L1712	165	2	2	18
Y11	L0513	220	3	3	27	Y81	L1721	110	4	4	36
Y12	L0514	200	2	2	18	Y82	L1722	160	2	2	18
Y13	L0515	230	1	1	9	Y38	s181	130	77	39	351
Y14	L0521	270	4	4	36	Y39	s182	280	75	38	342
Y15	L0522	180	3	3	27	K99	s183	320	73	37	333
Y16	L0523	200	2	2	18	Y100	L1811	95	7	7	63
Y17	L0524	240	1	1	9	Y101	L1812	250	5	5	45
Y18	L0412	270	2	2	18	Y102	L1813	180	3	3	27
Y19	L0411	105	3	3	27	Y103	L1814	120	2	2	18
Y20	s021	170	156	73	657	Y98	s191	305	10	10	90
K21	s022	120	155	73	657	K94	s192	140	9	9	81
Y22	L0211	115	4	4	36	Y95	L1911	180	4	4	36
Y23	L0212	240	2	2	18	Y96	L1912	100	3	3	27
Y24	s031	150	151	71	639	Y97	L1913	265	2	2	18
K25	s032	150	150	71	639	Y93	s201	275	5	5	45
Y26	L0311	130	4	4	36	K91	s202	130	4	4	36
Y27	L0312	250	2	2	18	Y92	L2011	395	2	2	18

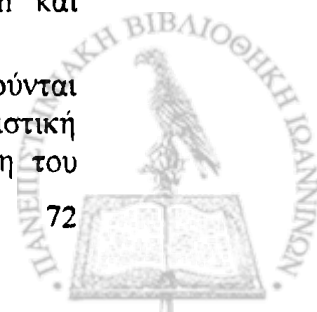
Y28	s(A)001	90	146	69	621	Y90	L2021	100	2	2	18
K29	s(A)002	255	145	69	621	Y89	L2022	195	1	1	9
Y30	s061	140	10	10	90	Y104	s211	450	56	30	270
K31	s062	75	8	8	72	Y105	s212	170	54	29	261
Y32	L0611	155	4	4	36	K106	s213	265	52	28	252
Y33	L0612	185	2	2	18	Y107	L2111	170	5	5	45
Y35	L0621	100	4	4	36	Y108	L2112	170	3	3	27
Y34	L0622	190	2	2	18	Y109	L2113	130	2	2	18
Y36	s071	125	135	64	576	Y110	s221	105	47	26	234
K37	s072	85	134	64	576	K111	s222	115	45	25	225
Y40	s081	160	57	30	270	Y112	L2211	90	4	4	36
K47	s082	135	56	30	270	Y113	L2212	205	2	2	18
Y46	s091	70	8	8	72	Y114	s231	255	41	23	207
K43	L092	125	7	7	63	Y115	s232	165	39	22	198
Y44	s0911	250	3	3	27	K116	s233	80	37	21	189
Y45	L0912	205	1	1	9	Y117	L2311	135	7	7	63
Y42	L0921	110	4	4	36	Y118	L2312	260	6	6	54
Y41	L0922	260	2	2	18	Y119	L2313	235	4	4	36
K48	s101	70	48	26	234	Y120	L2314	235	2	2	18
Y50	L1011	120	5	5	45	K121	s241	145	30	18	162
Y51	L1012	140	4	4	36	Y122	L2411	110	4	4	36
Y52	L1013	200	2	2	18	Y123	L2412	260	3	3	27
Y49	s111	30	43	24	216	Y124	L2413	370	2	2	18
Y58	s112	205	42	23	207	Y125	L2414	200	1	1	9
K57	s113	35	41	23	207	K126	L251	65	26	16	144
K54	s121	170	5	5	45	Y127	L2511	315	2	2	18
Y53	L1211	195	1	1	9	Y128	L2512	505	1	1	9
Y55	L1221	105	4	4	36	Y129	s261	75	24	15	135
Y56	L1222	210	2	2	18	Y130	s262	185	22	14	126
Y59	s131	200	36	20	180	Y131	s263	135	21	13	117
Y60	s132	280	35	20	180	K132	s264	130	19	12	108
K61	s133	415	34	20	180	Y133	L2611	285	4	4	36
K62	s141	200	7	7	63	Y134	L2612	180	2	2	18
Y63	L1411	95	3	3	27	Y135	s271	215	5	5	45
Y64	L1412	220	2	2	18	K136	s272	65	3	3	27
Y65	L1421	90	4	4	36	Y138	L2711	310	2	2	18
Y66	L1422	185	2	2	18	Y139	L2712	195	1	1	9
Y67	s151	105	27	16	144	Y137	L2721	170	1	1	9
Y68	s152	220	26	16	144	Y140	s281	130	10	10	90
K69	s153	105	25	15	135	K141	s282	60	8	8	72
Y88	L1511	170	6	6	54	Y142	L2811	260	2	2	18
Y87	L1512	280	5	5	45	Y143	L2812	455	1	1	9
Y86	L1513	235	4	4	36	Y144	s291	145	6	6	54
Y85	L1514	215	3	3	27	Y145	s292	260	4	4	36
Y84	L1515	215	2	2	18	K146	s293	130	2	2	18
Y83	L1516	220	1	1	9	K148	L2911	200	1	1	9
Y70	s161	235	19	12	108	Y147	L2921	225	1	1	9

## 7.5. Το κόστος του έργου

### 7.5.1. Το κόστος των αγωγών

Το ανά τρέχον μέτρο κόστος των αγωγών για σωλήνες PVC 12,5 atm και χαλυβδοσωλήνες με τιμές υλικών και ημερομισθίων του Δ' τριμήνου 1998.

Οι τιμές των αγωγών που πάρθηκαν στην οριστική μελέτη του έργου χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς αυτούσιες. Για τους αγωγούς που δεν δίδονται τιμές στην οριστική μελέτη του έργου, η δαπάνη ενός μέτρου μήκους τους, προέκυψε από εξίσωση του



Mandry (2.18). Από την εξίσωση του Mandry και τον πίνακα 2.5 και 2.6 προέκυψε η σχέση  $\delta = 796,95D_{\text{εσωτ.}}^{1,8525}$  για αγωγούς από PVC 12,5 atm και από τη σχέση  $\delta = 479,71D_{\text{εσωτ.}}^{1,53808}$  για αγωγούς από χάλυβα, στις οποίες η  $D_{\text{εσωτ.}}$  είναι σε m και το κόστος σε € / m. Στους πίνακες 7.3 και 7.4 δίνεται η δαπάνη ενός μέτρου μήκους αγωγού σε, σύμφωνα με την ανάλυση τιμών και σύμφωνα με την εξίσωση του Mandry.

**Πίνακας 7.3.** Η δαπάνη ενός μέτρου μήκους αγωγού PVC.

D [mm]	Όνομαστική	Φ90	Φ110	Φ125	Φ140	Φ160	Φ180	Φ200	Φ225
	Εσωτερική	79,0	99,4	113,0	126,6	144,6	158,8	180,8	203,4
δ [€/m]	Ανάλυση τιμών	-	10,62	-	16,32	20,54	-	-	38,44
	Εξίσωση	7,30	10,58	13,40	16,57	21,21	26,36	32,03	39,90
D [mm]	Όνομαστική	Φ250	Φ280	Φ315	Φ355	Φ400	Φ450	Φ500	Φ630
	Εσωτερική	226,2	253,2	285,0	321,2	361,8	407,0	452,2	559,0
δ [€/m]	Ανάλυση τιμών	58,69	-	73,07	-	114,45	141,45	172,85	-
	Εξίσωση	48,47	59,76	74,39	92,78	115,79	143,94	175,03	271,34

**Πίνακας 7.4.** Η δαπάνη ενός μέτρου μήκους αγωγού χαλυβδοσωλήνων.

D [mm]	Όνομαστική	Φ400	Φ450	Φ500	Φ600	Φ700	Φ800	Φ900	Φ1000
	Εσωτερική	400	450	500	600	700	800	900	1000
δ [€/m]	Ανάλυση τιμών	155,54	171,09	202,20	221,86	273,81	329,57	424,06	475,42
	Εξίσωση	165,19	218,66	277,17	340,35	407,95	479,71	165,19	218,66

### 7.5.2. Το ετήσιο κόστος του έργου

Σύμφωνα με την ανάλυση της παραγράφου 2.6., το συνολικό ετήσιο κόστος του έργου ανηγμένο σε αρχικό κεφάλαιο αποτελείται από τα επόμενα τέσσερα επί μέρους κόστη, ήτοι το κόστος απόσβεσης του υλικού του αγωγού, το κόστος απόσβεσης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, το κόστος απόσβεσης του οικοδομικού μέρους του αντλιοστασίου και το κόστος εκμετάλλευσης του αντλιοστασίου, αν ληφθεί ως ετήσιο επιτόκιο  $T = 10\%$ , προκύπτει ως ακολούθως :

α) Το κόστος απόσβεσης του υλικού του δικτύου

$$P_{\Delta \text{ET.}} = 0,110859 P_{\Delta} \quad (7.1)$$

β) Το κόστος απόσβεσης του μηχανολογικού εξοπλισμού

$$P_{\text{AET.}} = 2,2488 \delta_{\alpha} Q H_{\text{man}} \quad (7.2)$$

γ) Το κόστος απόσβεσης του οικοδομικού μέρους του αντλιοστασίου

$$P_{\text{OET.}} = 0,58364 \delta_{\alpha} Q H_{\text{man}} \quad (7.3)$$

δ) Το κόστος εκμετάλλευσης του αντλιοστασίου

$$E_{\text{ET.}} = 1912,95 \beta Q H_{\text{man}} \quad (7.4)$$

ε) Το συνολικό ετήσιο κόστος του έργου

Το συνολικό ετήσιο κόστος του έργου ανηγμένο σε αρχικό κεφάλαιο είναι :

$$P_{\text{ET.}} = P_{\Delta \text{ET.}} + P_{\text{AET.}} + P_{\text{OET.}} + E_{\text{ET.}} = 0,110589 P_{\Delta} + 2,2488 \delta_{\alpha} Q H_{\text{man}} + 0,58364 \delta_{\alpha} Q H_{\text{man}} + 1912,95 \beta Q H_{\text{man}} \quad (7.5)$$

όπου  $\beta$  είναι το κόστος ενός kWh και  $\delta_{\alpha}$  είναι η δαπάνη εγκατάστασης ενός kW.

Αν ληφθεί  $\beta = 0,065 \text{ €/kWh}$ ,  $\delta_{\alpha} = 145 \text{ €/kW}$  και  $Q = 0,729 \text{ m}^3/\text{s}$  προκύπτει:

$$P_{\text{ET.}} = 0,110589 P_{\Delta} + 1693,94 H_{\text{man}} \quad [\text{€}].$$



# 8

## Βελτιστοποίηση του δικτύου με την ασυνεχή μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού

### 8.1. Τα γεωμετρικά, τα υδραυλικά και τα οικονομικά στοιχεία των αγωγών

Για κάθε αγωγό, ορίζονται οι ακραίες τιμές όλων των πιθανών διαμέτρων του αγωγού. Έτσι στην τιμή  $V_{\max}$  αντιστοιχεί το  $D_{\min}$  και στην  $V_{\min}$  το  $D_{\max}$ . Μεταξύ των τιμών  $D_{\max}$  και  $D_{\min}$  περιλαμβάνονται όλες οι πιθανές αποδεκτές τιμές των διαμέτρων του εμπορίου.

Σε κάθε πιθανή τιμή διαμέτρου  $D_{ij}$  αντιστοιχείται ένα μήκος  $x_{ij}$  όπου  $i = 1, 2, \dots, n$  είναι ο αύξων αριθμός του υπόψη αγωγού,  $n$  είναι ο συνολικός αριθμός των αγωγών του δικτύου και  $j = 1, 2, \dots, k$  είναι ο αριθμός των πιθανών διαμέτρων του αγωγού  $i$ . Το σύνολο των  $x_{ij}$  για όλους τους αγωγούς του δικτύου είναι οι μεταβλητές αποφάσεων του προβλήματος.

Στον πίνακα 8.1. δίνονται τα γεωμετρικά, τα υδραυλικά και τα οικονομικά στοιχεία των αγωγών ήτοι :

- Τα απαιτούμενα ελάχιστα υψόμετρα πιεζομετρικής γραμμής του κάθε κόμβου,  $h_i$ , με την παρατήρηση ότι το ελάχιστο ύψος πίεσης είναι 58 m στους κόμβους που υπάρχουν υδροληψίες και 5 m στους υπόλοιπους (στήλη 2).
- Τα μήκη των αγωγών,  $L_i$ , σε m (στήλη 3).
- Οι παροχές των αγωγών,  $Q_i$  (στήλη 4).
- Η αντιστοιχία μεταβλητών και διαμέτρων στις παραπάνω σχέσεις (στήλη 5).
- Η εσωτερικές και ονομαστικές αποδεκτές διαμέτροι του εμπορίου (στήλες 6 και 7). Η ελάχιστη και η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της διαμέτρου οι οποίες προκύπτουν

αντίστοιχα από την εξίσωση συνεχείας  $D_{\min/\max} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_{\max/\min}}}$  όπου  $V_{\max/\min}$  είναι η

μέγιστη και η ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή της ταχύτητας όπως αυτές καθορίζονται από την εγκύκλιο του ΥΠΕΧΩΔΕ σε m/s (πίνακας 7.1). Για τον υπολογισμό των  $D_{\min/\max}$  θεωρείται καταρχήν ότι  $V_{\max} = 2,20$  m/sec και  $V_{\min} = 0,50$  m/sec (στήλες 7 και 8). Από τις προκύπτουσες, κατ' αυτό τον τρόπο, τιμές των διαμέτρων, υπολογίζονται οι αντίστοιχες τιμές της ταχύτητας ροής και απορρίπτονται τελικά όσες διαμέτροι συνεπάγονται ταχύτητες εκτός των ορίων του πίνακα 7.1.

- Η αντίστοιχη κλίση της πιεζομετρικής γραμμής (στήλη 8).

- Οι ταχύτητες ροής για κάθε διάμετρο από τη σχέση  $V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_{\text{εσωτ.}}^2}$  (στήλη 9).
- Η βελτιωμένη τιμή της κλίσης της πιεζομετρικής γραμμής (στήλη 10) με την παραδοχή ότι οι τοπικές απώλειες τριβών είναι το 10 % των γραμμικών απωλειών.
- Το ανά μέτρο μήκους κόστος (στήλη 11) του κάθε αγωγού,  $\delta_i$ , από την ανάλυση τιμών για το έτος 1998 (πίνακας 7.3 και 7.4) και με τις προϋποθέσεις που περιγράφονται στην παράγραφο 7.5.1.

**Πίνακας 8.1.** Τα γεωμετρικά, τα υδραυλικά, αντιστοιχία μεταβλητών και ονομαστικών διαμέτρων και τα οικονομικά στοιχεία των αγωγών.

Αγωγός	$h_i$	L	Q	Μετ/τη	$D_{\text{εξωτ.}}$	$D_{\text{εσωτ.}}$	J	V	1,1·J	$\delta$
	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> /sec]	$X_i$	[mm]	[mm]	%	[m/s]	%	€/m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
s(Δ)001	91,39	1	0,729	X <sub>1</sub>	700	700,0	0,403	1,894	0,443	273,81
				X <sub>2</sub>	800	800,0	0,203	1,450	0,223	329,57
				X <sub>3</sub>	900	900,0	0,111	1,146	0,122	424,06
				X <sub>4</sub>	1000	1000,0	0,065	0,928	0,072	475,42
s011	82,00	1350	0,729	X <sub>5</sub>	700	700,0	0,403	1,894	0,443	273,81
				X <sub>6</sub>	800	800,0	0,203	1,450	0,223	329,57
				X <sub>7</sub>	900	900,0	0,111	1,146	0,122	424,06
				X <sub>8</sub>	1000	1000,0	0,065	0,928	0,072	475,42
s012	23,00	140	0,729	X <sub>9</sub>	700	700,0	0,403	1,894	0,443	273,81
				X <sub>10</sub>	800	800,0	0,203	1,450	0,223	329,57
				X <sub>11</sub>	900	900,0	0,111	1,146	0,122	424,06
				X <sub>12</sub>	1000	1000,0	0,065	0,928	0,072	475,42
s021	75,00	170	0,657	X <sub>13</sub>	700	700,0	0,329	1,707	0,361	273,81
				X <sub>14</sub>	800	800,0	0,166	1,307	0,182	329,57
				X <sub>15</sub>	900	900,0	0,091	1,033	0,100	424,06
				X <sub>16</sub>	1000	1000,0	0,053	0,837	0,059	475,42
s022	20,80	120	0,657	X <sub>17</sub>	700	700,0	0,329	1,707	0,361	273,81
				X <sub>18</sub>	800	800,0	0,166	1,307	0,182	329,57
				X <sub>19</sub>	900	900,0	0,091	1,033	0,100	424,06
				X <sub>20</sub>	1000	1000,0	0,053	0,837	0,059	475,42
L0211	73,50	115	0,036	X <sub>21</sub>	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
				X <sub>22</sub>	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				X <sub>23</sub>	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				X <sub>24</sub>	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				X <sub>25</sub>	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				X <sub>26</sub>	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
L0212	73,80	240	0,018	X <sub>27</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				X <sub>28</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>29</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>30</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>31</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				X <sub>32</sub>	600	600,0	0,687	2,260	0,756	221,86
s031	73,20	150	0,639	X <sub>33</sub>	700	700,0	0,311	1,660	0,342	273,81
				X <sub>34</sub>	800	800,0	0,157	1,271	0,173	329,57
				X <sub>35</sub>	900	900,0	0,086	1,004	0,095	424,06
				X <sub>36</sub>	1000	1000,0	0,050	0,814	0,056	475,42
s032	20,00	150	0,639	X <sub>37</sub>	600	600,0	0,687	2,260	0,756	221,86
				X <sub>38</sub>	700	700,0	0,311	1,660	0,342	273,81
				X <sub>39</sub>	800	800,0	0,157	1,271	0,173	329,57
				X <sub>40</sub>	900	900,0	0,086	1,004	0,095	424,06
				X <sub>41</sub>	1000	1000,0	0,050	0,814	0,056	475,42

Αγωγός	h <sub>i</sub> [m]	L [m]	Q [m <sup>3</sup> /sec]	Μετ/τη X <sub>i</sub>	D <sub>εξωτ.</sub> [mm]	D <sub>εσωτ.</sub> [mm]	J %	V [m/s]	1,1·J %	δ €/m
L0311	72,40	130	0,036	X <sub>42</sub>	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
				X <sub>43</sub>	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				X <sub>44</sub>	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				X <sub>45</sub>	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				X <sub>46</sub>	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				X <sub>47</sub>	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
L0312	72,20	250	0,018	X <sub>48</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				X <sub>49</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>50</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>51</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>52</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
s(A)001	72,50	90	0,621	X <sub>53</sub>	600	600,0	0,650	2,196	0,715	221,86
				X <sub>54</sub>	700	700,0	0,294	1,614	0,324	273,81
				X <sub>55</sub>	800	800,0	0,149	1,235	0,163	329,57
				X <sub>56</sub>	900	900,0	0,082	0,976	0,090	424,06
				X <sub>57</sub>	1000	1000,0	0,048	0,791	0,053	475,42
s(A)002	17,00	255	0,621	X <sub>58</sub>	600	600,0	0,650	2,196	0,715	221,86
				X <sub>59</sub>	700	700,0	0,294	1,614	0,324	273,81
				X <sub>60</sub>	800	800,0	0,149	1,235	0,163	329,57
				X <sub>61</sub>	900	900,0	0,082	0,976	0,090	424,06
				X <sub>62</sub>	1000	1000,0	0,048	0,791	0,053	475,42
s041	24,50	115	0,099	X <sub>63</sub>	315	278,0	0,7932	1,6310	0,8725	73,07
				X <sub>64</sub>	355	313,2	0,4353	1,2850	0,4789	92,08
				X <sub>65</sub>	400	353,0	0,2392	1,0116	0,2631	114,45
				X <sub>66</sub>	450	397,0	0,1332	0,7998	0,1466	141,45
				X <sub>67</sub>	500	441,2	0,0790	0,6476	0,0869	172,85
				X <sub>68</sub>	500	500,0	0,0467	0,5042	0,0514	202,20
L0411	76,20	105	0,027	X <sub>69</sub>	160	141,2	2,0164	1,7243	2,2180	20,54
				X <sub>70</sub>	180	158,8	1,1142	1,3632	1,2256	26,18
				X <sub>71</sub>	200	176,4	0,6571	1,1048	0,7228	31,80
				X <sub>72</sub>	225	198,6	0,3634	0,8716	0,3997	38,44
				X <sub>73</sub>	250	220,6	0,2156	0,7064	0,2371	58,69
				X <sub>74</sub>	280	247,0	0,1232	0,5635	0,1356	59,32
L0412	75,50	270	0,018	X <sub>75</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				X <sub>76</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>77</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>78</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>79</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
s051	77,00	120	0,090	X <sub>80</sub>	280	247,0	1,2006	1,8783	1,3206	59,32
				X <sub>81</sub>	315	278,0	0,6609	1,4827	0,7270	73,07
				X <sub>82</sub>	355	313,2	0,3631	1,1682	0,3995	92,08
				X <sub>83</sub>	400	353,0	0,1998	0,9196	0,2197	114,45
				X <sub>84</sub>	450	397,0	0,1114	0,7271	0,1226	141,45
				X <sub>85</sub>	500	441,2	0,0661	0,5887	0,0727	172,85
s052	79,00	235	0,090	X <sub>86</sub>	280	247,0	1,2006	1,8783	1,3206	59,32
				X <sub>87</sub>	315	278,0	0,6609	1,4827	0,7270	73,07
				X <sub>88</sub>	355	313,2	0,3631	1,1682	0,3995	92,08
				X <sub>89</sub>	400	353,0	0,1998	0,9196	0,2197	114,45
				X <sub>90</sub>	450	397,0	0,1114	0,7271	0,1226	141,45
				X <sub>91</sub>	500	441,2	0,0661	0,5887	0,0727	172,85
s053	78,50	210	0,090	X <sub>92</sub>	280	247,0	1,2006	1,8783	1,3206	59,32
				X <sub>93</sub>	315	278,0	0,6609	1,4827	0,7270	73,07
				X <sub>94</sub>	355	313,2	0,3631	1,1682	0,3995	92,08
				X <sub>95</sub>	400	353,0	0,1998	0,9196	0,2197	114,45
				X <sub>96</sub>	450	397,0	0,1114	0,7271	0,1226	141,45
				X <sub>97</sub>	500	441,2	0,0661	0,5887	0,0727	172,85

Αγωγός	$h_i$	L	Q	Μετ/τη	$D_{εξωτ.}$	$D_{εσωτ.}$	J	V	1,1·J	$\delta$
	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> /sec]	$X_i$	[mm]	[mm]	%	[m/s]	%	€/m
054	25,20	85	0,081	$X_{98}$	280	247,0	0,9806	1,6904	1,0786	59,32
				$X_{99}$	315	278,0	0,5405	1,3345	0,5945	73,07
				$X_{100}$	355	313,2	0,2974	1,0514	0,3271	92,08
				$X_{101}$	400	353,0	0,1638	0,8276	0,1802	114,45
				$X_{102}$	450	397,0	0,0915	0,6544	0,1006	141,45
				$X_{103}$	500	441,2	0,0543	0,5298	0,0598	172,85
L0511	77,80	75	0,045	$X_{104}$	200	176,4	1,7413	1,8413	1,9155	31,80
				$X_{105}$	225	198,6	0,9567	1,4527	1,0524	38,44
				$X_{106}$	250	220,6	0,5642	1,1774	0,6206	58,69
				$X_{107}$	280	247,0	0,3205	0,9391	0,3526	59,32
				$X_{108}$	315	278,0	0,1780	0,7414	0,1958	73,07
				$X_{109}$	355	313,2	0,0986	0,5841	0,1085	92,08
L0512	77,00	190	0,036	$X_{110}$	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
				$X_{111}$	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				$X_{112}$	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				$X_{113}$	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				$X_{114}$	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				$X_{115}$	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
L0513	74,20	220	0,027	$X_{116}$	160	141,2	2,0164	1,7243	2,2180	20,54
				$X_{117}$	180	158,8	1,1142	1,3632	1,2256	26,18
				$X_{118}$	200	176,4	0,6571	1,1048	0,7228	31,80
				$X_{119}$	225	198,6	0,3634	0,8716	0,3997	38,44
				$X_{120}$	250	220,6	0,2156	0,7064	0,2371	58,69
				$X_{121}$	280	247,0	0,1232	0,5635	0,1356	59,32
L0514	73,50	200	0,018	$X_{122}$	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				$X_{123}$	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				$X_{124}$	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				$X_{125}$	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				$X_{126}$	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				$X_{127}$	110	97,0	1,6517	1,2179	1,8169	10,62
L0515	72,10	230	0,009	$X_{128}$	125	110,2	0,8710	0,9436	0,9581	13,31
				$X_{129}$	140	123,6	0,4916	0,7501	0,5407	16,32
				$X_{130}$	160	141,2	0,2542	0,5748	0,2796	20,54
				$X_{131}$	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
L0521	77,80	270	0,036	$X_{132}$	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				$X_{133}$	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				$X_{134}$	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				$X_{135}$	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				$X_{136}$	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
				$X_{137}$	160	141,2	2,0164	1,7243	2,2180	20,54
L0522	76,50	180	0,027	$X_{138}$	180	158,8	1,1142	1,3632	1,2256	26,18
				$X_{139}$	200	176,4	0,6571	1,1048	0,7228	31,80
				$X_{140}$	225	198,6	0,3634	0,8716	0,3997	38,44
				$X_{141}$	250	220,6	0,2156	0,7064	0,2371	58,69
				$X_{142}$	280	247,0	0,1232	0,5635	0,1356	59,32
				$X_{143}$	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
L0523	75,00	200	0,018	$X_{144}$	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				$X_{145}$	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				$X_{146}$	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				$X_{147}$	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				$X_{148}$	110	97,0	1,6517	1,2179	1,8169	10,62
L0524	73,00	240	0,009	$X_{149}$	125	110,2	0,8710	0,9436	0,9581	13,31
				$X_{150}$	140	123,6	0,4916	0,7501	0,5407	16,32
				$X_{151}$	160	141,2	0,2542	0,5748	0,2796	20,54
				$X_{151}$	160	141,2	0,2542	0,5748	0,2796	20,54



Αγωγός	$h_i$	L	Q	Μετ/τη	$D_{εξωτ.}$	$D_{εσωτ.}$	J	V	1,1·J	$\delta$
	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> /sec]	$X_i$	[mm]	[mm]	%	[m/s]	%	€/m
s061	69,60	140	0,090	$X_{152}$	280	247,0	1,2006	1,8783	1,3206	59,32
				$X_{153}$	315	278,0	0,6609	1,4827	0,7270	73,07
				$X_{154}$	355	313,2	0,3631	1,1682	0,3995	92,08
				$X_{155}$	400	353,0	0,1998	0,9196	0,2197	114,45
				$X_{156}$	450	397,0	0,1114	0,7271	0,1226	141,45
				$X_{157}$	500	441,2	0,0661	0,5887	0,0727	172,85
s062	16,80	75	0,072	$X_{158}$	250	220,6	1,3851	1,8838	1,5237	58,69
				$X_{159}$	280	247,0	0,7825	1,5026	0,8608	59,32
				$X_{160}$	315	278,0	0,4320	1,1862	0,4752	73,07
				$X_{161}$	355	313,2	0,2380	0,9345	0,2618	92,08
				$X_{162}$	400	353,0	0,1313	0,7357	0,1444	114,45
				$X_{163}$	450	397,0	0,0734	0,5817	0,0808	141,45
L0611	69,50	155	0,036	$X_{164}$	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
				$X_{165}$	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				$X_{166}$	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				$X_{167}$	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				$X_{168}$	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				$X_{169}$	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
L0612	70,20	185	0,018	$X_{170}$	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				$X_{171}$	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				$X_{172}$	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				$X_{173}$	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				$X_{174}$	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				$X_{175}$	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
L0621	69,00	100	0,036	$X_{176}$	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				$X_{177}$	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				$X_{178}$	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				$X_{179}$	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				$X_{180}$	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
				$X_{181}$	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
L0622	67,80	190	0,018	$X_{182}$	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				$X_{183}$	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				$X_{184}$	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				$X_{185}$	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				$X_{186}$	600	600,0	0,5605	2,0372	0,6165	221,86
				$X_{187}$	700	700,0	0,2540	1,4967	0,2793	273,81
s071	70,60	125	0,576	$X_{188}$	800	800,0	0,1283	1,1459	0,1411	329,57
				$X_{189}$	900	900,0	0,0705	0,9054	0,0775	424,06
				$X_{190}$	1000	1000,0	0,0413	0,7334	0,0454	475,42
				$X_{191}$	600	600,0	0,5605	2,0372	0,6165	221,86
				$X_{192}$	700	700,0	0,2540	1,4967	0,2793	273,81
				$X_{193}$	800	800,0	0,1283	1,1459	0,1411	329,57
s072	17,80	85	0,576	$X_{194}$	900	900,0	0,0705	0,9054	0,0775	424,06
				$X_{195}$	1000	1000,0	0,0413	0,7334	0,0454	475,42
				$X_{196}$	500	441,2	0,5293	1,7661	0,5822	172,85
				$X_{197}$	500	500,0	0,3239	1,3751	0,3563	202,20
				$X_{198}$	630	559,0	0,1613	1,1001	0,1774	269,20
				$X_{199}$	600	600,0	0,1276	0,9549	0,1404	221,86
s081	70,50	160	0,27	$X_{200}$	700	700,0	0,0584	0,7016	0,0642	273,81
				$X_{201}$	800	800,0	0,0298	0,5371	0,0327	329,57
				$X_{202}$	500	441,2	0,5293	1,7661	0,5822	172,85
				$X_{203}$	500	500,0	0,3239	1,3751	0,3563	202,20
				$X_{204}$	630	559,0	0,1613	1,1001	0,1774	269,20
				$X_{205}$	600	600,0	0,1276	0,9549	0,1404	221,86
s082	17,20	135	0,27	$X_{206}$	700	700,0	0,0584	0,7016	0,0642	273,81
				$X_{207}$	800	800,0	0,0298	0,5371	0,0327	329,57

Αγωγός	$h_i$ [m]	L [m]	Q [m <sup>3</sup> /sec]	Μετ/τη $X_i$	$D_{εξοτ.}$ [mm]	$D_{εσοτ.}$ [mm]	J %	V [m/s]	1,1·J %	$\delta$ €/m
s091	70,80	70	0,072	X <sub>208</sub>	250	220,6	1,3851	1,8838	1,5237	58,69
				X <sub>209</sub>	280	247,0	0,7825	1,5026	0,8608	59,32
				X <sub>210</sub>	315	278,0	0,4320	1,1862	0,4752	73,07
				X <sub>211</sub>	355	313,2	0,2380	0,9345	0,2618	92,08
				X <sub>212</sub>	400	353,0	0,1313	0,7357	0,1444	114,45
				X <sub>213</sub>	450	397,0	0,0734	0,5817	0,0808	141,45
s092	18,00	125	0,063	X <sub>214</sub>	250	220,6	1,0719	1,6483	1,1791	58,69
				X <sub>215</sub>	280	247,0	0,6065	1,3148	0,6671	59,32
				X <sub>216</sub>	315	278,0	0,3353	1,0379	0,3689	73,07
				X <sub>217</sub>	355	313,2	0,1851	0,8177	0,2036	92,08
				X <sub>218</sub>	400	353,0	0,1023	0,6437	0,1125	114,45
				X <sub>219</sub>	450	397,0	0,0573	0,5089	0,0630	141,45
L0911	70,50	250	0,027	X <sub>220</sub>	160	141,2	2,0164	1,7243	2,2180	20,54
				X <sub>221</sub>	180	158,8	1,1142	1,3632	1,2256	26,18
				X <sub>222</sub>	200	176,4	0,6571	1,1048	0,7228	31,80
				X <sub>223</sub>	225	198,6	0,3634	0,8716	0,3997	38,44
				X <sub>224</sub>	250	220,6	0,2156	0,7064	0,2371	58,69
				X <sub>225</sub>	280	247,0	0,1232	0,5635	0,1356	59,32
L0912	70,40	205	0,009	X <sub>226</sub>	110	97,0	1,6517	1,2179	1,8169	10,62
				X <sub>227</sub>	125	110,2	0,8710	0,9436	0,9581	13,31
				X <sub>228</sub>	140	123,6	0,4916	0,7501	0,5407	16,32
				X <sub>229</sub>	160	141,2	0,2542	0,5748	0,2796	20,54
L0921	72,00	110	0,036	X <sub>230</sub>	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
				X <sub>231</sub>	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				X <sub>232</sub>	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				X <sub>233</sub>	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				X <sub>234</sub>	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				X <sub>235</sub>	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
L0922	76,20	260	0,018	X <sub>236</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				X <sub>237</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>238</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>239</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>240</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
s101	17,00	70	0,234	X <sub>241</sub>	450	397,0	0,6849	1,8904	0,7534	141,45
				X <sub>242</sub>	500	441,2	0,4022	1,5306	0,4424	172,85
				X <sub>243</sub>	500	500,0	0,2450	1,1918	0,2696	202,20
				X <sub>244</sub>	630	559,0	0,1230	0,9535	0,1353	269,20
				X <sub>245</sub>	600	600,0	0,0968	0,8276	0,1064	221,86
				X <sub>246</sub>	700	700,0	0,0443	0,6080	0,0488	273,81
L1011	69,00	120	0,045	X <sub>247</sub>	200	176,4	1,7413	1,8413	1,9155	31,80
				X <sub>248</sub>	225	198,6	0,9567	1,4527	1,0524	38,44
				X <sub>249</sub>	250	220,6	0,5642	1,1774	0,6206	58,69
				X <sub>250</sub>	280	247,0	0,3205	0,9391	0,3526	59,32
				X <sub>251</sub>	315	278,0	0,1780	0,7414	0,1958	73,07
				X <sub>252</sub>	355	313,2	0,0986	0,5841	0,1085	92,08
L1012	68,50	140	0,036	X <sub>253</sub>	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
				X <sub>254</sub>	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				X <sub>255</sub>	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				X <sub>256</sub>	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				X <sub>257</sub>	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				X <sub>258</sub>	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
L1013	68,30	200	0,018	X <sub>259</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				X <sub>260</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>261</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>262</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>263</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44

Αγωγός	$h_i$ [m]	L [m]	Q [m <sup>3</sup> /sec]	Μετ/τη $X_i$	$D_{εξωτ.}$ [mm]	$D_{εσωτ.}$ [mm]	J %	V [m/s]	1,1·J %	$\delta$ €/m
s111	69,80	30	0,216	X <sub>264</sub>	450	397,0	0,5872	1,7450	0,6459	141,45
				X <sub>265</sub>	500	441,2	0,3451	1,4128	0,3796	172,85
				X <sub>266</sub>	500	500,0	0,2097	1,1001	0,2307	202,20
				X <sub>267</sub>	630	559,0	0,1057	0,8801	0,1163	269,20
				X <sub>268</sub>	600	600,0	0,0829	0,7639	0,0912	221,86
				X <sub>269</sub>	700	700,0	0,0380	0,5613	0,0418	273,81
s112	68,30	205	0,207	X <sub>270</sub>	450	397,0	0,5411	1,6722	0,5952	141,45
				X <sub>271</sub>	500	441,2	0,3182	1,3540	0,3500	172,85
				X <sub>272</sub>	500	500,0	0,1931	1,0542	0,2124	202,20
				X <sub>273</sub>	630	559,0	0,0976	0,8434	0,1073	269,20
				X <sub>274</sub>	600	600,0	0,0764	0,7321	0,0840	221,86
				X <sub>275</sub>	700	700,0	0,0351	0,5379	0,0386	273,81
s113	15,20	35	0,207	X <sub>276</sub>	450	397,0	0,5411	1,6722	0,5952	141,45
				X <sub>277</sub>	500	441,2	0,3182	1,3540	0,3500	172,85
				X <sub>278</sub>	500	500,0	0,1931	1,0542	0,2124	202,20
				X <sub>279</sub>	630	559,0	0,0976	0,8434	0,1073	269,20
				X <sub>280</sub>	600	600,0	0,0764	0,7321	0,0840	221,86
				X <sub>281</sub>	700	700,0	0,0351	0,5379	0,0386	273,81
s121	14,80	170	0,045	X <sub>282</sub>	200	176,4	1,7413	1,8413	1,9155	31,80
				X <sub>283</sub>	225	198,6	0,9567	1,4527	1,0524	38,44
				X <sub>284</sub>	250	220,6	0,5642	1,1774	0,6206	58,69
				X <sub>285</sub>	280	247,0	0,3205	0,9391	0,3526	59,32
				X <sub>286</sub>	315	278,0	0,1780	0,7414	0,1958	73,07
				X <sub>287</sub>	355	313,2	0,0986	0,5841	0,1085	92,08
L1211	67,00	195	0,009	X <sub>288</sub>	110	97,0	1,6517	1,2179	1,8169	10,62
				X <sub>289</sub>	125	110,2	0,8710	0,9436	0,9581	13,31
				X <sub>290</sub>	140	123,6	0,4916	0,7501	0,5407	16,32
				X <sub>291</sub>	160	141,2	0,2542	0,5748	0,2796	20,54
L1221	67,00	105	0,036	X <sub>292</sub>	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
				X <sub>293</sub>	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				X <sub>294</sub>	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				X <sub>295</sub>	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				X <sub>296</sub>	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				X <sub>297</sub>	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
L1222	66,20	210	0,018	X <sub>298</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				X <sub>299</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>300</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>301</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>302</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
s131	67,00	200	0,18	X <sub>303</sub>	400	353,0	0,7485	1,8392	0,8233	114,45
				X <sub>304</sub>	450	397,0	0,4140	1,4541	0,4554	141,45
				X <sub>305</sub>	500	441,2	0,2438	1,1774	0,2682	172,85
				X <sub>306</sub>	500	500,0	0,1472	0,9167	0,1620	202,20
				X <sub>307</sub>	630	559,0	0,0750	0,7334	0,0825	269,20
				X <sub>308</sub>	600	600,0	0,0584	0,6366	0,0642	221,86
s132	66,90	280	0,18	X <sub>309</sub>	400	353,0	0,7485	1,8392	0,8233	114,45
				X <sub>310</sub>	450	397,0	0,4140	1,4541	0,4554	141,45
				X <sub>311</sub>	500	441,2	0,2438	1,1774	0,2682	172,85
				X <sub>312</sub>	500	500,0	0,1472	0,9167	0,1620	202,20
				X <sub>313</sub>	630	559,0	0,0750	0,7334	0,0825	269,20
				X <sub>314</sub>	600	600,0	0,0584	0,6366	0,0642	221,86
s133	12,00	415	0,18	X <sub>315</sub>	400	353,0	0,7485	1,8392	0,8233	114,45
				X <sub>316</sub>	450	397,0	0,4140	1,4541	0,4554	141,45
				X <sub>317</sub>	500	441,2	0,2438	1,1774	0,2682	172,85
				X <sub>318</sub>	500	500,0	0,1472	0,9167	0,1620	202,20
				X <sub>319</sub>	630	559,0	0,0750	0,7334	0,0825	269,20
X <sub>320</sub>	600	600,0	0,0584	0,6366	0,0642	221,86				

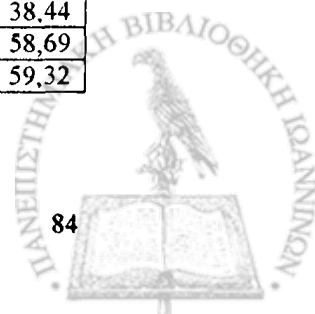


Αγωγός	$h_i$ [m]	L [m]	Q [m <sup>3</sup> /sec]	Μετ/τη $X_i$	$D_{εξωτ.}$ [mm]	$D_{εσωτ.}$ [mm]	J %	V [m/s]	1,1·J %	$\delta$ €/m
s141	10,00	200	0,063	X <sub>321</sub>	250	220,6	1,0719	1,6483	1,1791	58,69
				X <sub>322</sub>	280	247,0	0,6065	1,3148	0,6671	59,32
				X <sub>323</sub>	315	278,0	0,3353	1,0379	0,3689	73,07
				X <sub>324</sub>	355	313,2	0,1851	0,8177	0,2036	92,08
				X <sub>325</sub>	400	353,0	0,1023	0,6437	0,1125	114,45
				X <sub>326</sub>	450	397,0	0,0573	0,5089	0,0630	141,45
L1411	63,50	95	0,027	X <sub>327</sub>	160	141,2	2,0164	1,7243	2,2180	20,54
				X <sub>328</sub>	180	158,8	1,1142	1,3632	1,2256	26,18
				X <sub>329</sub>	200	176,4	0,6571	1,1048	0,7228	31,80
				X <sub>330</sub>	225	198,6	0,3634	0,8716	0,3997	38,44
				X <sub>331</sub>	250	220,6	0,2156	0,7064	0,2371	58,69
				X <sub>332</sub>	280	247,0	0,1232	0,5635	0,1356	59,32
L1412	63,80	220	0,018	X <sub>333</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				X <sub>334</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>335</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>336</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>337</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				X <sub>338</sub>	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
L1421	64,00	90	0,036	X <sub>339</sub>	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				X <sub>340</sub>	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				X <sub>341</sub>	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				X <sub>342</sub>	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				X <sub>343</sub>	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
				X <sub>344</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
L1422	65,00	185	0,018	X <sub>345</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>346</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>347</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>348</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				X <sub>349</sub>	355	313,2	0,8920	1,8691	0,9812	92,08
				X <sub>350</sub>	400	353,0	0,4879	1,4714	0,5367	114,45
s151	64,00	105	0,144	X <sub>351</sub>	450	397,0	0,2706	1,1633	0,2976	141,45
				X <sub>352</sub>	500	441,2	0,1597	0,9419	0,1757	172,85
				X <sub>353</sub>	500	500,0	0,0957	0,7334	0,1053	202,20
				X <sub>354</sub>	630	559,0	0,0494	0,5867	0,0543	269,20
				X <sub>355</sub>	600	600,0	0,0381	0,5093	0,0419	221,86
				X <sub>356</sub>	355	313,2	0,8920	1,8691	0,9812	92,08
s152	63,00	220	0,144	X <sub>357</sub>	400	353,0	0,4879	1,4714	0,5367	114,45
				X <sub>358</sub>	450	397,0	0,2706	1,1633	0,2976	141,45
				X <sub>359</sub>	500	441,2	0,1597	0,9419	0,1757	172,85
				X <sub>360</sub>	500	500,0	0,0957	0,7334	0,1053	202,20
				X <sub>361</sub>	630	559,0	0,0494	0,5867	0,0543	269,20
				X <sub>362</sub>	600	600,0	0,0381	0,5093	0,0419	221,86
s153	9,00	105	0,135	X <sub>363</sub>	355	313,2	0,7879	1,7523	0,8667	92,08
				X <sub>364</sub>	400	353,0	0,4313	1,3794	0,4744	114,45
				X <sub>365</sub>	450	397,0	0,2394	1,0906	0,2633	141,45
				X <sub>366</sub>	500	441,2	0,1414	0,8830	0,1555	172,85
				X <sub>367</sub>	500	500,0	0,0845	0,6875	0,0930	202,20
				X <sub>368</sub>	630	559,0	0,0438	0,5501	0,0482	269,20
L1511	61,50	170	0,054	X <sub>369</sub>	225	198,6	1,3563	1,7432	1,4919	38,44
				X <sub>370</sub>	250	220,6	0,7982	1,4128	0,8780	58,69
				X <sub>371</sub>	280	247,0	0,4525	1,1270	0,4977	59,32
				X <sub>372</sub>	315	278,0	0,2507	0,8896	0,2757	73,07
				X <sub>373</sub>	355	313,2	0,1386	0,7009	0,1525	92,08
				X <sub>374</sub>	400	353,0	0,0767	0,5518	0,0844	114,45

Αγοράς	$h_i$	L	Q	Μετ/τη	$D_{εξωτ.}$	$D_{εσωτ.}$	J	V	1,1·J	$\delta$
	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> /sec]	$X_i$	[mm]	[mm]	%	[m/s]	%	€/m
L1512	61,00	280	0,045	$X_{375}$	200	176,4	1,7413	1,8413	1,9155	31,80
				$X_{376}$	225	198,6	0,9567	1,4527	1,0524	38,44
				$X_{377}$	250	220,6	0,5642	1,1774	0,6206	58,69
				$X_{378}$	280	247,0	0,3205	0,9391	0,3526	59,32
				$X_{379}$	315	278,0	0,1780	0,7414	0,1958	73,07
				$X_{380}$	355	313,2	0,0986	0,5841	0,1085	92,08
L1513	60,50	235	0,036	$X_{381}$	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
				$X_{382}$	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				$X_{383}$	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				$X_{384}$	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				$X_{385}$	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				$X_{386}$	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
L1514	60,00	215	0,027	$X_{387}$	160	141,2	2,0164	1,7243	2,2180	20,54
				$X_{388}$	180	158,8	1,1142	1,3632	1,2256	26,18
				$X_{389}$	200	176,4	0,6571	1,1048	0,7228	31,80
				$X_{390}$	225	198,6	0,3634	0,8716	0,3997	38,44
				$X_{391}$	250	220,6	0,2156	0,7064	0,2371	58,69
				$X_{392}$	280	247,0	0,1232	0,5635	0,1356	59,32
L1515	59,50	215	0,018	$X_{393}$	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				$X_{394}$	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				$X_{395}$	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				$X_{396}$	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				$X_{397}$	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
L1516	59,00	220	0,009	$X_{398}$	110	97,0	1,6517	1,2179	1,8169	10,62
				$X_{399}$	125	110,2	0,8710	0,9436	0,9581	13,31
				$X_{400}$	140	123,6	0,4916	0,7501	0,5407	16,32
				$X_{401}$	160	141,2	0,2542	0,5748	0,2796	20,54
s161	62,50	235	0,108	$X_{402}$	315	278,0	0,9373	1,7793	1,0311	73,07
				$X_{403}$	355	313,2	0,5139	1,4018	0,5653	92,08
				$X_{404}$	400	353,0	0,2820	1,1035	0,3103	114,45
				$X_{405}$	450	397,0	0,1570	0,8725	0,1727	141,45
				$X_{406}$	500	441,2	0,0929	0,7064	0,1022	172,85
				$X_{407}$	500	500,0	0,0551	0,5500	0,0606	202,20
s162	62,00	405	0,108	$X_{408}$	315	278,0	0,9373	1,7793	1,0311	73,07
				$X_{409}$	355	313,2	0,5139	1,4018	0,5653	92,08
				$X_{410}$	400	353,0	0,2820	1,1035	0,3103	114,45
				$X_{411}$	450	397,0	0,1570	0,8725	0,1727	141,45
				$X_{412}$	500	441,2	0,0929	0,7064	0,1022	172,85
				$X_{413}$	500	500,0	0,0551	0,5500	0,0606	202,20
s163	61,80	305	0,099	$X_{414}$	315	278,0	0,7932	1,6310	0,8725	73,07
				$X_{415}$	355	313,2	0,4353	1,2850	0,4789	92,08
				$X_{416}$	400	353,0	0,2392	1,0116	0,2631	114,45
				$X_{417}$	450	397,0	0,1332	0,7998	0,1466	141,45
				$X_{418}$	500	441,2	0,0790	0,6476	0,0869	172,85
				$X_{419}$	500	500,0	0,0467	0,5042	0,0514	202,20
s164	63,50	180	0,090	$X_{420}$	280	247,0	1,2006	1,8783	1,3206	59,32
				$X_{421}$	315	278,0	0,6609	1,4827	0,7270	73,07
				$X_{422}$	355	313,2	0,3631	1,1682	0,3995	92,08
				$X_{423}$	400	353,0	0,1998	0,9196	0,2197	114,45
				$X_{424}$	450	397,0	0,1114	0,7271	0,1226	141,45
				$X_{425}$	500	441,2	0,0661	0,5887	0,0727	172,85
s165	11,00	160	0,090	$X_{426}$	280	247,0	1,2006	1,8783	1,3206	59,32
				$X_{427}$	315	278,0	0,6609	1,4827	0,7270	73,07
				$X_{428}$	355	313,2	0,3631	1,1682	0,3995	92,08
				$X_{429}$	400	353,0	0,1998	0,9196	0,2197	114,45
				$X_{430}$	450	397,0	0,1114	0,7271	0,1226	141,45
				$X_{431}$	500	441,2	0,0661	0,5887	0,0727	172,85

Αγωγός	$h_i$	L	Q	Μετ/τη	$D_{εξωτ.}$	$D_{εσωτ.}$	J	V	1,1·J	$\delta$
	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> /sec]	$X_i$	[mm]	[mm]	%	[m/s]	%	€/m
L1611	65,00	230	0,009	X <sub>432</sub>	110	97,0	1,6517	1,2179	1,8169	10,62
				X <sub>433</sub>	125	110,2	0,8710	0,9436	0,9581	13,31
				X <sub>434</sub>	140	123,6	0,4916	0,7501	0,5407	16,32
				X <sub>435</sub>	160	141,2	0,2542	0,5748	0,2796	20,54
L1621	63,00	230	0,018	X <sub>436</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				X <sub>437</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>438</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>439</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>440</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
s171	63,00	110	0,090	X <sub>441</sub>	280	247,0	1,2006	1,8783	1,3206	59,32
				X <sub>442</sub>	315	278,0	0,6609	1,4827	0,7270	73,07
				X <sub>443</sub>	355	313,2	0,3631	1,1682	0,3995	92,08
				X <sub>444</sub>	400	353,0	0,1998	0,9196	0,2197	114,45
				X <sub>445</sub>	450	397,0	0,1114	0,7271	0,1226	141,45
				X <sub>446</sub>	500	441,2	0,0661	0,5887	0,0727	172,85
s172	9,00	230	0,072	X <sub>447</sub>	250	220,6	1,3851	1,8838	1,5237	58,69
				X <sub>448</sub>	280	247,0	0,7825	1,5026	0,8608	59,32
				X <sub>449</sub>	315	278,0	0,4320	1,1862	0,4752	73,07
				X <sub>450</sub>	355	313,2	0,2380	0,9345	0,2618	92,08
				X <sub>451</sub>	400	353,0	0,1313	0,7357	0,1444	114,45
				X <sub>452</sub>	450	397,0	0,0734	0,5817	0,0808	141,45
L1711	61,00	100	0,036	X <sub>453</sub>	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
				X <sub>454</sub>	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				X <sub>455</sub>	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				X <sub>456</sub>	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				X <sub>457</sub>	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				X <sub>458</sub>	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
L1712	66,00	165	0,018	X <sub>459</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				X <sub>460</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>461</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>462</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>463</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
L1721	66,00	110	0,036	X <sub>464</sub>	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
				X <sub>465</sub>	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				X <sub>466</sub>	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				X <sub>467</sub>	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				X <sub>468</sub>	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
L1722	61,00	160	0,018	X <sub>469</sub>	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
				X <sub>470</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				X <sub>471</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>472</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>473</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
s181	70,00	130	0,351	X <sub>474</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				X <sub>475</sub>	500	500,0	0,5413	1,7876	0,5955	202,20
				X <sub>476</sub>	630	559,0	0,2659	1,4302	0,2925	269,20
				X <sub>477</sub>	600	600,0	0,2125	1,2414	0,2338	221,86
				X <sub>478</sub>	700	700,0	0,0968	0,9121	0,1065	273,81
				X <sub>479</sub>	800	800,0	0,0492	0,6983	0,0541	329,57
s182	67,60	280	0,342	X <sub>480</sub>	900	900,0	0,0272	0,5517	0,0299	424,06
				X <sub>481</sub>	500	500,0	0,5144	1,7418	0,5659	202,20
				X <sub>482</sub>	630	559,0	0,2531	1,3935	0,2784	269,20
				X <sub>483</sub>	600	600,0	0,2020	1,2096	0,2222	221,86
				X <sub>484</sub>	700	700,0	0,0921	0,8887	0,1013	273,81
				X <sub>485</sub>	800	800,0	0,0468	0,6804	0,0515	329,57
				X <sub>486</sub>	900	900,0	0,0258	0,5376	0,0284	424,06

Αγωγός	$h_i$	L	Q	Μετ/τη	$D_{εξ.οτ.}$	$D_{εσοτ.}$	J	V	1,1·J	$\delta$
	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> /sec]	$X_i$	[mm]	[mm]	%	[m/s]	%	€/m
s183	12,70	320	0,333	X <sub>487</sub>	500	500,0	0,4882	1,6960	0,5371	202,20
				X <sub>488</sub>	630	559,0	0,2405	1,3568	0,2645	269,20
				X <sub>489</sub>	600	600,0	0,1918	1,1777	0,2110	221,86
				X <sub>490</sub>	700	700,0	0,0875	0,8653	0,0962	273,81
				X <sub>491</sub>	800	800,0	0,0445	0,6625	0,0489	329,57
				X <sub>492</sub>	900	900,0	0,0246	0,5234	0,0270	424,06
				X <sub>493</sub>	1000	1000,0	0,0145	0,4240	0,0159	475,42
L1811	65,20	95	0,063	X <sub>494</sub>	250	220,6	1,0719	1,6483	1,1791	58,69
				X <sub>495</sub>	280	247,0	0,6065	1,3148	0,6671	59,32
				X <sub>496</sub>	315	278,0	0,3353	1,0379	0,3689	73,07
				X <sub>497</sub>	355	313,2	0,1851	0,8177	0,2036	92,08
				X <sub>498</sub>	400	353,0	0,1023	0,6437	0,1125	114,45
				X <sub>499</sub>	450	397,0	0,0573	0,5089	0,0630	141,45
				X <sub>500</sub>	200	176,4	1,7413	1,8413	1,9155	31,80
L1812	63,80	250	0,045	X <sub>501</sub>	225	198,6	0,9567	1,4527	1,0524	38,44
				X <sub>502</sub>	250	220,6	0,5642	1,1774	0,6206	58,69
				X <sub>503</sub>	280	247,0	0,3205	0,9391	0,3526	59,32
				X <sub>504</sub>	315	278,0	0,1780	0,7414	0,1958	73,07
				X <sub>505</sub>	355	313,2	0,0986	0,5841	0,1085	92,08
				X <sub>506</sub>	160	141,2	2,0164	1,7243	2,2180	20,54
L1813	63,00	180	0,027	X <sub>507</sub>	180	158,8	1,1142	1,3632	1,2256	26,18
				X <sub>508</sub>	200	176,4	0,6571	1,1048	0,7228	31,80
				X <sub>509</sub>	225	198,6	0,3634	0,8716	0,3997	38,44
				X <sub>510</sub>	250	220,6	0,2156	0,7064	0,2371	58,69
				X <sub>511</sub>	280	247,0	0,1232	0,5635	0,1356	59,32
				X <sub>512</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
L1814	62,00	120	0,018	X <sub>513</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>514</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>515</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>516</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				X <sub>517</sub>	280	247,0	1,2006	1,8783	1,3206	59,32
s191	65,50	305	0,090	X <sub>518</sub>	315	278,0	0,6609	1,4827	0,7270	73,07
				X <sub>519</sub>	355	313,2	0,3631	1,1682	0,3995	92,08
				X <sub>520</sub>	400	353,0	0,1998	0,9196	0,2197	114,45
				X <sub>521</sub>	450	397,0	0,1114	0,7271	0,1226	141,45
				X <sub>522</sub>	500	441,2	0,0661	0,5887	0,0727	172,85
				X <sub>523</sub>	280	247,0	0,9806	1,6904	1,0786	59,32
s192	12,80	140	0,081	X <sub>524</sub>	315	278,0	0,5405	1,3345	0,5945	73,07
				X <sub>525</sub>	355	313,2	0,2974	1,0514	0,3271	92,08
				X <sub>526</sub>	400	353,0	0,1638	0,8276	0,1802	114,45
				X <sub>527</sub>	450	397,0	0,0915	0,6544	0,1006	141,45
				X <sub>528</sub>	500	441,2	0,0543	0,5298	0,0598	172,85
				X <sub>529</sub>	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
L1911	64,50	180	0,036	X <sub>530</sub>	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				X <sub>531</sub>	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				X <sub>532</sub>	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				X <sub>533</sub>	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				X <sub>534</sub>	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
				X <sub>535</sub>	160	141,2	2,0164	1,7243	2,2180	20,54
L1912	64,00	100	0,027	X <sub>536</sub>	180	158,8	1,1142	1,3632	1,2256	26,18
				X <sub>537</sub>	200	176,4	0,6571	1,1048	0,7228	31,80
				X <sub>538</sub>	225	198,6	0,3634	0,8716	0,3997	38,44
				X <sub>539</sub>	250	220,6	0,2156	0,7064	0,2371	58,69
				X <sub>540</sub>	280	247,0	0,1232	0,5635	0,1356	59,32



Αγωγός	$h_i$	L	Q	Μετ/τη	$D_{εξοτ.}$	$D_{εσοτ.}$	J	V	1,1·J	$\delta$
	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> /sec]	$X_i$	[mm]	[mm]	%	[m/s]	%	€/m
L1913	62,00	265	0,018	$X_{541}$	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				$X_{542}$	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				$X_{543}$	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				$X_{544}$	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				$X_{545}$	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
s201	65,50	275	0,045	$X_{546}$	200	176,4	1,7413	1,8413	1,9155	31,80
				$X_{547}$	225	198,6	0,9567	1,4527	1,0524	38,44
				$X_{548}$	250	220,6	0,5642	1,1774	0,6206	58,69
				$X_{549}$	280	247,0	0,3205	0,9391	0,3526	59,32
				$X_{550}$	315	278,0	0,1780	0,7414	0,1958	73,07
				$X_{551}$	355	313,2	0,0986	0,5841	0,1085	92,08
s202	12,00	130	0,036	$X_{552}$	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
				$X_{553}$	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				$X_{554}$	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				$X_{555}$	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				$X_{556}$	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				$X_{557}$	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
				$X_{558}$	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
L2011	62,50	395	0,018	$X_{559}$	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				$X_{560}$	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				$X_{561}$	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				$X_{562}$	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				$X_{563}$	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
L2021	64,00	100	0,018	$X_{564}$	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				$X_{565}$	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				$X_{566}$	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				$X_{567}$	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				$X_{568}$	110	97,0	1,6517	1,2179	1,8169	10,62
L2022	63,00	195	0,009	$X_{569}$	125	110,2	0,8710	0,9436	0,9581	13,31
				$X_{570}$	140	123,6	0,4916	0,7501	0,5407	16,32
				$X_{571}$	160	141,2	0,2542	0,5748	0,2796	20,54
				$X_{572}$	500	441,2	0,5293	1,7661	0,5822	172,85
s211	65,80	450	0,27	$X_{573}$	500	500,0	0,3239	1,3751	0,3563	202,20
				$X_{574}$	630	559,0	0,1613	1,1001	0,1774	269,20
				$X_{575}$	600	600,0	0,1276	0,9549	0,1404	221,86
				$X_{576}$	700	700,0	0,0584	0,7016	0,0642	273,81
				$X_{577}$	800	800,0	0,0298	0,5371	0,0327	329,57
				$X_{578}$	500	441,2	0,4959	1,7072	0,5455	172,85
s212	65,00	170	0,261	$X_{579}$	500	500,0	0,3032	1,3293	0,3335	202,20
				$X_{580}$	630	559,0	0,1512	1,0635	0,1664	269,20
				$X_{581}$	600	600,0	0,1195	0,9231	0,1315	221,86
				$X_{582}$	700	700,0	0,0547	0,6782	0,0601	273,81
				$X_{583}$	800	800,0	0,0279	0,5192	0,0307	329,57
				$X_{584}$	450	397,0	0,7901	2,0358	0,8691	141,45
s213	11,50	265	0,252	$X_{585}$	500	441,2	0,4636	1,6483	0,5100	172,85
				$X_{586}$	500	500,0	0,2831	1,2834	0,3114	202,20
				$X_{587}$	630	559,0	0,1415	1,0268	0,1557	269,20
				$X_{588}$	600	600,0	0,1117	0,8913	0,1228	221,86
				$X_{589}$	700	700,0	0,0511	0,6548	0,0562	273,81
				$X_{590}$	800	800,0	0,0261	0,5013	0,0287	329,57
				$X_{591}$	200	176,4	1,7413	1,8413	1,9155	31,80
				$X_{592}$	225	198,6	0,9567	1,4527	1,0524	38,44
L2111	65,00	170	0,045	$X_{593}$	250	220,6	0,5642	1,1774	0,6206	58,69
				$X_{594}$	280	247,0	0,3205	0,9391	0,3526	59,32
				$X_{595}$	315	278,0	0,1780	0,7414	0,1958	73,07
				$X_{596}$	355	313,2	0,0986	0,5841	0,1085	92,08



Αγωγός	$h_i$	L	Q	Μετ/τη	$D_{εξωτ.}$	$D_{εσωτ.}$	J	V	1,1·J	$\delta$
	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> /sec]	$X_i$	[mm]	[mm]	%	[m/s]	%	€/m
L2112	65,50	170	0,027	$X_{597}$	160	141,2	2,0164	1,7243	2,2180	20,54
				$X_{598}$	180	158,8	1,1142	1,3632	1,2256	26,18
				$X_{599}$	200	176,4	0,6571	1,1048	0,7228	31,80
				$X_{600}$	225	198,6	0,3634	0,8716	0,3997	38,44
				$X_{601}$	250	220,6	0,2156	0,7064	0,2371	58,69
				$X_{602}$	280	247,0	0,1232	0,5635	0,1356	59,32
L2113	66,20	130	0,018	$X_{603}$	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				$X_{604}$	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				$X_{605}$	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				$X_{606}$	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				$X_{607}$	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				$X_{608}$	450	397,0	0,6849	1,8904	0,7534	141,45
s221	64,00	105	0,234	$X_{609}$	500	441,2	0,4022	1,5306	0,4424	172,85
				$X_{610}$	500	500,0	0,2450	1,1918	0,2696	202,20
				$X_{611}$	630	559,0	0,1230	0,9535	0,1353	269,20
				$X_{612}$	600	600,0	0,0968	0,8276	0,1064	221,86
				$X_{613}$	700	700,0	0,0443	0,6080	0,0488	273,81
				$X_{614}$	450	397,0	0,6351	1,8177	0,6986	141,45
s222	10,50	115	0,225	$X_{615}$	500	441,2	0,3731	1,4717	0,4104	172,85
				$X_{616}$	500	500,0	0,2270	1,1459	0,2497	202,20
				$X_{617}$	630	559,0	0,1142	0,9168	0,1256	269,20
				$X_{618}$	600	600,0	0,0897	0,7958	0,0987	221,86
				$X_{619}$	700	700,0	0,0411	0,5847	0,0452	273,81
				$X_{620}$	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
L2211	63,00	90	0,036	$X_{621}$	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				$X_{622}$	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				$X_{623}$	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				$X_{624}$	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				$X_{625}$	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
				$X_{626}$	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
L2212	61,50	205	0,018	$X_{627}$	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				$X_{628}$	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				$X_{629}$	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				$X_{630}$	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				$X_{631}$	450	397,0	0,5411	1,6722	0,5952	141,45
				$X_{632}$	500	441,2	0,3182	1,3540	0,3500	172,85
s231	62,80	255	0,207	$X_{633}$	500	500,0	0,1931	1,0542	0,2124	202,20
				$X_{634}$	630	559,0	0,0976	0,8434	0,1073	269,20
				$X_{635}$	600	600,0	0,0764	0,7321	0,0840	221,86
				$X_{636}$	700	700,0	0,0351	0,5379	0,0386	273,81
				$X_{637}$	400	353,0	0,8993	2,0231	0,9892	114,45
				$X_{638}$	450	397,0	0,4969	1,5995	0,5466	141,45
s232	63,50	165	0,198	$X_{639}$	500	441,2	0,2923	1,2951	0,3215	172,85
				$X_{640}$	500	500,0	0,1771	1,0084	0,1948	202,20
				$X_{641}$	630	559,0	0,0897	0,8068	0,0987	269,20
				$X_{642}$	600	600,0	0,0701	0,7003	0,0771	221,86
				$X_{643}$	700	700,0	0,0322	0,5145	0,0354	273,81
				$X_{644}$	400	353,0	0,8222	1,9312	0,9044	114,45
s233	10,90	80	0,189	$X_{645}$	450	397,0	0,4545	1,5268	0,5000	141,45
				$X_{646}$	500	441,2	0,2675	1,2362	0,2942	172,85
				$X_{647}$	500	500,0	0,1618	0,9626	0,1780	202,20
				$X_{648}$	630	559,0	0,0822	0,7701	0,0904	269,20
				$X_{649}$	600	600,0	0,0641	0,6685	0,0705	221,86



Αγωγός	$h_i$	L	Q	Μετ/τη	$D_{εξωτ.}$	$D_{εσωτ.}$	J	V	1,1·J	$\delta$
	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> /sec]	$X_i$	[mm]	[mm]	%	[m/s]	%	€/m
L2311	64,10	135	0,063	$X_{650}$	250	220,6	1,0719	1,6483	1,1791	58,69
				$X_{651}$	280	247,0	0,6065	1,3148	0,6671	59,32
				$X_{652}$	315	278,0	0,3353	1,0379	0,3689	73,07
				$X_{653}$	355	313,2	0,1851	0,8177	0,2036	92,08
				$X_{654}$	400	353,0	0,1023	0,6437	0,1125	114,45
				$X_{655}$	450	397,0	0,0573	0,5089	0,0630	141,45
L2312	65,00	260	0,054	$X_{656}$	225	198,6	1,3563	1,7432	1,4919	38,44
				$X_{657}$	250	220,6	0,7982	1,4128	0,8780	58,69
				$X_{658}$	280	247,0	0,4525	1,1270	0,4977	59,32
				$X_{659}$	315	278,0	0,2507	0,8896	0,2757	73,07
				$X_{660}$	355	313,2	0,1386	0,7009	0,1525	92,08
				$X_{661}$	400	353,0	0,0767	0,5518	0,0844	114,45
L2313	67,00	235	0,036	$X_{662}$	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
				$X_{663}$	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				$X_{664}$	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				$X_{665}$	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				$X_{666}$	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				$X_{667}$	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
L2314	68,20	235	0,018	$X_{668}$	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				$X_{669}$	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				$X_{670}$	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				$X_{671}$	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				$X_{672}$	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				$X_{673}$	400	353,0	0,6113	1,6553	0,6725	114,45
s241	11,00	145	0,162	$X_{674}$	450	397,0	0,3386	1,3087	0,3724	141,45
				$X_{675}$	500	441,2	0,1996	1,0596	0,2195	172,85
				$X_{676}$	500	500,0	0,1201	0,8251	0,1321	202,20
				$X_{677}$	630	559,0	0,0616	0,6601	0,0677	269,20
				$X_{678}$	600	600,0	0,0477	0,5730	0,0525	221,86
				$X_{679}$	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
L2411	63,00	110	0,036	$X_{680}$	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				$X_{681}$	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				$X_{682}$	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				$X_{683}$	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				$X_{684}$	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
				$X_{685}$	160	141,2	2,0164	1,7243	2,2180	20,54
L2412	61,00	260	0,027	$X_{686}$	180	158,8	1,1142	1,3632	1,2256	26,18
				$X_{687}$	200	176,4	0,6571	1,1048	0,7228	31,80
				$X_{688}$	225	198,6	0,3634	0,8716	0,3997	38,44
				$X_{689}$	250	220,6	0,2156	0,7064	0,2371	58,69
				$X_{690}$	280	247,0	0,1232	0,5635	0,1356	59,32
				$X_{691}$	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
L2413	60,20	370	0,018	$X_{692}$	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				$X_{693}$	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				$X_{694}$	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				$X_{695}$	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				$X_{696}$	110	97,0	1,6517	1,2179	1,8169	10,62
				$X_{697}$	125	110,2	0,8710	0,9436	0,9581	13,31
L2414	60,80	200	0,009	$X_{698}$	140	123,6	0,4916	0,7501	0,5407	16,32
				$X_{699}$	160	141,2	0,2542	0,5748	0,2796	20,54
				$X_{700}$	355	313,2	0,8920	1,8691	0,9812	92,08
				$X_{701}$	400	353,0	0,4879	1,4714	0,5367	114,45
s251	11,00	65	0,144	$X_{702}$	450	397,0	0,2706	1,1633	0,2976	141,45
				$X_{703}$	500	441,2	0,1597	0,9419	0,1757	172,85
				$X_{704}$	500	500,0	0,0957	0,7334	0,1053	202,20
				$X_{705}$	630	559,0	0,0494	0,5867	0,0543	269,20
				$X_{706}$	600	600,0	0,0381	0,5093	0,0419	221,86

Αγωγός	h <sub>i</sub> [m]	L [m]	Q [m <sup>3</sup> /sec]	Μετ/τη X <sub>i</sub>	D <sub>εξωτ.</sub> [mm]	D <sub>εσωτ.</sub> [mm]	J %	V [m/s]	1,1·J %	δ €/m
L2511	61,50	315	0,018	X <sub>707</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				X <sub>708</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>709</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>710</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>711</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
L2512	61,00	505	0,009	X <sub>712</sub>	110	97,0	1,6517	1,2179	1,8169	10,62
				X <sub>713</sub>	125	110,2	0,8710	0,9436	0,9581	13,31
				X <sub>714</sub>	140	123,6	0,4916	0,7501	0,5407	16,32
				X <sub>715</sub>	160	141,2	0,2542	0,5748	0,2796	20,54
s261	63,80	75	0,135	X <sub>716</sub>	355	313,2	0,7879	1,7523	0,8667	92,08
				X <sub>717</sub>	400	353,0	0,4313	1,3794	0,4744	114,45
				X <sub>718</sub>	450	397,0	0,2394	1,0906	0,2633	141,45
				X <sub>719</sub>	500	441,2	0,1414	0,8830	0,1555	172,85
				X <sub>720</sub>	500	500,0	0,0845	0,6875	0,0930	202,20
				X <sub>721</sub>	630	559,0	0,0438	0,5501	0,0482	269,20
s262	63,60	185	0,126	X <sub>722</sub>	355	313,2	0,6902	1,6355	0,7592	92,08
				X <sub>723</sub>	400	353,0	0,3781	1,2875	0,4159	114,45
				X <sub>724</sub>	450	397,0	0,2100	1,0179	0,2310	141,45
				X <sub>725</sub>	500	441,2	0,1241	0,8242	0,1366	172,85
				X <sub>726</sub>	500	500,0	0,0740	0,6417	0,0815	202,20
				X <sub>727</sub>	630	559,0	0,0385	0,5134	0,0424	269,20
s263	64,10	135	0,117	X <sub>728</sub>	315	278,0	1,2612	1,9276	1,3873	73,07
				X <sub>729</sub>	355	313,2	0,6902	1,5186	0,7592	92,08
				X <sub>730</sub>	400	353,0	0,3781	1,1955	0,4159	114,45
				X <sub>731</sub>	450	397,0	0,2100	0,9452	0,2310	141,45
				X <sub>732</sub>	500	441,2	0,1241	0,7653	0,1366	172,85
				X <sub>733</sub>	500	500,0	0,0740	0,5959	0,0815	202,20
s264	11,90	130	0,108	X <sub>734</sub>	315	278,0	0,9373	1,7793	1,0311	73,07
				X <sub>735</sub>	355	313,2	0,5139	1,4018	0,5653	92,08
				X <sub>736</sub>	400	353,0	0,2820	1,1035	0,3103	114,45
				X <sub>737</sub>	450	397,0	0,1570	0,8725	0,1727	141,45
				X <sub>738</sub>	500	441,2	0,0929	0,7064	0,1022	172,85
				X <sub>739</sub>	500	500,0	0,0551	0,5500	0,0606	202,20
L2611	62,00	285	0,036	X <sub>740</sub>	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
				X <sub>741</sub>	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				X <sub>742</sub>	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				X <sub>743</sub>	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				X <sub>744</sub>	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				X <sub>745</sub>	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
L2612	61,00	180	0,018	X <sub>746</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				X <sub>747</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>748</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>749</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>750</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
				X <sub>751</sub>	200	176,4	1,7413	1,8413	1,9155	31,80
s271	65,30	215	0,045	X <sub>752</sub>	225	198,6	0,9567	1,4527	1,0524	38,44
				X <sub>753</sub>	250	220,6	0,5642	1,1774	0,6206	58,69
				X <sub>754</sub>	280	247,0	0,3205	0,9391	0,3526	59,32
				X <sub>755</sub>	315	278,0	0,1780	0,7414	0,1958	73,07
				X <sub>756</sub>	355	313,2	0,0986	0,5841	0,1085	92,08
				X <sub>757</sub>	160	141,2	2,0164	1,7243	2,2180	20,54
s272	12,50	65	0,027	X <sub>758</sub>	180	158,8	1,1142	1,3632	1,2256	26,18
				X <sub>759</sub>	200	176,4	0,6571	1,1048	0,7228	31,80
				X <sub>760</sub>	225	198,6	0,3634	0,8716	0,3997	38,44
				X <sub>761</sub>	250	220,6	0,2156	0,7064	0,2371	58,69
				X <sub>762</sub>	280	247,0	0,1232	0,5635	0,1356	59,32



Αγωγός	$h_i$	L	Q	Μετ/τη	$D_{εξοτ.}$	$D_{εσοτ.}$	J	V	1,1·J	$\delta$
	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> /sec]	$X_i$	[mm]	[mm]	%	[m/s]	%	€/m
L2711	65,60	310	0,018	X <sub>763</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				X <sub>764</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>765</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>766</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>767</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
L2712	65,80	195	0,009	X <sub>768</sub>	110	97,0	1,6517	1,2179	1,8169	10,62
				X <sub>769</sub>	125	110,2	0,8710	0,9436	0,9581	13,31
				X <sub>770</sub>	140	123,6	0,4916	0,7501	0,5407	16,32
				X <sub>771</sub>	160	141,2	0,2542	0,5748	0,2796	20,54
L2721	66,00	170	0,009	X <sub>772</sub>	110	97,0	1,6517	1,2179	1,8169	10,62
				X <sub>773</sub>	125	110,2	0,8710	0,9436	0,9581	13,31
				X <sub>774</sub>	140	123,6	0,4916	0,7501	0,5407	16,32
				X <sub>775</sub>	160	141,2	0,2542	0,5748	0,2796	20,54
s281	64,00	130	0,090	X <sub>776</sub>	280	247,0	1,2006	1,8783	1,3206	59,32
				X <sub>777</sub>	315	278,0	0,6609	1,4827	0,7270	73,07
				X <sub>778</sub>	355	313,2	0,3631	1,1682	0,3995	92,08
				X <sub>779</sub>	400	353,0	0,1998	0,9196	0,2197	114,45
				X <sub>780</sub>	450	397,0	0,1114	0,7271	0,1226	141,45
				X <sub>781</sub>	500	441,2	0,0661	0,5887	0,0727	172,85
s282	10,80	60	0,072	X <sub>782</sub>	250	220,6	1,3851	1,8838	1,5237	58,69
				X <sub>783</sub>	280	247,0	0,7825	1,5026	0,8608	59,32
				X <sub>784</sub>	315	278,0	0,4320	1,1862	0,4752	73,07
				X <sub>785</sub>	355	313,2	0,2380	0,9345	0,2618	92,08
				X <sub>786</sub>	400	353,0	0,1313	0,7357	0,1444	114,45
				X <sub>787</sub>	450	397,0	0,0734	0,5817	0,0808	141,45
L2811	62,00	260	0,018	X <sub>788</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				X <sub>789</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>790</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>791</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>792</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
L2812	61,00	455	0,009	X <sub>793</sub>	110	97,0	1,6517	1,2179	1,8169	10,62
				X <sub>794</sub>	125	110,2	0,8710	0,9436	0,9581	13,31
				X <sub>795</sub>	140	123,6	0,4916	0,7501	0,5407	16,32
				X <sub>796</sub>	160	141,2	0,2542	0,5748	0,2796	20,54
s291	63,60	145	0,054	X <sub>797</sub>	225	198,6	1,3563	1,7432	1,4919	38,44
				X <sub>798</sub>	250	220,6	0,7982	1,4128	0,8780	58,69
				X <sub>799</sub>	280	247,0	0,4525	1,1270	0,4977	59,32
				X <sub>800</sub>	315	278,0	0,2507	0,8896	0,2757	73,07
				X <sub>801</sub>	355	313,2	0,1386	0,7009	0,1525	92,08
				X <sub>802</sub>	400	353,0	0,0767	0,5518	0,0844	114,45
s292	63,50	260	0,036	X <sub>803</sub>	180	158,8	1,9318	1,8177	2,1249	26,18
				X <sub>804</sub>	200	176,4	1,1356	1,4730	1,2491	31,80
				X <sub>805</sub>	225	198,6	0,6256	1,1621	0,6882	38,44
				X <sub>806</sub>	250	220,6	0,3699	0,9419	0,4069	58,69
				X <sub>807</sub>	280	247,0	0,2107	0,7513	0,2318	59,32
				X <sub>808</sub>	315	278,0	0,1173	0,5931	0,1291	73,07
s293	10,00	130	0,018	X <sub>809</sub>	140	123,6	1,8199	1,5002	2,0019	16,32
				X <sub>810</sub>	160	141,2	0,9310	1,1495	1,0241	20,54
				X <sub>811</sub>	180	158,8	0,5172	0,9088	0,5689	26,18
				X <sub>812</sub>	200	176,4	0,3065	0,7365	0,3371	31,80
				X <sub>813</sub>	225	198,6	0,1704	0,5811	0,1874	38,44
L2911	62,50	200	0,009	X <sub>814</sub>	110	97,0	1,6517	1,2179	1,8169	10,62
				X <sub>815</sub>	125	110,2	0,8710	0,9436	0,9581	13,31
				X <sub>816</sub>	140	123,6	0,4916	0,7501	0,5407	16,32
				X <sub>817</sub>	160	141,2	0,2542	0,5748	0,2796	20,54

Αγωγός	$h_i$	L	Q	Μετ/τη	$D_{εξωτ.}$	$D_{εσωτ.}$	J	V	1,1J	$\delta$
	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> /sec]	$X_i$	[mm]	[mm]	%	[m/s]	%	€/m
L2921	63,90	225	0,009	$X_{818}$	110	97,0	1,6517	1,2179	1,8169	10,62
				$X_{819}$	125	110,2	0,8710	0,9436	0,9581	13,31
				$X_{820}$	140	123,6	0,4916	0,7501	0,5407	16,32
				$X_{821}$	160	141,2	0,2542	0,5748	0,2796	20,54

## 8.2. Υπολογισμός του ελαχίστου κόστους του δικτύου

Για δεδομένο μανομετρικό ύψος του αντλιοστασίου, το ελάχιστο κόστος του δικτύου σωληνώσεων,  $P_{\Delta}$ , προκύπτει από την ελαχιστοποιημένη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης όταν ισχύουν οι συγκεκριμένοι περιορισμοί, δομής και μη αρνητικότητας.

### 8.2.1. Η αντικειμενική συνάρτηση

Το προς επίλυση πρόβλημα είναι : Να ελαχιστοποιηθεί η συνάρτηση  $f(X) = C \cdot X$ .

όπου :  $C = (C_1 \dots C_i \dots C_n)$  ,  $X = (X_1 \dots X_i \dots X_n)^T$

και  $C_i = (\delta_{i1} \dots \delta_{ij} \dots \delta_{ik})$  ,  $X_i = (x_{i1} \dots x_{ij} \dots x_{ik})^T$

$x_{11}, x_{12}, \dots, x_{nk}$ , οι μεταβλητές αποφάσεων ( decision variables) [m].

$\delta_{ij}$  είναι το ανά μέτρο μήκους κόστος του αγωγού ij [€/m].

n είναι ο συνολικός αριθμός των αγωγών του δικτύου.

k είναι ο συνολικός αριθμός αποδεκτών διαμέτρων κάθε αγωγού η οποία για τα δεδομένα του προβλήματος παίρνει την ακόλουθη αναλυτική μορφή:

$$\begin{aligned}
 f(X) = & 273,81X_1 + 329,57X_2 + 424,06X_3 + 475,42X_4 + 273,81X_5 + 329,57X_6 + 424,06X_7 + \\
 & 475,42X_8 + 273,81X_9 + 329,57X_{10} + 424,06X_{11} + 475,42X_{12} + 273,81X_{13} + 329,57X_{14} + \\
 & 424,06X_{15} + 475,42X_{16} + 273,81X_{17} + 329,57X_{18} + 424,06X_{19} + 475,42X_{20} + 26,18X_{21} + \\
 & 31,80X_{22} + 38,44X_{23} + 58,69X_{24} + 59,32X_{25} + 73,07X_{26} + 16,32X_{27} + 20,54X_{28} + 26,18X_{29} + \\
 & 31,80X_{30} + 38,44X_{31} + 221,86X_{32} + 273,81X_{33} + 329,57X_{34} + 424,06X_{35} + 475,42X_{36} + \\
 & 221,86X_{37} + 273,81X_{38} + 329,57X_{39} + 424,06X_{40} + 475,42X_{41} + 26,18X_{42} + 31,80X_{43} + \\
 & 38,44X_{44} + 58,69X_{45} + 59,32X_{46} + 73,07X_{47} + 16,32X_{48} + 20,54X_{49} + 26,18X_{50} + 31,80X_{51} + \\
 & 38,44X_{52} + 221,86X_{53} + 273,81X_{54} + 329,57X_{55} + 424,06X_{56} + 475,42X_{57} + 221,86X_{58} + \\
 & 273,81X_{59} + 329,57X_{60} + 424,06X_{61} + 475,42X_{62} + 73,07X_{63} + 92,08X_{64} + 114,45X_{65} + \\
 & 141,45X_{66} + 172,85X_{67} + 202,20X_{68} + 20,54X_{69} + 26,18X_{70} + 31,80X_{71} + 38,44X_{72} + \\
 & 58,69X_{73} + 59,32X_{74} + 16,32X_{75} + 20,54X_{76} + 26,18X_{77} + 31,80X_{78} + 38,44X_{79} + 59,32X_{80} + \\
 & 73,07X_{81} + 92,08X_{82} + 114,45X_{83} + 141,45X_{84} + 172,85X_{85} + 59,32X_{86} + 73,07X_{87} + \\
 & 92,08X_{88} + 114,45X_{89} + 141,45X_{90} + 172,85X_{91} + 59,32X_{92} + 73,07X_{93} + 92,08X_{94} + \\
 & 114,45X_{95} + 141,45X_{96} + 172,85X_{97} + 59,32X_{98} + 73,07X_{99} + 92,08X_{100} + 114,45X_{101} + \\
 & 141,45X_{102} + 172,85X_{103} + 31,80X_{104} + 38,44X_{105} + 58,69X_{106} + 59,32X_{107} + 73,07X_{108} + \\
 & 92,08X_{109} + 26,18X_{110} + 31,80X_{111} + 38,44X_{112} + 58,69X_{113} + 59,32X_{114} + 73,07X_{115} + \\
 & 20,54X_{116} + 26,18X_{117} + 31,80X_{118} + 38,44X_{119} + 58,69X_{120} + 59,32X_{121} + 16,32X_{122} + \\
 & 20,54X_{123} + 26,18X_{124} + 31,80X_{125} + 38,44X_{126} + 10,62X_{127} + 13,31X_{128} + 16,32X_{129} + \\
 & 20,54X_{130} + 26,18X_{131} + 31,80X_{132} + 38,44X_{133} + 58,69X_{134} + 59,32X_{135} + 73,07X_{136} + \\
 & 20,54X_{137} + 26,18X_{138} + 31,80X_{139} + 38,44X_{140} + 58,69X_{141} + 59,32X_{142} + 16,32X_{143} + \\
 & 20,54X_{144} + 26,18X_{145} + 31,80X_{146} + 38,44X_{147} + 10,62X_{148} + 13,31X_{149} + 16,32X_{150} + \\
 & 20,54X_{151} + 59,32X_{152} + 73,07X_{153} + 92,08X_{154} + 114,45X_{155} + 141,45X_{156} + 172,85X_{157} + \\
 & 58,69X_{158} + 59,32X_{159} + 73,07X_{160} + 92,08X_{161} + 114,45X_{162} + 141,45X_{163} + 26,18X_{164} + \\
 & 31,80X_{165} + 38,44X_{166} + 58,69X_{167} + 59,32X_{168} + 73,07X_{169} + 16,32X_{170} + 20,54X_{171} + \\
 & 26,18X_{172} + 31,80X_{173} + 38,44X_{174} + 26,18X_{175} + 31,80X_{176} + 38,44X_{177} + 58,69X_{178} +
 \end{aligned}$$



59,32X<sub>179</sub> + 73,07X<sub>180</sub> + 16,32X<sub>181</sub> + 20,54X<sub>182</sub> + 26,18X<sub>183</sub> + 31,80X<sub>184</sub> + 38,44X<sub>185</sub> +  
 221,86X<sub>186</sub> + 273,81X<sub>187</sub> + 329,57X<sub>188</sub> + 424,06X<sub>189</sub> + 475,42X<sub>190</sub> + 221,86X<sub>191</sub> +  
 273,81X<sub>192</sub> + 329,57X<sub>193</sub> + 424,06X<sub>194</sub> + 475,42X<sub>195</sub> + 172,85X<sub>196</sub> + 202,20X<sub>197</sub> +  
 269,20X<sub>198</sub> + 221,86X<sub>199</sub> + 273,81X<sub>200</sub> + 329,57X<sub>201</sub> + 172,85X<sub>202</sub> + 202,20X<sub>203</sub> +  
 269,20X<sub>204</sub> + 221,86X<sub>205</sub> + 273,81X<sub>206</sub> + 329,57X<sub>207</sub> + 58,69X<sub>208</sub> + 59,32X<sub>209</sub> + 73,07X<sub>210</sub> +  
 92,08X<sub>211</sub> + 114,45X<sub>212</sub> + 141,45X<sub>213</sub> + 58,69X<sub>214</sub> + 59,32X<sub>215</sub> + 73,07X<sub>216</sub> + 92,08X<sub>217</sub> +  
 114,45X<sub>218</sub> + 141,45X<sub>219</sub> + 20,54X<sub>220</sub> + 26,18X<sub>221</sub> + 31,80X<sub>222</sub> + 38,44X<sub>223</sub> + 58,69X<sub>224</sub> +  
 59,32X<sub>225</sub> + 10,62X<sub>226</sub> + 13,31X<sub>227</sub> + 16,32X<sub>228</sub> + 20,54X<sub>229</sub> + 26,18X<sub>230</sub> + 31,80X<sub>231</sub> +  
 38,44X<sub>232</sub> + 58,69X<sub>233</sub> + 59,32X<sub>234</sub> + 73,07X<sub>235</sub> + 16,32X<sub>236</sub> + 20,54X<sub>237</sub> + 26,18X<sub>238</sub> +  
 31,80X<sub>239</sub> + 38,44X<sub>240</sub> + 141,45X<sub>241</sub> + 172,85X<sub>242</sub> + 202,20X<sub>243</sub> + 269,20X<sub>244</sub> + 221,86X<sub>245</sub>  
 + 273,81X<sub>246</sub> + 31,80X<sub>247</sub> + 38,44X<sub>248</sub> + 58,69X<sub>249</sub> + 59,32X<sub>250</sub> + 73,07X<sub>251</sub> + 92,08X<sub>252</sub> +  
 26,18X<sub>253</sub> + 31,80X<sub>254</sub> + 38,44X<sub>255</sub> + 58,69X<sub>256</sub> + 59,32X<sub>257</sub> + 73,07X<sub>258</sub> + 16,32X<sub>259</sub> +  
 20,54X<sub>260</sub> + 26,18X<sub>261</sub> + 31,80X<sub>262</sub> + 38,44X<sub>263</sub> + 141,45X<sub>264</sub> + 172,85X<sub>265</sub> + 202,20X<sub>266</sub> +  
 269,20X<sub>267</sub> + 221,86X<sub>268</sub> + 273,81X<sub>269</sub> + 141,45X<sub>270</sub> + 172,85X<sub>271</sub> + 202,20X<sub>272</sub> +  
 269,20X<sub>273</sub> + 221,86X<sub>274</sub> + 273,81X<sub>275</sub> + 141,45X<sub>276</sub> + 172,85X<sub>277</sub> + 202,20X<sub>278</sub> +  
 269,20X<sub>279</sub> + 221,86X<sub>280</sub> + 273,81X<sub>281</sub> + 31,80X<sub>282</sub> + 38,44X<sub>283</sub> + 58,69X<sub>284</sub> + 59,32X<sub>285</sub> +  
 73,07X<sub>286</sub> + 92,08X<sub>287</sub> + 10,62X<sub>288</sub> + 13,31X<sub>289</sub> + 16,32X<sub>290</sub> + 20,54X<sub>291</sub> + 26,18X<sub>292</sub> +  
 31,80X<sub>293</sub> + 38,44X<sub>294</sub> + 58,69X<sub>295</sub> + 59,32X<sub>296</sub> + 73,07X<sub>297</sub> + 16,32X<sub>298</sub> + 20,54X<sub>299</sub> +  
 26,18X<sub>300</sub> + 31,80X<sub>301</sub> + 38,44X<sub>302</sub> + 114,45X<sub>303</sub> + 141,45X<sub>304</sub> + 172,85X<sub>305</sub> + 202,20X<sub>306</sub> +  
 269,20X<sub>307</sub> + 221,86X<sub>308</sub> + 114,45X<sub>309</sub> + 141,45X<sub>310</sub> + 172,85X<sub>311</sub> + 202,20X<sub>312</sub> +  
 269,20X<sub>313</sub> + 221,86X<sub>314</sub> + 114,45X<sub>315</sub> + 141,45X<sub>316</sub> + 172,85X<sub>317</sub> + 202,20X<sub>318</sub> +  
 269,20X<sub>319</sub> + 221,86X<sub>320</sub> + 58,69X<sub>321</sub> + 59,32X<sub>322</sub> + 73,07X<sub>323</sub> + 92,08X<sub>324</sub> + 114,45X<sub>325</sub> +  
 141,45X<sub>326</sub> + 20,54X<sub>327</sub> + 26,18X<sub>328</sub> + 31,80X<sub>329</sub> + 38,44X<sub>330</sub> + 58,69X<sub>331</sub> + 59,32X<sub>332</sub> +  
 16,32X<sub>333</sub> + 20,54X<sub>334</sub> + 26,18X<sub>335</sub> + 31,80X<sub>336</sub> + 38,44X<sub>337</sub> + 26,18X<sub>338</sub> + 31,80X<sub>339</sub> +  
 38,44X<sub>340</sub> + 58,69X<sub>341</sub> + 59,32X<sub>342</sub> + 73,07X<sub>343</sub> + 16,32X<sub>344</sub> + 20,54X<sub>345</sub> + 26,18X<sub>346</sub> +  
 31,80X<sub>347</sub> + 38,44X<sub>348</sub> + 92,08X<sub>349</sub> + 114,45X<sub>350</sub> + 141,45X<sub>351</sub> + 172,85X<sub>352</sub> + 202,20X<sub>353</sub> +  
 269,20X<sub>354</sub> + 221,86X<sub>355</sub> + 92,08X<sub>356</sub> + 114,45X<sub>357</sub> + 141,45X<sub>358</sub> + 172,85X<sub>359</sub> + 202,20X<sub>360</sub>  
 + 269,20X<sub>361</sub> + 221,86X<sub>362</sub> + 92,08X<sub>363</sub> + 114,45X<sub>364</sub> + 141,45X<sub>365</sub> + 172,85X<sub>366</sub> +  
 202,20X<sub>367</sub> + 269,20X<sub>368</sub> + 38,44X<sub>369</sub> + 58,69X<sub>370</sub> + 59,32X<sub>371</sub> + 73,07X<sub>372</sub> + 92,08X<sub>373</sub> +  
 114,45X<sub>374</sub> + 31,80X<sub>375</sub> + 38,44X<sub>376</sub> + 58,69X<sub>377</sub> + 59,32X<sub>378</sub> + 73,07X<sub>379</sub> + 92,08X<sub>380</sub> +  
 26,18X<sub>381</sub> + 31,80X<sub>382</sub> + 38,44X<sub>383</sub> + 58,69X<sub>384</sub> + 59,32X<sub>385</sub> + 73,07X<sub>386</sub> + 20,54X<sub>387</sub> +  
 26,18X<sub>388</sub> + 31,80X<sub>389</sub> + 38,44X<sub>390</sub> + 58,69X<sub>391</sub> + 59,32X<sub>392</sub> + 16,32X<sub>393</sub> + 20,54X<sub>394</sub> +  
 26,18X<sub>395</sub> + 31,80X<sub>396</sub> + 38,44X<sub>397</sub> + 10,62X<sub>398</sub> + 13,31X<sub>399</sub> + 16,32X<sub>400</sub> + 20,54X<sub>401</sub> +  
 73,07X<sub>402</sub> + 92,08X<sub>403</sub> + 114,45X<sub>404</sub> + 141,45X<sub>405</sub> + 172,85X<sub>406</sub> + 202,20X<sub>407</sub> + 73,07X<sub>408</sub> +  
 92,08X<sub>409</sub> + 114,45X<sub>410</sub> + 141,45X<sub>411</sub> + 172,85X<sub>412</sub> + 202,20X<sub>413</sub> + 73,07X<sub>414</sub> + 92,08X<sub>415</sub> +  
 114,45X<sub>416</sub> + 141,45X<sub>417</sub> + 172,85X<sub>418</sub> + 202,20X<sub>419</sub> + 59,32X<sub>420</sub> + 73,07X<sub>421</sub> + 92,08X<sub>422</sub> +  
 114,45X<sub>423</sub> + 141,45X<sub>424</sub> + 172,85X<sub>425</sub> + 59,32X<sub>426</sub> + 73,07X<sub>427</sub> + 92,08X<sub>428</sub> + 114,45X<sub>429</sub> +  
 141,45X<sub>430</sub> + 172,85X<sub>431</sub> + 10,62X<sub>432</sub> + 13,31X<sub>433</sub> + 16,32X<sub>434</sub> + 20,54X<sub>435</sub> + 16,32X<sub>436</sub> +  
 20,54X<sub>437</sub> + 26,18X<sub>438</sub> + 31,80X<sub>439</sub> + 38,44X<sub>440</sub> + 59,32X<sub>441</sub> + 73,07X<sub>442</sub> + 92,08X<sub>443</sub> +  
 114,45X<sub>444</sub> + 141,45X<sub>445</sub> + 172,85X<sub>446</sub> + 58,69X<sub>447</sub> + 59,32X<sub>448</sub> + 73,07X<sub>449</sub> + 92,08X<sub>450</sub> +  
 114,45X<sub>451</sub> + 141,45X<sub>452</sub> + 26,18X<sub>453</sub> + 31,80X<sub>454</sub> + 38,44X<sub>455</sub> + 58,69X<sub>456</sub> + 59,32X<sub>457</sub> +  
 73,07X<sub>458</sub> + 16,32X<sub>459</sub> + 20,54X<sub>460</sub> + 26,18X<sub>461</sub> + 31,80X<sub>462</sub> + 38,44X<sub>463</sub> + 26,18X<sub>464</sub> +  
 31,80X<sub>465</sub> + 38,44X<sub>466</sub> + 58,69X<sub>467</sub> + 59,32X<sub>468</sub> + 73,07X<sub>469</sub> + 16,32X<sub>470</sub> + 20,54X<sub>471</sub> +  
 26,18X<sub>472</sub> + 31,80X<sub>473</sub> + 38,44X<sub>474</sub> + 202,20X<sub>475</sub> + 269,20X<sub>476</sub> + 221,86X<sub>477</sub> + 273,81X<sub>478</sub> +  
 329,57X<sub>479</sub> + 424,06X<sub>480</sub> + 202,20X<sub>481</sub> + 269,20X<sub>482</sub> + 221,86X<sub>483</sub> + 273,81X<sub>484</sub> +  
 329,57X<sub>485</sub> + 424,06X<sub>486</sub> + 202,20X<sub>487</sub> + 269,20X<sub>488</sub> + 221,86X<sub>489</sub> + 273,81X<sub>490</sub> +  
 329,57X<sub>491</sub> + 424,06X<sub>492</sub> + 475,42X<sub>493</sub> + 58,69X<sub>494</sub> + 59,32X<sub>495</sub> + 73,07X<sub>496</sub> + 92,08X<sub>497</sub> +  
 114,45X<sub>498</sub> + 141,45X<sub>499</sub> + 31,80X<sub>500</sub> + 38,44X<sub>501</sub> + 58,69X<sub>502</sub> + 59,32X<sub>503</sub> + 73,07X<sub>504</sub> +  
 92,08X<sub>505</sub> + 20,54X<sub>506</sub> + 26,18X<sub>507</sub> + 31,80X<sub>508</sub> + 38,44X<sub>509</sub> + 58,69X<sub>510</sub> + 59,32X<sub>511</sub> +  
 16,32X<sub>512</sub> + 20,54X<sub>513</sub> + 26,18X<sub>514</sub> + 31,80X<sub>515</sub> + 38,44X<sub>516</sub> + 59,32X<sub>517</sub> + 73,07X<sub>518</sub> +  
 92,08X<sub>519</sub> + 114,45X<sub>520</sub> + 141,45X<sub>521</sub> + 172,85X<sub>522</sub> + 59,32X<sub>523</sub> + 73,07X<sub>524</sub> + 92,08X<sub>525</sub> +  
 114,45X<sub>526</sub> + 141,45X<sub>527</sub> + 172,85X<sub>528</sub> + 26,18X<sub>529</sub> + 31,80X<sub>530</sub> + 38,44X<sub>531</sub> + 58,69X<sub>532</sub> +  
 59,32X<sub>533</sub> + 73,07X<sub>534</sub> + 20,54X<sub>535</sub> + 26,18X<sub>536</sub> + 31,80X<sub>537</sub> + 38,44X<sub>538</sub> + 58,69X<sub>539</sub> +

$59,32X_{540} + 16,32X_{541} + 20,54X_{542} + 26,18X_{543} + 31,80X_{544} + 38,44X_{545} + 31,80X_{546} +$   
 $38,44X_{547} + 58,69X_{548} + 59,32X_{549} + 73,07X_{550} + 92,08X_{551} + 26,18X_{552} + 31,80X_{553} +$   
 $38,44X_{554} + 58,69X_{555} + 59,32X_{556} + 73,07X_{557} + 16,32X_{558} + 20,54X_{559} + 26,18X_{560} +$   
 $31,80X_{561} + 38,44X_{562} + 16,32X_{563} + 20,54X_{564} + 26,18X_{565} + 31,80X_{566} + 38,44X_{567} +$   
 $10,62X_{568} + 13,31X_{569} + 16,32X_{570} + 20,54X_{571} + 172,85X_{572} + 202,20X_{573} + 269,20X_{574} +$   
 $221,86X_{575} + 273,81X_{576} + 329,57X_{577} + 172,85X_{578} + 202,20X_{579} + 269,20X_{580} +$   
 $221,86X_{581} + 273,81X_{582} + 329,57X_{583} + 141,45X_{584} + 172,85X_{585} + 202,20X_{586} +$   
 $269,20X_{587} + 221,86X_{588} + 273,81X_{589} + 329,57X_{590} + 31,80X_{591} + 38,44X_{592} + 58,69X_{593} +$   
 $59,32X_{594} + 73,07X_{595} + 92,08X_{596} + 20,54X_{597} + 26,18X_{598} + 31,80X_{599} + 38,44X_{600} +$   
 $58,69X_{601} + 59,32X_{602} + 16,32X_{603} + 20,54X_{604} + 26,18X_{605} + 31,80X_{606} + 38,44X_{607} +$   
 $141,45X_{608} + 172,85X_{609} + 202,20X_{610} + 269,20X_{611} + 221,86X_{612} + 273,81X_{613} +$   
 $141,45X_{614} + 172,85X_{615} + 202,20X_{616} + 269,20X_{617} + 221,86X_{618} + 273,81X_{619} + 26,18X_{620}$   
 $+ 31,80X_{621} + 38,44X_{622} + 58,69X_{623} + 59,32X_{624} + 73,07X_{625} + 16,32X_{626} + 20,54X_{627} +$   
 $26,18X_{628} + 31,80X_{629} + 38,44X_{630} + 141,45X_{631} + 172,85X_{632} + 202,20X_{633} + 269,20X_{634} +$   
 $221,86X_{635} + 273,81X_{636} + 114,45X_{637} + 141,45X_{638} + 172,85X_{639} + 202,20X_{640} +$   
 $269,20X_{641} + 221,86X_{642} + 273,81X_{643} + 114,45X_{644} + 141,45X_{645} + 172,85X_{646} +$   
 $202,20X_{647} + 269,20X_{648} + 221,86X_{649} + 58,69X_{650} + 59,32X_{651} + 73,07X_{652} + 92,08X_{653} +$   
 $114,45X_{654} + 141,45X_{655} + 38,44X_{656} + 58,69X_{657} + 59,32X_{658} + 73,07X_{659} + 92,08X_{660} +$   
 $114,45X_{661} + 26,18X_{662} + 31,80X_{663} + 38,44X_{664} + 58,69X_{665} + 59,32X_{666} + 73,07X_{667} +$   
 $16,32X_{668} + 20,54X_{669} + 26,18X_{670} + 31,80X_{671} + 38,44X_{672} + 114,45X_{673} + 141,45X_{674} +$   
 $172,85X_{675} + 202,20X_{676} + 269,20X_{677} + 221,86X_{678} + 26,18X_{679} + 31,80X_{680} + 38,44X_{681} +$   
 $58,69X_{682} + 59,32X_{683} + 73,07X_{684} + 20,54X_{685} + 26,18X_{686} + 31,80X_{687} + 38,44X_{688} +$   
 $58,69X_{689} + 59,32X_{690} + 16,32X_{691} + 20,54X_{692} + 26,18X_{693} + 31,80X_{694} + 38,44X_{695} +$   
 $10,62X_{696} + 13,31X_{697} + 16,32X_{698} + 20,54X_{699} + 92,08X_{700} + 114,45X_{701} + 141,45X_{702} +$   
 $172,85X_{703} + 202,20X_{704} + 269,20X_{705} + 221,86X_{706} + 16,32X_{707} + 20,54X_{708} + 26,18X_{709} +$   
 $31,80X_{710} + 38,44X_{711} + 10,62X_{712} + 13,31X_{713} + 16,32X_{714} + 20,54X_{715} + 92,08X_{716} +$   
 $114,45X_{717} + 141,45X_{718} + 172,85X_{719} + 202,20X_{720} + 269,20X_{721} + 92,08X_{722} + 114,45X_{723}$   
 $+ 141,45X_{724} + 172,85X_{725} + 202,20X_{726} + 269,20X_{727} + 73,07X_{728} + 92,08X_{729} +$   
 $114,45X_{730} + 141,45X_{731} + 172,85X_{732} + 202,20X_{733} + 73,07X_{734} + 92,08X_{735} + 114,45X_{736}$   
 $+ 141,45X_{737} + 172,85X_{738} + 202,20X_{739} + 26,18X_{740} + 31,80X_{741} + 38,44X_{742} + 58,69X_{743}$   
 $+ 59,32X_{744} + 73,07X_{745} + 16,32X_{746} + 20,54X_{747} + 26,18X_{748} + 31,80X_{749} + 38,44X_{750} +$   
 $31,80X_{751} + 38,44X_{752} + 58,69X_{753} + 59,32X_{754} + 73,07X_{755} + 92,08X_{756} + 20,54X_{757} +$   
 $26,18X_{758} + 31,80X_{759} + 38,44X_{760} + 58,69X_{761} + 59,32X_{762} + 16,32X_{763} + 20,54X_{764} +$   
 $26,18X_{765} + 31,80X_{766} + 38,44X_{767} + 10,62X_{768} + 13,31X_{769} + 16,32X_{770} + 20,54X_{771} +$   
 $10,62X_{772} + 13,31X_{773} + 16,32X_{774} + 20,54X_{775} + 59,32X_{776} + 73,07X_{777} + 92,08X_{778} +$   
 $114,45X_{779} + 141,45X_{780} + 172,85X_{781} + 58,69X_{782} + 59,32X_{783} + 73,07X_{784} + 92,08X_{785} +$   
 $114,45X_{786} + 141,45X_{787} + 16,32X_{788} + 20,54X_{789} + 26,18X_{790} + 31,80X_{791} + 38,44X_{792} +$   
 $10,62X_{793} + 13,31X_{794} + 16,32X_{795} + 20,54X_{796} + 38,44X_{797} + 58,69X_{798} + 59,32X_{799} +$   
 $73,07X_{800} + 92,08X_{801} + 114,45X_{802} + 26,18X_{803} + 31,80X_{804} + 38,44X_{805} + 58,69X_{806} +$   
 $59,32X_{807} + 73,07X_{808} + 16,32X_{809} + 20,54X_{810} + 26,18X_{811} + 31,80X_{812} + 38,44X_{813} +$   
 $10,62X_{814} + 13,31X_{815} + 16,32X_{816} + 20,54X_{817} + 10,62X_{818} + 13,31X_{819} + 16,32X_{820} +$   
 $20,54X_{821}$

## 8.2.2. Οι περιορισμοί δομής

### 8.2.2.1. Οι περιορισμοί μήκους

Οι περιορισμοί μήκους πρέπει να πληρούν τη σχέση:  $L_i = \sum_{j=1}^k x_j$  όπου  $i = 1 \dots n$

είναι ο αύξων αριθμός του αγωγού,  $n$  είναι ο συνολικός αριθμός των αγωγών του δικτύου και  $j = 1 \dots k$  οι πιθανές διαμέτροι του αγωγού  $i$ .

Η σχέση αυτή για τα δεδομένα του προβλήματος παίρνει την ακόλουθη αναλυτική μορφή :



59,32X<sub>179</sub> + 73,07X<sub>180</sub> + 16,32X<sub>181</sub> + 20,54X<sub>182</sub> + 26,18X<sub>183</sub> + 31,80X<sub>184</sub> + 38,44X<sub>185</sub> +  
 221,86X<sub>186</sub> + 273,81X<sub>187</sub> + 329,57X<sub>188</sub> + 424,06X<sub>189</sub> + 475,42X<sub>190</sub> + 221,86X<sub>191</sub> +  
 273,81X<sub>192</sub> + 329,57X<sub>193</sub> + 424,06X<sub>194</sub> + 475,42X<sub>195</sub> + 172,85X<sub>196</sub> + 202,20X<sub>197</sub> +  
 269,20X<sub>198</sub> + 221,86X<sub>199</sub> + 273,81X<sub>200</sub> + 329,57X<sub>201</sub> + 172,85X<sub>202</sub> + 202,20X<sub>203</sub> +  
 269,20X<sub>204</sub> + 221,86X<sub>205</sub> + 273,81X<sub>206</sub> + 329,57X<sub>207</sub> + 58,69X<sub>208</sub> + 59,32X<sub>209</sub> + 73,07X<sub>210</sub> +  
 92,08X<sub>211</sub> + 114,45X<sub>212</sub> + 141,45X<sub>213</sub> + 58,69X<sub>214</sub> + 59,32X<sub>215</sub> + 73,07X<sub>216</sub> + 92,08X<sub>217</sub> +  
 114,45X<sub>218</sub> + 141,45X<sub>219</sub> + 20,54X<sub>220</sub> + 26,18X<sub>221</sub> + 31,80X<sub>222</sub> + 38,44X<sub>223</sub> + 58,69X<sub>224</sub> +  
 59,32X<sub>225</sub> + 10,62X<sub>226</sub> + 13,31X<sub>227</sub> + 16,32X<sub>228</sub> + 20,54X<sub>229</sub> + 26,18X<sub>230</sub> + 31,80X<sub>231</sub> +  
 38,44X<sub>232</sub> + 58,69X<sub>233</sub> + 59,32X<sub>234</sub> + 73,07X<sub>235</sub> + 16,32X<sub>236</sub> + 20,54X<sub>237</sub> + 26,18X<sub>238</sub> +  
 31,80X<sub>239</sub> + 38,44X<sub>240</sub> + 141,45X<sub>241</sub> + 172,85X<sub>242</sub> + 202,20X<sub>243</sub> + 269,20X<sub>244</sub> + 221,86X<sub>245</sub>  
 + 273,81X<sub>246</sub> + 31,80X<sub>247</sub> + 38,44X<sub>248</sub> + 58,69X<sub>249</sub> + 59,32X<sub>250</sub> + 73,07X<sub>251</sub> + 92,08X<sub>252</sub> +  
 26,18X<sub>253</sub> + 31,80X<sub>254</sub> + 38,44X<sub>255</sub> + 58,69X<sub>256</sub> + 59,32X<sub>257</sub> + 73,07X<sub>258</sub> + 16,32X<sub>259</sub> +  
 20,54X<sub>260</sub> + 26,18X<sub>261</sub> + 31,80X<sub>262</sub> + 38,44X<sub>263</sub> + 141,45X<sub>264</sub> + 172,85X<sub>265</sub> + 202,20X<sub>266</sub> +  
 269,20X<sub>267</sub> + 221,86X<sub>268</sub> + 273,81X<sub>269</sub> + 141,45X<sub>270</sub> + 172,85X<sub>271</sub> + 202,20X<sub>272</sub> +  
 269,20X<sub>273</sub> + 221,86X<sub>274</sub> + 273,81X<sub>275</sub> + 141,45X<sub>276</sub> + 172,85X<sub>277</sub> + 202,20X<sub>278</sub> +  
 269,20X<sub>279</sub> + 221,86X<sub>280</sub> + 273,81X<sub>281</sub> + 31,80X<sub>282</sub> + 38,44X<sub>283</sub> + 58,69X<sub>284</sub> + 59,32X<sub>285</sub> +  
 73,07X<sub>286</sub> + 92,08X<sub>287</sub> + 10,62X<sub>288</sub> + 13,31X<sub>289</sub> + 16,32X<sub>290</sub> + 20,54X<sub>291</sub> + 26,18X<sub>292</sub> +  
 31,80X<sub>293</sub> + 38,44X<sub>294</sub> + 58,69X<sub>295</sub> + 59,32X<sub>296</sub> + 73,07X<sub>297</sub> + 16,32X<sub>298</sub> + 20,54X<sub>299</sub> +  
 26,18X<sub>300</sub> + 31,80X<sub>301</sub> + 38,44X<sub>302</sub> + 114,45X<sub>303</sub> + 141,45X<sub>304</sub> + 172,85X<sub>305</sub> + 202,20X<sub>306</sub> +  
 269,20X<sub>307</sub> + 221,86X<sub>308</sub> + 114,45X<sub>309</sub> + 141,45X<sub>310</sub> + 172,85X<sub>311</sub> + 202,20X<sub>312</sub> +  
 269,20X<sub>313</sub> + 221,86X<sub>314</sub> + 114,45X<sub>315</sub> + 141,45X<sub>316</sub> + 172,85X<sub>317</sub> + 202,20X<sub>318</sub> +  
 269,20X<sub>319</sub> + 221,86X<sub>320</sub> + 58,69X<sub>321</sub> + 59,32X<sub>322</sub> + 73,07X<sub>323</sub> + 92,08X<sub>324</sub> + 114,45X<sub>325</sub> +  
 141,45X<sub>326</sub> + 20,54X<sub>327</sub> + 26,18X<sub>328</sub> + 31,80X<sub>329</sub> + 38,44X<sub>330</sub> + 58,69X<sub>331</sub> + 59,32X<sub>332</sub> +  
 16,32X<sub>333</sub> + 20,54X<sub>334</sub> + 26,18X<sub>335</sub> + 31,80X<sub>336</sub> + 38,44X<sub>337</sub> + 26,18X<sub>338</sub> + 31,80X<sub>339</sub> +  
 38,44X<sub>340</sub> + 58,69X<sub>341</sub> + 59,32X<sub>342</sub> + 73,07X<sub>343</sub> + 16,32X<sub>344</sub> + 20,54X<sub>345</sub> + 26,18X<sub>346</sub> +  
 31,80X<sub>347</sub> + 38,44X<sub>348</sub> + 92,08X<sub>349</sub> + 114,45X<sub>350</sub> + 141,45X<sub>351</sub> + 172,85X<sub>352</sub> + 202,20X<sub>353</sub> +  
 269,20X<sub>354</sub> + 221,86X<sub>355</sub> + 92,08X<sub>356</sub> + 114,45X<sub>357</sub> + 141,45X<sub>358</sub> + 172,85X<sub>359</sub> + 202,20X<sub>360</sub>  
 + 269,20X<sub>361</sub> + 221,86X<sub>362</sub> + 92,08X<sub>363</sub> + 114,45X<sub>364</sub> + 141,45X<sub>365</sub> + 172,85X<sub>366</sub> +  
 202,20X<sub>367</sub> + 269,20X<sub>368</sub> + 38,44X<sub>369</sub> + 58,69X<sub>370</sub> + 59,32X<sub>371</sub> + 73,07X<sub>372</sub> + 92,08X<sub>373</sub> +  
 114,45X<sub>374</sub> + 31,80X<sub>375</sub> + 38,44X<sub>376</sub> + 58,69X<sub>377</sub> + 59,32X<sub>378</sub> + 73,07X<sub>379</sub> + 92,08X<sub>380</sub> +  
 26,18X<sub>381</sub> + 31,80X<sub>382</sub> + 38,44X<sub>383</sub> + 58,69X<sub>384</sub> + 59,32X<sub>385</sub> + 73,07X<sub>386</sub> + 20,54X<sub>387</sub> +  
 26,18X<sub>388</sub> + 31,80X<sub>389</sub> + 38,44X<sub>390</sub> + 58,69X<sub>391</sub> + 59,32X<sub>392</sub> + 16,32X<sub>393</sub> + 20,54X<sub>394</sub> +  
 26,18X<sub>395</sub> + 31,80X<sub>396</sub> + 38,44X<sub>397</sub> + 10,62X<sub>398</sub> + 13,31X<sub>399</sub> + 16,32X<sub>400</sub> + 20,54X<sub>401</sub> +  
 73,07X<sub>402</sub> + 92,08X<sub>403</sub> + 114,45X<sub>404</sub> + 141,45X<sub>405</sub> + 172,85X<sub>406</sub> + 202,20X<sub>407</sub> + 73,07X<sub>408</sub> +  
 92,08X<sub>409</sub> + 114,45X<sub>410</sub> + 141,45X<sub>411</sub> + 172,85X<sub>412</sub> + 202,20X<sub>413</sub> + 73,07X<sub>414</sub> + 92,08X<sub>415</sub> +  
 114,45X<sub>416</sub> + 141,45X<sub>417</sub> + 172,85X<sub>418</sub> + 202,20X<sub>419</sub> + 59,32X<sub>420</sub> + 73,07X<sub>421</sub> + 92,08X<sub>422</sub> +  
 114,45X<sub>423</sub> + 141,45X<sub>424</sub> + 172,85X<sub>425</sub> + 59,32X<sub>426</sub> + 73,07X<sub>427</sub> + 92,08X<sub>428</sub> + 114,45X<sub>429</sub> +  
 141,45X<sub>430</sub> + 172,85X<sub>431</sub> + 10,62X<sub>432</sub> + 13,31X<sub>433</sub> + 16,32X<sub>434</sub> + 20,54X<sub>435</sub> + 16,32X<sub>436</sub> +  
 20,54X<sub>437</sub> + 26,18X<sub>438</sub> + 31,80X<sub>439</sub> + 38,44X<sub>440</sub> + 59,32X<sub>441</sub> + 73,07X<sub>442</sub> + 92,08X<sub>443</sub> +  
 114,45X<sub>444</sub> + 141,45X<sub>445</sub> + 172,85X<sub>446</sub> + 58,69X<sub>447</sub> + 59,32X<sub>448</sub> + 73,07X<sub>449</sub> + 92,08X<sub>450</sub> +  
 114,45X<sub>451</sub> + 141,45X<sub>452</sub> + 26,18X<sub>453</sub> + 31,80X<sub>454</sub> + 38,44X<sub>455</sub> + 58,69X<sub>456</sub> + 59,32X<sub>457</sub> +  
 73,07X<sub>458</sub> + 16,32X<sub>459</sub> + 20,54X<sub>460</sub> + 26,18X<sub>461</sub> + 31,80X<sub>462</sub> + 38,44X<sub>463</sub> + 26,18X<sub>464</sub> +  
 31,80X<sub>465</sub> + 38,44X<sub>466</sub> + 58,69X<sub>467</sub> + 59,32X<sub>468</sub> + 73,07X<sub>469</sub> + 16,32X<sub>470</sub> + 20,54X<sub>471</sub> +  
 26,18X<sub>472</sub> + 31,80X<sub>473</sub> + 38,44X<sub>474</sub> + 202,20X<sub>475</sub> + 269,20X<sub>476</sub> + 221,86X<sub>477</sub> + 273,81X<sub>478</sub> +  
 329,57X<sub>479</sub> + 424,06X<sub>480</sub> + 202,20X<sub>481</sub> + 269,20X<sub>482</sub> + 221,86X<sub>483</sub> + 273,81X<sub>484</sub> +  
 329,57X<sub>485</sub> + 424,06X<sub>486</sub> + 202,20X<sub>487</sub> + 269,20X<sub>488</sub> + 221,86X<sub>489</sub> + 273,81X<sub>490</sub> +  
 329,57X<sub>491</sub> + 424,06X<sub>492</sub> + 475,42X<sub>493</sub> + 58,69X<sub>494</sub> + 59,32X<sub>495</sub> + 73,07X<sub>496</sub> + 92,08X<sub>497</sub> +  
 114,45X<sub>498</sub> + 141,45X<sub>499</sub> + 31,80X<sub>500</sub> + 38,44X<sub>501</sub> + 58,69X<sub>502</sub> + 59,32X<sub>503</sub> + 73,07X<sub>504</sub> +  
 92,08X<sub>505</sub> + 20,54X<sub>506</sub> + 26,18X<sub>507</sub> + 31,80X<sub>508</sub> + 38,44X<sub>509</sub> + 58,69X<sub>510</sub> + 59,32X<sub>511</sub> +  
 16,32X<sub>512</sub> + 20,54X<sub>513</sub> + 26,18X<sub>514</sub> + 31,80X<sub>515</sub> + 38,44X<sub>516</sub> + 59,32X<sub>517</sub> + 73,07X<sub>518</sub> +  
 92,08X<sub>519</sub> + 114,45X<sub>520</sub> + 141,45X<sub>521</sub> + 172,85X<sub>522</sub> + 59,32X<sub>523</sub> + 73,07X<sub>524</sub> + 92,08X<sub>525</sub> +  
 114,45X<sub>526</sub> + 141,45X<sub>527</sub> + 172,85X<sub>528</sub> + 26,18X<sub>529</sub> + 31,80X<sub>530</sub> + 38,44X<sub>531</sub> + 58,69X<sub>532</sub> +  
 59,32X<sub>533</sub> + 73,07X<sub>534</sub> + 20,54X<sub>535</sub> + 26,18X<sub>536</sub> + 31,80X<sub>537</sub> + 38,44X<sub>538</sub> + 58,69X<sub>539</sub> +



59,32X<sub>540</sub> + 16,32X<sub>541</sub> + 20,54X<sub>542</sub> + 26,18X<sub>543</sub> + 31,80X<sub>544</sub> + 38,44X<sub>545</sub> + 31,80X<sub>546</sub> +  
 38,44X<sub>547</sub> + 58,69X<sub>548</sub> + 59,32X<sub>549</sub> + 73,07X<sub>550</sub> + 92,08X<sub>551</sub> + 26,18X<sub>552</sub> + 31,80X<sub>553</sub> +  
 38,44X<sub>554</sub> + 58,69X<sub>555</sub> + 59,32X<sub>556</sub> + 73,07X<sub>557</sub> + 16,32X<sub>558</sub> + 20,54X<sub>559</sub> + 26,18X<sub>560</sub> +  
 31,80X<sub>561</sub> + 38,44X<sub>562</sub> + 16,32X<sub>563</sub> + 20,54X<sub>564</sub> + 26,18X<sub>565</sub> + 31,80X<sub>566</sub> + 38,44X<sub>567</sub> +  
 10,62X<sub>568</sub> + 13,31X<sub>569</sub> + 16,32X<sub>570</sub> + 20,54X<sub>571</sub> + 172,85X<sub>572</sub> + 202,20X<sub>573</sub> + 269,20X<sub>574</sub> +  
 221,86X<sub>575</sub> + 273,81X<sub>576</sub> + 329,57X<sub>577</sub> + 172,85X<sub>578</sub> + 202,20X<sub>579</sub> + 269,20X<sub>580</sub> +  
 221,86X<sub>581</sub> + 273,81X<sub>582</sub> + 329,57X<sub>583</sub> + 141,45X<sub>584</sub> + 172,85X<sub>585</sub> + 202,20X<sub>586</sub> +  
 269,20X<sub>587</sub> + 221,86X<sub>588</sub> + 273,81X<sub>589</sub> + 329,57X<sub>590</sub> + 31,80X<sub>591</sub> + 38,44X<sub>592</sub> + 58,69X<sub>593</sub> +  
 59,32X<sub>594</sub> + 73,07X<sub>595</sub> + 92,08X<sub>596</sub> + 20,54X<sub>597</sub> + 26,18X<sub>598</sub> + 31,80X<sub>599</sub> + 38,44X<sub>600</sub> +  
 58,69X<sub>601</sub> + 59,32X<sub>602</sub> + 16,32X<sub>603</sub> + 20,54X<sub>604</sub> + 26,18X<sub>605</sub> + 31,80X<sub>606</sub> + 38,44X<sub>607</sub> +  
 141,45X<sub>608</sub> + 172,85X<sub>609</sub> + 202,20X<sub>610</sub> + 269,20X<sub>611</sub> + 221,86X<sub>612</sub> + 273,81X<sub>613</sub> +  
 141,45X<sub>614</sub> + 172,85X<sub>615</sub> + 202,20X<sub>616</sub> + 269,20X<sub>617</sub> + 221,86X<sub>618</sub> + 273,81X<sub>619</sub> + 26,18X<sub>620</sub>  
 + 31,80X<sub>621</sub> + 38,44X<sub>622</sub> + 58,69X<sub>623</sub> + 59,32X<sub>624</sub> + 73,07X<sub>625</sub> + 16,32X<sub>626</sub> + 20,54X<sub>627</sub> +  
 26,18X<sub>628</sub> + 31,80X<sub>629</sub> + 38,44X<sub>630</sub> + 141,45X<sub>631</sub> + 172,85X<sub>632</sub> + 202,20X<sub>633</sub> + 269,20X<sub>634</sub> +  
 221,86X<sub>635</sub> + 273,81X<sub>636</sub> + 114,45X<sub>637</sub> + 141,45X<sub>638</sub> + 172,85X<sub>639</sub> + 202,20X<sub>640</sub> +  
 269,20X<sub>641</sub> + 221,86X<sub>642</sub> + 273,81X<sub>643</sub> + 114,45X<sub>644</sub> + 141,45X<sub>645</sub> + 172,85X<sub>646</sub> +  
 202,20X<sub>647</sub> + 269,20X<sub>648</sub> + 221,86X<sub>649</sub> + 58,69X<sub>650</sub> + 59,32X<sub>651</sub> + 73,07X<sub>652</sub> + 92,08X<sub>653</sub> +  
 114,45X<sub>654</sub> + 141,45X<sub>655</sub> + 38,44X<sub>656</sub> + 58,69X<sub>657</sub> + 59,32X<sub>658</sub> + 73,07X<sub>659</sub> + 92,08X<sub>660</sub> +  
 114,45X<sub>661</sub> + 26,18X<sub>662</sub> + 31,80X<sub>663</sub> + 38,44X<sub>664</sub> + 58,69X<sub>665</sub> + 59,32X<sub>666</sub> + 73,07X<sub>667</sub> +  
 16,32X<sub>668</sub> + 20,54X<sub>669</sub> + 26,18X<sub>670</sub> + 31,80X<sub>671</sub> + 38,44X<sub>672</sub> + 114,45X<sub>673</sub> + 141,45X<sub>674</sub> +  
 172,85X<sub>675</sub> + 202,20X<sub>676</sub> + 269,20X<sub>677</sub> + 221,86X<sub>678</sub> + 26,18X<sub>679</sub> + 31,80X<sub>680</sub> + 38,44X<sub>681</sub> +  
 58,69X<sub>682</sub> + 59,32X<sub>683</sub> + 73,07X<sub>684</sub> + 20,54X<sub>685</sub> + 26,18X<sub>686</sub> + 31,80X<sub>687</sub> + 38,44X<sub>688</sub> +  
 58,69X<sub>689</sub> + 59,32X<sub>690</sub> + 16,32X<sub>691</sub> + 20,54X<sub>692</sub> + 26,18X<sub>693</sub> + 31,80X<sub>694</sub> + 38,44X<sub>695</sub> +  
 10,62X<sub>696</sub> + 13,31X<sub>697</sub> + 16,32X<sub>698</sub> + 20,54X<sub>699</sub> + 92,08X<sub>700</sub> + 114,45X<sub>701</sub> + 141,45X<sub>702</sub> +  
 172,85X<sub>703</sub> + 202,20X<sub>704</sub> + 269,20X<sub>705</sub> + 221,86X<sub>706</sub> + 16,32X<sub>707</sub> + 20,54X<sub>708</sub> + 26,18X<sub>709</sub> +  
 31,80X<sub>710</sub> + 38,44X<sub>711</sub> + 10,62X<sub>712</sub> + 13,31X<sub>713</sub> + 16,32X<sub>714</sub> + 20,54X<sub>715</sub> + 92,08X<sub>716</sub> +  
 114,45X<sub>717</sub> + 141,45X<sub>718</sub> + 172,85X<sub>719</sub> + 202,20X<sub>720</sub> + 269,20X<sub>721</sub> + 92,08X<sub>722</sub> + 114,45X<sub>723</sub>  
 + 141,45X<sub>724</sub> + 172,85X<sub>725</sub> + 202,20X<sub>726</sub> + 269,20X<sub>727</sub> + 73,07X<sub>728</sub> + 92,08X<sub>729</sub> +  
 114,45X<sub>730</sub> + 141,45X<sub>731</sub> + 172,85X<sub>732</sub> + 202,20X<sub>733</sub> + 73,07X<sub>734</sub> + 92,08X<sub>735</sub> + 114,45X<sub>736</sub>  
 + 141,45X<sub>737</sub> + 172,85X<sub>738</sub> + 202,20X<sub>739</sub> + 26,18X<sub>740</sub> + 31,80X<sub>741</sub> + 38,44X<sub>742</sub> + 58,69X<sub>743</sub>  
 + 59,32X<sub>744</sub> + 73,07X<sub>745</sub> + 16,32X<sub>746</sub> + 20,54X<sub>747</sub> + 26,18X<sub>748</sub> + 31,80X<sub>749</sub> + 38,44X<sub>750</sub> +  
 31,80X<sub>751</sub> + 38,44X<sub>752</sub> + 58,69X<sub>753</sub> + 59,32X<sub>754</sub> + 73,07X<sub>755</sub> + 92,08X<sub>756</sub> + 20,54X<sub>757</sub> +  
 26,18X<sub>758</sub> + 31,80X<sub>759</sub> + 38,44X<sub>760</sub> + 58,69X<sub>761</sub> + 59,32X<sub>762</sub> + 16,32X<sub>763</sub> + 20,54X<sub>764</sub> +  
 26,18X<sub>765</sub> + 31,80X<sub>766</sub> + 38,44X<sub>767</sub> + 10,62X<sub>768</sub> + 13,31X<sub>769</sub> + 16,32X<sub>770</sub> + 20,54X<sub>771</sub> +  
 10,62X<sub>772</sub> + 13,31X<sub>773</sub> + 16,32X<sub>774</sub> + 20,54X<sub>775</sub> + 59,32X<sub>776</sub> + 73,07X<sub>777</sub> + 92,08X<sub>778</sub> +  
 114,45X<sub>779</sub> + 141,45X<sub>780</sub> + 172,85X<sub>781</sub> + 58,69X<sub>782</sub> + 59,32X<sub>783</sub> + 73,07X<sub>784</sub> + 92,08X<sub>785</sub> +  
 114,45X<sub>786</sub> + 141,45X<sub>787</sub> + 16,32X<sub>788</sub> + 20,54X<sub>789</sub> + 26,18X<sub>790</sub> + 31,80X<sub>791</sub> + 38,44X<sub>792</sub> +  
 10,62X<sub>793</sub> + 13,31X<sub>794</sub> + 16,32X<sub>795</sub> + 20,54X<sub>796</sub> + 38,44X<sub>797</sub> + 58,69X<sub>798</sub> + 59,32X<sub>799</sub> +  
 73,07X<sub>800</sub> + 92,08X<sub>801</sub> + 114,45X<sub>802</sub> + 26,18X<sub>803</sub> + 31,80X<sub>804</sub> + 38,44X<sub>805</sub> + 58,69X<sub>806</sub> +  
 59,32X<sub>807</sub> + 73,07X<sub>808</sub> + 16,32X<sub>809</sub> + 20,54X<sub>810</sub> + 26,18X<sub>811</sub> + 31,80X<sub>812</sub> + 38,44X<sub>813</sub> +  
 10,62X<sub>814</sub> + 13,31X<sub>815</sub> + 16,32X<sub>816</sub> + 20,54X<sub>817</sub> + 10,62X<sub>818</sub> + 13,31X<sub>819</sub> + 16,32X<sub>820</sub> +  
 20,54X<sub>821</sub>

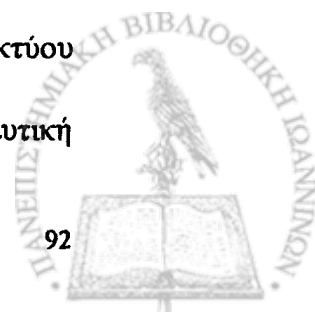
## 8.2.2. Οι περιορισμοί δομής

### 8.2.2.1. Οι περιορισμοί μήκους

Οι περιορισμοί μήκους πρέπει να πληρούν τη σχέση:  $L_i = \sum_{j=1}^k x_j$  όπου  $i = 1 \dots n$

είναι ο αύξων αριθμός του αγωγού,  $n$  είναι ο συνολικός αριθμός των αγωγών του δικτύου και  $j = 1 \dots k$  οι πιθανές διαμέτροι του αγωγού  $i$ .

Η σχέση αυτή για τα δεδομένα του προβλήματος παίρνει την ακόλουθη αναλυτική μορφή:



$$\begin{aligned}
&X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 1 \\
&X_5 + X_6 + X_7 + X_8 = 1350 \\
&X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} = 140 \\
&X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} = 170 \\
&X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} = 120 \\
&X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} = 115 \\
&X_{27} + X_{28} + X_{29} + X_{30} + X_{31} = 240 \\
&X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} = 150 \\
&X_{37} + X_{38} + X_{39} + X_{40} + X_{41} = 150 \\
&X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} + X_{47} = 130 \\
&X_{48} + X_{49} + X_{50} + X_{51} + X_{52} = 250 \\
&X_{53} + X_{54} + X_{55} + X_{56} + X_{57} = 90 \\
&X_{58} + X_{59} + X_{60} + X_{61} + X_{62} = 255 \\
&X_{63} + X_{64} + X_{65} + X_{66} + X_{67} + X_{68} = 115 \\
&X_{69} + X_{70} + X_{71} + X_{72} + X_{73} + X_{74} = 105 \\
&X_{75} + X_{76} + X_{77} + X_{78} + X_{79} = 270 \\
&X_{80} + X_{81} + X_{82} + X_{83} + X_{84} + X_{85} = 120 \\
&X_{86} + X_{87} + X_{88} + X_{89} + X_{90} + X_{91} = 235 \\
&X_{92} + X_{93} + X_{94} + X_{95} + X_{96} + X_{97} = 210 \\
&X_{98} + X_{99} + X_{100} + X_{101} + X_{102} + X_{103} = 85 \\
&X_{104} + X_{105} + X_{106} + X_{107} + X_{108} + X_{109} = 75 \\
&X_{110} + X_{111} + X_{112} + X_{113} + X_{114} + X_{115} = 190 \\
&X_{116} + X_{117} + X_{118} + X_{119} + X_{120} + X_{121} = 220 \\
&X_{122} + X_{123} + X_{124} + X_{125} + X_{126} = 200 \\
&X_{127} + X_{128} + X_{129} + X_{130} = 230 \\
&X_{131} + X_{132} + X_{133} + X_{134} + X_{135} + X_{136} = 270 \\
&X_{137} + X_{138} + X_{139} + X_{140} + X_{141} + X_{142} = 180 \\
&X_{143} + X_{144} + X_{145} + X_{146} + X_{147} = 200 \\
&X_{148} + X_{149} + X_{150} + X_{151} = 240 \\
&X_{152} + X_{153} + X_{154} + X_{155} + X_{156} + X_{157} = 140 \\
&X_{158} + X_{159} + X_{160} + X_{161} + X_{162} + X_{163} = 75 \\
&X_{164} + X_{165} + X_{166} + X_{167} + X_{168} + X_{169} = 155 \\
&X_{170} + X_{171} + X_{172} + X_{173} + X_{174} = 185 \\
&X_{175} + X_{176} + X_{177} + X_{178} + X_{179} + X_{180} = 100 \\
&X_{181} + X_{182} + X_{183} + X_{184} + X_{185} = 190 \\
&X_{186} + X_{187} + X_{188} + X_{189} + X_{190} = 125 \\
&X_{191} + X_{192} + X_{193} + X_{194} + X_{195} = 85 \\
&X_{196} + X_{197} + X_{198} + X_{199} + X_{200} + X_{201} = 160 \\
&X_{202} + X_{203} + X_{204} + X_{205} + X_{206} + X_{207} = 135 \\
&X_{208} + X_{209} + X_{210} + X_{211} + X_{212} + X_{213} = 70 \\
&X_{214} + X_{215} + X_{216} + X_{217} + X_{218} + X_{219} = 125 \\
&X_{220} + X_{221} + X_{222} + X_{223} + X_{224} + X_{225} = 250 \\
&X_{226} + X_{227} + X_{228} + X_{229} = 205 \\
&X_{230} + X_{231} + X_{232} + X_{233} + X_{234} + X_{235} = 110 \\
&X_{236} + X_{237} + X_{238} + X_{239} + X_{240} = 260 \\
&X_{241} + X_{242} + X_{243} + X_{244} + X_{245} + X_{246} = 70 \\
&X_{247} + X_{248} + X_{249} + X_{250} + X_{251} + X_{252} = 120 \\
&X_{253} + X_{254} + X_{255} + X_{256} + X_{257} + X_{258} = 140 \\
&X_{259} + X_{260} + X_{261} + X_{262} + X_{263} = 200 \\
&X_{264} + X_{265} + X_{266} + X_{267} + X_{268} + X_{269} = 30 \\
&X_{270} + X_{271} + X_{272} + X_{273} + X_{274} + X_{275} = 205
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& X_{276} + X_{277} + X_{278} + X_{279} + X_{280} + X_{281} = 35 \\
& X_{282} + X_{283} + X_{284} + X_{285} + X_{286} + X_{287} = 170 \\
& X_{288} + X_{289} + X_{290} + X_{291} = 195 \\
& X_{292} + X_{293} + X_{294} + X_{295} + X_{296} + X_{297} = 105 \\
& X_{298} + X_{299} + X_{300} + X_{301} + X_{302} = 210 \\
& X_{303} + X_{304} + X_{305} + X_{306} + X_{307} + X_{308} = 200 \\
& X_{309} + X_{310} + X_{311} + X_{312} + X_{313} + X_{314} = 280 \\
& X_{315} + X_{316} + X_{317} + X_{318} + X_{319} + X_{320} = 415 \\
& X_{321} + X_{322} + X_{323} + X_{324} + X_{325} + X_{326} = 200 \\
& X_{327} + X_{328} + X_{329} + X_{330} + X_{331} + X_{332} = 95 \\
& X_{333} + X_{334} + X_{335} + X_{336} + X_{337} = 220 \\
& X_{338} + X_{339} + X_{340} + X_{341} + X_{342} + X_{343} = 90 \\
& X_{344} + X_{345} + X_{346} + X_{347} + X_{348} = 185 \\
& X_{349} + X_{350} + X_{351} + X_{352} + X_{353} + X_{354} + X_{355} = 105 \\
& X_{356} + X_{357} + X_{358} + X_{359} + X_{360} + X_{361} + X_{362} = 220 \\
& X_{363} + X_{364} + X_{365} + X_{366} + X_{367} + X_{368} = 105 \\
& X_{369} + X_{370} + X_{371} + X_{372} + X_{373} + X_{374} = 170 \\
& X_{375} + X_{376} + X_{377} + X_{378} + X_{379} + X_{380} = 280 \\
& X_{381} + X_{382} + X_{383} + X_{384} + X_{385} + X_{386} = 235 \\
& X_{387} + X_{388} + X_{389} + X_{390} + X_{391} + X_{392} = 215 \\
& X_{393} + X_{394} + X_{395} + X_{396} + X_{397} = 215 \\
& X_{398} + X_{399} + X_{400} + X_{401} = 220 \\
& X_{402} + X_{403} + X_{404} + X_{405} + X_{406} + X_{407} = 235 \\
& X_{408} + X_{409} + X_{410} + X_{411} + X_{412} + X_{413} = 405 \\
& X_{414} + X_{415} + X_{416} + X_{417} + X_{418} + X_{419} = 305 \\
& X_{420} + X_{421} + X_{422} + X_{423} + X_{424} + X_{425} = 180 \\
& X_{426} + X_{427} + X_{428} + X_{429} + X_{430} + X_{431} = 160 \\
& X_{432} + X_{433} + X_{434} + X_{435} = 230 \\
& X_{436} + X_{437} + X_{438} + X_{439} + X_{440} = 230 \\
& X_{441} + X_{442} + X_{443} + X_{444} + X_{445} + X_{446} = 110 \\
& X_{447} + X_{448} + X_{449} + X_{450} + X_{451} + X_{452} = 230 \\
& X_{453} + X_{454} + X_{455} + X_{456} + X_{457} + X_{458} = 100 \\
& X_{459} + X_{460} + X_{461} + X_{462} + X_{463} = 165 \\
& X_{464} + X_{465} + X_{466} + X_{467} + X_{468} + X_{469} = 110 \\
& X_{470} + X_{471} + X_{472} + X_{473} + X_{474} = 160 \\
& X_{475} + X_{476} + X_{477} + X_{478} + X_{479} + X_{480} = 130 \\
& X_{481} + X_{482} + X_{483} + X_{484} + X_{485} + X_{486} = 280 \\
& X_{487} + X_{488} + X_{489} + X_{490} + X_{491} + X_{492} + X_{493} = 320 \\
& X_{494} + X_{495} + X_{496} + X_{497} + X_{498} + X_{499} = 95 \\
& X_{500} + X_{501} + X_{502} + X_{503} + X_{504} + X_{505} = 250 \\
& X_{506} + X_{507} + X_{508} + X_{509} + X_{510} + X_{511} = 180 \\
& X_{512} + X_{513} + X_{514} + X_{515} + X_{516} = 120 \\
& X_{517} + X_{518} + X_{519} + X_{520} + X_{521} + X_{522} = 305 \\
& X_{523} + X_{524} + X_{525} + X_{526} + X_{527} + X_{528} = 140 \\
& X_{529} + X_{530} + X_{531} + X_{532} + X_{533} + X_{534} = 180 \\
& X_{535} + X_{536} + X_{537} + X_{538} + X_{539} + X_{540} = 100 \\
& X_{541} + X_{542} + X_{543} + X_{544} + X_{545} = 265 \\
& X_{546} + X_{547} + X_{548} + X_{549} + X_{550} + X_{551} = 275 \\
& X_{552} + X_{553} + X_{554} + X_{555} + X_{556} + X_{557} = 130 \\
& X_{558} + X_{559} + X_{560} + X_{561} + X_{562} = 395 \\
& X_{563} + X_{564} + X_{565} + X_{566} + X_{567} = 100
\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
& X_{568} + X_{569} + X_{570} + X_{571} = 195 \\
& X_{572} + X_{573} + X_{574} + X_{575} + X_{576} + X_{577} = 450 \\
& X_{578} + X_{579} + X_{580} + X_{581} + X_{582} + X_{583} = 170 \\
& X_{584} + X_{585} + X_{586} + X_{587} + X_{588} + X_{589} + X_{590} = 265 \\
& X_{591} + X_{592} + X_{593} + X_{594} + X_{595} + X_{596} = 170 \\
& X_{597} + X_{598} + X_{599} + X_{600} + X_{601} + X_{602} = 170 \\
& X_{603} + X_{604} + X_{605} + X_{606} + X_{607} = 130 \\
& X_{608} + X_{609} + X_{610} + X_{611} + X_{612} + X_{613} = 105 \\
& X_{614} + X_{615} + X_{616} + X_{617} + X_{618} + X_{619} = 115 \\
& X_{620} + X_{621} + X_{622} + X_{623} + X_{624} + X_{625} = 90 \\
& X_{626} + X_{627} + X_{628} + X_{629} + X_{630} = 205 \\
& X_{631} + X_{632} + X_{633} + X_{634} + X_{635} + X_{636} = 255 \\
& X_{637} + X_{638} + X_{639} + X_{640} + X_{641} + X_{642} + X_{643} = 165 \\
& X_{644} + X_{645} + X_{646} + X_{647} + X_{648} + X_{649} = 80 \\
& X_{650} + X_{651} + X_{652} + X_{653} + X_{654} + X_{655} = 135 \\
& X_{656} + X_{657} + X_{658} + X_{659} + X_{660} + X_{661} = 260 \\
& X_{662} + X_{663} + X_{664} + X_{665} + X_{666} + X_{667} = 235 \\
& X_{668} + X_{669} + X_{670} + X_{671} + X_{672} = 235 \\
& X_{673} + X_{674} + X_{675} + X_{676} + X_{677} + X_{678} = 145 \\
& X_{679} + X_{680} + X_{681} + X_{682} + X_{683} + X_{684} = 110 \\
& X_{685} + X_{686} + X_{687} + X_{688} + X_{689} + X_{690} = 260 \\
& X_{691} + X_{692} + X_{693} + X_{694} + X_{695} = 370 \\
& X_{696} + X_{697} + X_{698} + X_{699} = 200 \\
& X_{700} + X_{701} + X_{702} + X_{703} + X_{704} + X_{705} + X_{706} = 65 \\
& X_{707} + X_{708} + X_{709} + X_{710} + X_{711} = 315 \\
& X_{712} + X_{713} + X_{714} + X_{715} = 505 \\
& X_{716} + X_{717} + X_{718} + X_{719} + X_{720} + X_{721} = 75 \\
& X_{722} + X_{723} + X_{724} + X_{725} + X_{726} + X_{727} = 185 \\
& X_{728} + X_{729} + X_{730} + X_{731} + X_{732} + X_{733} = 135 \\
& X_{734} + X_{735} + X_{736} + X_{737} + X_{738} + X_{739} = 130 \\
& X_{740} + X_{741} + X_{742} + X_{743} + X_{744} + X_{745} = 285 \\
& X_{746} + X_{747} + X_{748} + X_{749} + X_{750} = 180 \\
& X_{751} + X_{752} + X_{753} + X_{754} + X_{755} + X_{756} = 215 \\
& X_{757} + X_{758} + X_{759} + X_{760} + X_{761} + X_{762} = 65 \\
& X_{763} + X_{764} + X_{765} + X_{766} + X_{767} = 310 \\
& X_{768} + X_{769} + X_{770} + X_{771} = 195 \\
& X_{772} + X_{773} + X_{774} + X_{775} = 170 \\
& X_{776} + X_{777} + X_{778} + X_{779} + X_{780} + X_{781} = 130 \\
& X_{782} + X_{783} + X_{784} + X_{785} + X_{786} + X_{787} = 60 \\
& X_{788} + X_{789} + X_{790} + X_{791} + X_{792} = 260 \\
& X_{793} + X_{794} + X_{795} + X_{796} = 455 \\
& X_{797} + X_{798} + X_{799} + X_{800} + X_{801} + X_{802} = 145 \\
& X_{803} + X_{804} + X_{805} + X_{806} + X_{807} + X_{808} = 260 \\
& X_{809} + X_{810} + X_{811} + X_{812} + X_{813} = 130 \\
& X_{814} + X_{815} + X_{816} + X_{817} = 200 \\
& X_{818} + X_{819} + X_{820} + X_{821} = 225
\end{aligned}$$

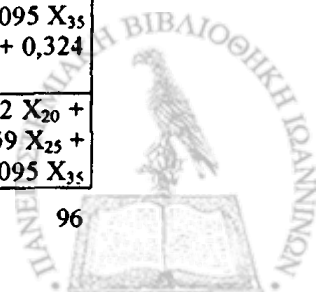
### 8.2.2.2. Οι περιορισμοί απωλειών

Οι περιορισμοί απωλειών εκφράζονται με τη μορφή:  $\sum_{i=1}^i \Delta h_i \leq H_A - h_i$  για όλα τα  $i$ ,

όπου  $H_A$  είναι το υψόμετρο της υδροληψίας,  $h_i$  είναι το ελάχιστο απαιτούμενο πιεζομετρικό φορτίο του κόμβου  $i$  και το άθροισμα  $\sum_{i=1}^i \Delta h_i$  νοείται κατά μήκος της κάθε

διαδρομής κατανάλωσης  $i$ . Στη σχέση αυτή οι απώλειες ενέργειας είναι εκφρασμένες σε ποσοστό επί τοις εκατό [%], οι μεταβλητές σε μέτρα [m] και η διαφορά  $H_A - h_i$  σε εκατοστά [cm] και για τα δεδομένα του προβλήματος παίρνει την ακόλουθη αναλυτική μορφή:

$\Delta h_{(A)00}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_4 + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_8 \leq 0$
$\Delta h_{011}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_5 + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_9 \leq -8200$
$\Delta h_{012}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_6 + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{10} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{12} \leq -2300$
$\Delta h_{021}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_7 + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{11} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{13} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{16} \leq -7500$
$\Delta h_{022}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_8 + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{12} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{14} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{17} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{20} \leq -2080$
$\Delta h_{L0211}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_9 + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{13} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{15} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{18} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{21} + 2,1249 X_{21} + 1,2491 X_{22} + 0,6882 X_{23} + 0,4069 X_{24} + 0,2318 X_{25} + 0,1291 X_{26} \leq -7350$
$\Delta h_{L0212}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{10} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{14} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{16} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{19} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{22} + 2,1249 X_{21} + 1,2491 X_{22} + 0,6882 X_{23} + 0,4069 X_{24} + 0,2318 X_{25} + 0,1291 X_{27} + 2,0019 X_{27} + 1,0241 X_{28} + 0,5689 X_{29} + 0,3371 X_{30} + 0,1874 X_{31} \leq -7380$
$\Delta h_{031}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{11} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{15} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{17} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{20} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{23} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{36} \leq -7320$
$\Delta h_{032}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{12} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{16} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{18} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{21} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{24} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{37} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{41} \leq -2000$
$\Delta h_{L0311}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{13} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{17} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{19} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{22} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{25} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{38} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{42} + 2,1249 X_{42} + 1,2491 X_{43} + 0,6882 X_{44} + 0,4069 X_{45} + 0,2318 X_{46} + 0,1291 X_{47} \leq -7240$
$\Delta h_{L0312}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{14} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{18} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{20} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{23} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{26} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{39} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{43} + 2,1249 X_{42} + 1,2491 X_{43} + 0,6882 X_{44} + 0,4069 X_{45} + 0,2318 X_{46} + 0,1291 X_{48} + 2,0019 X_{48} + 1,0241 X_{49} + 0,5689 X_{50} + 0,3371 X_{51} + 0,1874 X_{52} \leq -7220$
$\Delta h_{(A)001}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{15} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{19} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{21} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{24} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{27} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{40} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{44} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{57} \leq -7250$
$\Delta h_{(A)002}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{16} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{20} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{22} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{25} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{28} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35}$



	$+ 0,056 X_{41} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{45} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{58} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{62} \leq -1700$
$\Delta h_{s041}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{17} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{21} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{23} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{68} \leq -2450$
$\Delta h_{L0411}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{18} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{22} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{24} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{69} + 2,2180 X_{69} + 1,2256 X_{70} + 0,7228 X_{71} + 0,3997 X_{72} + 0,2371 X_{73} + 0,1356 X_{74} \leq -7620$
$\Delta h_{L0412}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{19} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{23} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{25} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{70} + 2,2180 X_{69} + 1,2256 X_{70} + 0,7228 X_{71} + 0,3997 X_{72} + 0,2371 X_{73} + 0,1356 X_{75} + 2,0019 X_{75} + 1,0241 X_{76} + 0,5689 X_{77} + 0,3371 X_{78} + 0,1874 X_{79} \leq -7550$
$\Delta h_{s051}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{20} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{24} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{26} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{71} + 1,3206 X_{80} + 0,7270 X_{81} + 0,3995 X_{82} + 0,2197 X_{83} + 0,1226 X_{84} + 0,0727 X_{85} \leq -7700$
$\Delta h_{s052}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{21} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{25} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{27} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{72} + 1,3206 X_{80} + 0,7270 X_{81} + 0,3995 X_{82} + 0,2197 X_{83} + 0,1226 X_{84} + 0,0727 X_{86} + 1,3206 X_{86} + 0,7270 X_{87} + 0,3995 X_{88} + 0,2197 X_{89} + 0,1226 X_{90} + 0,0727 X_{91} \leq -7900$
$\Delta h_{s053}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{22} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{26} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{28} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{73} + 1,3206 X_{80} + 0,7270 X_{81} + 0,3995 X_{82} + 0,2197 X_{83} + 0,1226 X_{84} + 0,0727 X_{87} + 1,3206 X_{86} + 0,7270 X_{87} + 0,3995 X_{88} + 0,2197 X_{89} + 0,1226 X_{90} + 0,0727 X_{92} + 1,3206 X_{92} + 0,7270 X_{93} + 0,3995 X_{94} + 0,2197 X_{95} + 0,1226 X_{96} + 0,0727 X_{97} \leq -7850$
$\Delta h_{s054}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{23} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{27} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{29} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{74} + 1,3206 X_{80} + 0,7270 X_{81} + 0,3995 X_{82} + 0,2197 X_{83} + 0,1226 X_{84} + 0,0727 X_{88} + 1,3206 X_{86} + 0,7270 X_{87} + 0,3995 X_{88} + 0,2197 X_{89} + 0,1226 X_{90} + 0,0727 X_{93} + 1,3206 X_{92} + 0,7270 X_{93} + 0,3995 X_{94} + 0,2197 X_{95} + 0,1226 X_{96} + 0,0727 X_{98} + 1,0786 X_{98} + 0,5945 X_{99} + 0,3271 X_{100} + 0,1802 X_{101} + 0,1006 X_{102} + 0,0598 X_{103} \leq -2520$
$\Delta h_{L0511}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{24} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{28} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{30} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{75} + 1,3206 X_{80} + 0,7270 X_{81} + 0,3995 X_{82} + 0,2197 X_{83} + 0,1226 X_{84} + 0,0727 X_{89} + 1,3206 X_{86} + 0,7270 X_{87} + 0,3995 X_{88} + 0,2197 X_{89} + 0,1226 X_{90} + 0,0727 X_{94} + 1,3206 X_{92} + 0,7270 X_{93} + 0,3995 X_{94} + 0,2197 X_{95} + 0,1226 X_{96} + 0,0727 X_{99} + 1,0786 X_{98} + 0,5945 X_{99} + 0,3271 X_{100} + 0,1802 X_{101} + 0,1006 X_{102} + 0,0598 X_{104} + 1,9155 X_{104} + 1,0524 X_{105} + 0,6206 X_{106} + 0,3526 X_{107} + 0,1958 X_{108} + 0,1085 X_{109} \leq -7780$
$\Delta h_{L0512}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{25} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{29} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{31} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{76} + 1,3206 X_{80} + 0,7270 X_{81} + 0,3995 X_{82} + 0,2197 X_{83} + 0,1226 X_{84} + 0,0727 X_{90} + 1,3206 X_{86} + 0,7270 X_{87} + 0,3995 X_{88} + 0,2197 X_{89} + 0,1226 X_{90} + 0,0727 X_{95} + 1,3206 X_{92} + 0,7270 X_{93} + 0,3995 X_{94} + 0,2197 X_{95} + 0,1226 X_{96} + 0,0727 X_{100} + 1,0786 X_{98} + 0,5945 X_{99} + 0,3271 X_{100} + 0,1802 X_{101} + 0,1006 X_{102} + 0,0598 X_{105} + 1,9155 X_{104} + 1,0524 X_{105} + 0,6206 X_{106} + 0,3526 X_{107} + 0,1958 X_{108} + 0,1085 X_{110} + 2,1249 X_{110} + 1,2491 X_{111} + 0,6882 X_{112} + 0,4069 X_{113} + 0,2318 X_{114} + 0,1291 X_{115} \leq -7700$
$\Delta h_{L0513}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{26} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{30} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{32} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{77} + 1,3206 X_{80} + 0,7270 X_{81} + 0,3995 X_{82} + 0,2197 X_{83} + 0,1226 X_{84} + 0,0727 X_{91} + 1,3206 X_{86} + 0,7270 X_{87} + 0,3995 X_{88} + 0,2197 X_{89} + 0,1226 X_{90} + 0,0727 X_{96} + 1,3206 X_{92} + 0,7270 X_{93} + 0,3995 X_{94} + 0,2197 X_{95} + 0,1226 X_{96} + 0,0727 X_{101} + 1,0786 X_{98} + 0,5945 X_{99} + 0,3271 X_{100} + 0,1802 X_{101} + 0,1006 X_{102} + 0,0598 X_{106} + 1,9155 X_{104} + 1,0524 X_{105} + 0,6206 X_{106} + 0,3526 X_{107} + 0,1958 X_{108} + 0,1085 X_{111} + 2,1249 X_{110} + 1,2491 X_{111} + 0,6882 X_{112} + 0,4069 X_{113} + 0,2318 X_{114} + 0,1291 X_{116} + 2,2180 X_{116} + 1,2256 X_{117} + 0,7228 X_{118} + 0,3997 X_{119} + 0,2371 X_{120} + 0,1356 X_{121} \leq -7420$
$\Delta h_{L0514}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{27} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{31} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{33} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{78} + 1,3206 X_{80} + 0,7270 X_{81} + 0,3995 X_{82} + 0,2197 X_{83} + 0,1226$

	$X_{84} + 0,0727 X_{92} + 1,3206 X_{86} + 0,7270 X_{87} + 0,3995 X_{88} + 0,2197 X_{89} + 0,1226 X_{90} + 0,0727 X_{97} + 1,3206 X_{92} + 0,7270 X_{93} + 0,3995 X_{94} + 0,2197 X_{95} + 0,1226 X_{96} + 0,0727 X_{102} + 1,0786 X_{98} + 0,5945 X_{99} + 0,3271 X_{100} + 0,1802 X_{101} + 0,1006 X_{102} + 0,0598 X_{107} + 1,9155 X_{104} + 1,0524 X_{105} + 0,6206 X_{106} + 0,3526 X_{107} + 0,1958 X_{108} + 0,1085 X_{112} + 2,1249 X_{110} + 1,2491 X_{111} + 0,6882 X_{112} + 0,4069 X_{113} + 0,2318 X_{114} + 0,1291 X_{117} + 2,2180 X_{116} + 1,2256 X_{117} + 0,7228 X_{118} + 0,3997 X_{119} + 0,2371 X_{120} + 0,1356 X_{122} + 2,0019 X_{122} + 1,0241 X_{123} + 0,5689 X_{124} + 0,3371 X_{125} + 0,1874 X_{126} \leq -7350$
$\Delta h_{L0515}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{28} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{32} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{34} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{79} + 1,3206 X_{80} + 0,7270 X_{81} + 0,3995 X_{82} + 0,2197 X_{83} + 0,1226 X_{84} + 0,0727 X_{93} + 1,3206 X_{86} + 0,7270 X_{87} + 0,3995 X_{88} + 0,2197 X_{89} + 0,1226 X_{90} + 0,0727 X_{98} + 1,3206 X_{92} + 0,7270 X_{93} + 0,3995 X_{94} + 0,2197 X_{95} + 0,1226 X_{96} + 0,0727 X_{103} + 1,0786 X_{98} + 0,5945 X_{99} + 0,3271 X_{100} + 0,1802 X_{101} + 0,1006 X_{102} + 0,0598 X_{108} + 1,9155 X_{104} + 1,0524 X_{105} + 0,6206 X_{106} + 0,3526 X_{107} + 0,1958 X_{108} + 0,1085 X_{113} + 2,1249 X_{110} + 1,2491 X_{111} + 0,6882 X_{112} + 0,4069 X_{113} + 0,2318 X_{114} + 0,1291 X_{118} + 2,2180 X_{116} + 1,2256 X_{117} + 0,7228 X_{118} + 0,3997 X_{119} + 0,2371 X_{120} + 0,1356 X_{123} + 2,0019 X_{122} + 1,0241 X_{123} + 0,5689 X_{124} + 0,3371 X_{125} + 0,1874 X_{127} + 1,8169 X_{127} + 0,9581 X_{128} + 0,5407 X_{129} + 0,2796 X_{130} \leq -7210$
$\Delta h_{L0521}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{29} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{33} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{35} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{80} + 1,3206 X_{80} + 0,7270 X_{81} + 0,3995 X_{82} + 0,2197 X_{83} + 0,1226 X_{84} + 0,0727 X_{94} + 1,3206 X_{86} + 0,7270 X_{87} + 0,3995 X_{88} + 0,2197 X_{89} + 0,1226 X_{90} + 0,0727 X_{99} + 1,3206 X_{92} + 0,7270 X_{93} + 0,3995 X_{94} + 0,2197 X_{95} + 0,1226 X_{96} + 0,0727 X_{104} + 1,0786 X_{98} + 0,5945 X_{99} + 0,3271 X_{100} + 0,1802 X_{101} + 0,1006 X_{102} + 0,0598 X_{109} + 2,1249 X_{131} + 1,2491 X_{132} + 0,6882 X_{133} + 0,4069 X_{134} + 0,2318 X_{135} + 0,1291 X_{136} \leq -7780$
$\Delta h_{L0522}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{30} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{34} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{36} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{81} + 1,3206 X_{80} + 0,7270 X_{81} + 0,3995 X_{82} + 0,2197 X_{83} + 0,1226 X_{84} + 0,0727 X_{95} + 1,3206 X_{86} + 0,7270 X_{87} + 0,3995 X_{88} + 0,2197 X_{89} + 0,1226 X_{90} + 0,0727 X_{100} + 1,3206 X_{92} + 0,7270 X_{93} + 0,3995 X_{94} + 0,2197 X_{95} + 0,1226 X_{96} + 0,0727 X_{105} + 1,0786 X_{98} + 0,5945 X_{99} + 0,3271 X_{100} + 0,1802 X_{101} + 0,1006 X_{102} + 0,0598 X_{110} + 2,1249 X_{131} + 1,2491 X_{132} + 0,6882 X_{133} + 0,4069 X_{134} + 0,2318 X_{135} + 0,1291 X_{137} + 2,2180 X_{137} + 1,2256 X_{138} + 0,7228 X_{139} + 0,3997 X_{140} + 0,2371 X_{141} + 0,1356 X_{142} \leq -7650$
$\Delta h_{L0523}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{31} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{35} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{37} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{82} + 1,3206 X_{80} + 0,7270 X_{81} + 0,3995 X_{82} + 0,2197 X_{83} + 0,1226 X_{84} + 0,0727 X_{96} + 1,3206 X_{86} + 0,7270 X_{87} + 0,3995 X_{88} + 0,2197 X_{89} + 0,1226 X_{90} + 0,0727 X_{101} + 1,3206 X_{92} + 0,7270 X_{93} + 0,3995 X_{94} + 0,2197 X_{95} + 0,1226 X_{96} + 0,0727 X_{106} + 1,0786 X_{98} + 0,5945 X_{99} + 0,3271 X_{100} + 0,1802 X_{101} + 0,1006 X_{102} + 0,0598 X_{111} + 2,1249 X_{131} + 1,2491 X_{132} + 0,6882 X_{133} + 0,4069 X_{134} + 0,2318 X_{135} + 0,1291 X_{138} + 2,2180 X_{137} + 1,2256 X_{138} + 0,7228 X_{139} + 0,3997 X_{140} + 0,2371 X_{141} + 0,1356 X_{143} + 2,0019 X_{143} + 1,0241 X_{144} + 0,5689 X_{145} + 0,3371 X_{146} + 0,1874 X_{147} \leq -7500$
$\Delta h_{L0524}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{32} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{36} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{38} + 0,8725 X_{63} + 0,4789 X_{64} + 0,2631 X_{65} + 0,1466 X_{66} + 0,0869 X_{67} + 0,0514 X_{83} + 1,3206 X_{80} + 0,7270 X_{81} + 0,3995 X_{82} + 0,2197 X_{83} + 0,1226 X_{84} + 0,0727 X_{97} + 1,3206 X_{86} + 0,7270 X_{87} + 0,3995 X_{88} + 0,2197 X_{89} + 0,1226 X_{90} + 0,0727 X_{102} + 1,3206 X_{92} + 0,7270 X_{93} + 0,3995 X_{94} + 0,2197 X_{95} + 0,1226 X_{96} + 0,0727 X_{107} + 1,0786 X_{98} + 0,5945 X_{99} + 0,3271 X_{100} + 0,1802 X_{101} + 0,1006 X_{102} + 0,0598 X_{112} + 2,1249 X_{131} + 1,2491 X_{132} + 0,6882 X_{133} + 0,4069 X_{134} + 0,2318 X_{135} + 0,1291 X_{139} + 2,2180 X_{137} + 1,2256 X_{138} + 0,7228 X_{139} + 0,3997 X_{140} + 0,2371 X_{141} + 0,1356 X_{144} + 2,0019 X_{143} + 1,0241 X_{144} + 0,5689 X_{145} + 0,3371 X_{146} + 0,1874 X_{148} + 1,8169 X_{148} + 0,9581 X_{149} + 0,5407 X_{150} + 0,2796 X_{151} \leq -7300$
$\Delta h_{L061}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{33} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{37} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{39} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{25} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{28} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{41} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{45} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{58} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{62} + 1,3206 X_{152} + 0,7270 X_{153} + 0,3995 X_{154} + 0,2197 X_{155} + 0,1226 X_{156} + 0,0727 X_{157} \leq -6960$
$\Delta h_{L062}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{34} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{38} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{40} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{26} +$









	$X_{211} + 0,1444 X_{212} + 0,0808 X_{217} + 1,1791 X_{214} + 0,6671 X_{215} + 0,3689 X_{216} + 0,2036 X_{217} + 0,1125 X_{218} + 0,0630 X_{222} + 2,1249 X_{230} + 1,2491 X_{231} + 0,6882 X_{232} + 0,4069 X_{233} + 0,2318 X_{234} + 0,1291 X_{235} \leq -7200$
$\Delta h_{L0922}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{48} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{52} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{54} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{40} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{43} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{56} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{60} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{73} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{77} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{199} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{203} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{208} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{213} + 1,5237 X_{208} + 0,8608 X_{209} + 0,4752 X_{210} + 0,2618 X_{211} + 0,1444 X_{212} + 0,0808 X_{218} + 1,1791 X_{214} + 0,6671 X_{215} + 0,3689 X_{216} + 0,2036 X_{217} + 0,1125 X_{218} + 0,0630 X_{223} + 2,1249 X_{230} + 1,2491 X_{231} + 0,6882 X_{232} + 0,4069 X_{233} + 0,2318 X_{234} + 0,1291 X_{236} + 2,0019 X_{236} + 1,0241 X_{237} + 0,5689 X_{238} + 0,3371 X_{239} + 0,1874 X_{240} \leq -7620$
$\Delta h_{L101}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{49} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{53} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{55} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{41} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{44} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{57} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{61} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{74} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{78} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{200} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{204} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{209} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{214} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{246} \leq -1700$
$\Delta h_{L1011}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{50} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{54} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{56} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{42} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{45} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{58} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{62} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{75} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{79} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{201} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{205} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{210} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{215} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{247} + 1,9155 X_{247} + 1,0524 X_{248} + 0,6206 X_{249} + 0,3526 X_{250} + 0,1958 X_{251} + 0,1085 X_{252} \leq -6900$
$\Delta h_{L1012}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{51} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{55} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{57} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{43} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{46} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{59} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{63} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{76} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{80} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{202} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{206} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{211} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{216} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{248} + 1,9155 X_{247} + 1,0524 X_{248} + 0,6206 X_{249} + 0,3526 X_{250} + 0,1958 X_{251} + 0,1085 X_{253} + 2,1249 X_{253} + 1,2491 X_{254} + 0,6882 X_{255} + 0,4069 X_{256} + 0,2318 X_{257} + 0,1291 X_{258} \leq -6850$
$\Delta h_{L1013}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{52} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{56} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{58} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{44} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{47} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{60} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{64} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{77} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{81} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{203} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{207} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{212} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{217} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{249} + 1,9155 X_{247} + 1,0524 X_{248} + 0,6206 X_{249} + 0,3526 X_{250} + 0,1958 X_{251} + 0,1085 X_{254} + 2,1249 X_{253} + 1,2491 X_{254} + 0,6882 X_{255} + 0,4069 X_{256} + 0,2318 X_{257} + 0,1291 X_{259} + 2,0019 X_{259} + 1,0241 X_{260} + 0,5689 X_{261} + 0,3371 X_{262} + 0,1874 X_{263} \leq -6830$



	$0,0386 X_{283} + 1,9155 X_{282} + 1,0524 X_{283} + 0,6206 X_{284} + 0,3526 X_{285} + 0,1958 X_{286} + 0,1085 X_{288} + 1,8169 X_{288} + 0,9581 X_{289} + 0,5407 X_{290} + 0,2796 X_{291} \leq -6700$
$\Delta h_{L1221}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{58} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{62} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{64} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{50} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{53} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{66} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{70} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{83} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{87} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{209} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{213} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{218} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{223} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{255} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{274} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{279} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{284} + 1,9155 X_{282} + 1,0524 X_{283} + 0,6206 X_{284} + 0,3526 X_{285} + 0,1958 X_{286} + 0,1085 X_{289} + 1,8169 X_{288} + 0,9581 X_{289} + 0,5407 X_{290} + 0,2796 X_{292} + 2,1249 X_{292} + 1,2491 X_{293} + 0,6882 X_{294} + 0,4069 X_{295} + 0,2318 X_{296} + 0,1291 X_{297} \leq -6700$
$\Delta h_{L1222}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{59} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{63} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{65} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{51} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{54} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{67} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{71} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{84} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{88} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{210} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{214} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{219} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{224} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{256} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{275} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{280} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{285} + 1,9155 X_{282} + 1,0524 X_{283} + 0,6206 X_{284} + 0,3526 X_{285} + 0,1958 X_{286} + 0,1085 X_{290} + 2,1249 X_{292} + 1,2491 X_{293} + 0,6882 X_{294} + 0,4069 X_{295} + 0,2318 X_{296} + 0,1291 X_{298} + 2,0019 X_{298} + 1,0241 X_{299} + 0,5689 X_{300} + 0,3371 X_{301} + 0,1874 X_{302} \leq -6620$
$\Delta h_{s131}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{60} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{64} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{66} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{52} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{55} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{68} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{72} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{85} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{89} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{211} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{215} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{220} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{225} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{257} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{276} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{281} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{286} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{308} \leq -6700$
$\Delta h_{s132}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{61} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{65} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{67} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{53} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{56} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{69} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{73} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{86} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{90} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{212} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{216} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{221} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{226} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{258} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{277} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{282} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{287} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{309} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{314} \leq -6690$



	$0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{323} + 1,1791 X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{328} + 2,2180 X_{327} + 1,2256 X_{328} + 0,7228 X_{329} + 0,3997 X_{330} + 0,2371 X_{331} + 0,1356 X_{333} + 2,0019 X_{333} + 1,0241 X_{334} + 0,5689 X_{335} + 0,3371 X_{336} + 0,1874 X_{337} \leq -6380$
$\Delta h_{L1421}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{66} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{70} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{72} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{58} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{61} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{74} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{78} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{91} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{95} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{217} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{221} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{226} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{231} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{263} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{282} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{287} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{292} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{314} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{319} + 0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{324} + 1,1791 X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{329} + 2,1249 X_{338} + 1,2491 X_{339} + 0,6882 X_{340} + 0,4069 X_{341} + 0,2318 X_{342} + 0,1291 X_{343} \leq -6400$
$\Delta h_{L1422}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{67} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{71} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{73} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{59} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{62} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{75} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{79} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{92} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{96} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{218} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{222} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{227} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{232} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{264} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{283} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{288} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{293} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{315} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{320} + 0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{325} + 1,1791 X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{330} + 2,1249 X_{338} + 1,2491 X_{339} + 0,6882 X_{340} + 0,4069 X_{341} + 0,2318 X_{342} + 0,1291 X_{344} + 2,0019 X_{344} + 1,0241 X_{345} + 0,5689 X_{346} + 0,3371 X_{347} + 0,1874 X_{348} + \leq -6500$
$\Delta h_{s151}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{68} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{72} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{74} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{60} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{63} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{76} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{80} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{93} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{97} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{219} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{223} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{228} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{233} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{265} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{284} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{289} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{294} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{316} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{321} + 0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{326} + 1,1791 X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{331} + 0,9812 X_{349} + 0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{355} \leq -6400$
$\Delta h_{s152}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{69} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{73} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{75} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{61} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{64} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{77} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{81} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{94} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} +$

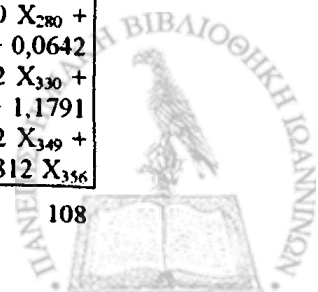
	$0,053 X_{98} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{220} + 0,6165 X_{191}$ $+ 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{224} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774$ $X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{229} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} +$ $0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{234} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353$ $X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{266} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} +$ $0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{285} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840$ $X_{274} + 0,0386 X_{290} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} +$ $0,0386 X_{295} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642$ $X_{317} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{322} +$ $0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{327} + 1,1791$ $X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{332} + 0,9812 X_{349} +$ $0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{356} 0,9812 X_{356}$ $+ 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{362} \leq -6300$
$\Delta h_{1513}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{70} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{74} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{76} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{62} +$ $0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{65} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35}$ $+ 0,056 X_{78} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{82} + 0,715 X_{53} + 0,324$ $X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{95} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} +$ $0,053 X_{99} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{221} + 0,6165 X_{191}$ $+ 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{225} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774$ $X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{230} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} +$ $0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{235} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353$ $X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{267} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} +$ $0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{286} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840$ $X_{274} + 0,0386 X_{291} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} +$ $0,0386 X_{296} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642$ $X_{318} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{323} +$ $0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{328} + 1,1791$ $X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{333} + 0,9812 X_{349} +$ $0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{357} 0,9812 X_{356}$ $+ 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{363} 0,8667$ $X_{363} + 0,4744 X_{364} + 0,2633 X_{365} + 0,1555 X_{366} + 0,0930 X_{367} + 0,0482 X_{368} \leq -900$
$\Delta h_{L1511}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{71} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{75} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{77} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{63} +$ $0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{66} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35}$ $+ 0,056 X_{79} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{83} + 0,715 X_{53} + 0,324$ $X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{96} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} +$ $0,053 X_{100} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{222} + 0,6165 X_{191}$ $+ 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{226} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774$ $X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{231} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} +$ $0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{236} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353$ $X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{268} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} +$ $0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{287} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840$ $X_{274} + 0,0386 X_{292} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} +$ $0,0386 X_{297} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642$ $X_{319} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{324} +$ $0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{329} + 1,1791$ $X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{334} + 0,9812 X_{349} +$ $0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{358} 0,9812 X_{356}$ $+ 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{364} 0,8667$ $X_{363} + 0,4744 X_{364} + 0,2633 X_{365} + 0,1555 X_{366} + 0,0930 X_{367} + 0,0482 X_{369} 1,4919 X_{369} +$ $0,8780 X_{370} + 0,4977 X_{371} + 0,2757 X_{372} + 0,1525 X_{373} + 0,0844 X_{374} \leq -6150$
$\Delta h_{L1512}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{72} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{76} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{78} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{64} +$ $0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{67} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35}$ $+ 0,056 X_{80} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{84} + 0,715 X_{53} + 0,324$ $X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{97} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} +$ $0,053 X_{101} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{223} + 0,6165 X_{191}$ $+ 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{227} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774$ $X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{232} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} +$ $0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{237} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353$



	$X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{269} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{288} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{293} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{298} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{320} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{325} + 0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{330} + 1,1791 X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{335} + 0,9812 X_{349} + 0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{359} 0,9812 X_{356} + 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{365} 0,8667 X_{363} + 0,4744 X_{364} + 0,2633 X_{365} + 0,1555 X_{366} + 0,0930 X_{367} + 0,0482 X_{370} 1,4919 X_{369} + 0,8780 X_{370} + 0,4977 X_{371} + 0,2757 X_{372} + 0,1525 X_{373} + 0,0844 X_{375} 1,9155 X_{375} + 1,0524 X_{376} + 0,6206 X_{377} + 0,3526 X_{378} + 0,1958 X_{379} + 0,1085 X_{380} \leq -6100$
$\Delta h_{L1513}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_7 + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{77} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{79} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{65} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{68} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{81} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{85} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{98} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{102} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{224} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{228} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{233} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{238} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{270} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{289} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{294} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{299} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{321} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{326} + 0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{331} + 1,1791 X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{336} + 0,9812 X_{349} + 0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{360} 0,9812 X_{356} + 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{366} 0,8667 X_{363} + 0,4744 X_{364} + 0,2633 X_{365} + 0,1555 X_{366} + 0,0930 X_{367} + 0,0482 X_{371} 1,4919 X_{369} + 0,8780 X_{370} + 0,4977 X_{371} + 0,2757 X_{372} + 0,1525 X_{373} + 0,0844 X_{376} 1,9155 X_{375} + 1,0524 X_{376} + 0,6206 X_{377} + 0,3526 X_{378} + 0,1958 X_{379} + 0,1085 X_{381} 2,1249 X_{381} + 1,2491 X_{382} + 0,6882 X_{383} + 0,4069 X_{384} + 0,2318 X_{385} + 0,1291 X_{386} \leq -6050$
$\Delta h_{L1514}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{74} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{78} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{80} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{66} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{69} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{82} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{86} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{99} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{103} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{225} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{229} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{234} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{239} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{271} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{290} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{295} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{300} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{322} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{327} + 0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{332} + 1,1791 X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{337} + 0,9812 X_{349} + 0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{361} 0,9812 X_{356} + 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{367} 0,8667 X_{363} + 0,4744 X_{364} + 0,2633 X_{365} + 0,1555 X_{366} + 0,0930 X_{367} + 0,0482 X_{372} 1,4919 X_{369} + 0,8780 X_{370} + 0,4977 X_{371} + 0,2757 X_{372} + 0,1525 X_{373} + 0,0844 X_{377} 1,9155 X_{375} + 1,0524 X_{376} + 0,6206 X_{377} + 0,3526 X_{378} + 0,1958 X_{379} + 0,1085 X_{382} 2,1249 X_{381} + 1,2491 X_{382} + 0,6882 X_{383} + 0,4069 X_{384} + 0,2318 X_{385} + 0,1291 X_{387} 2,2180 X_{387} + 1,2256 X_{388} + 0,7228 X_{389} + 0,3997 X_{390} + 0,2371 X_{391} + 0,1356 X_{392} \leq -6000$
$\Delta h_{L1515}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{75} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{79} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{81} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{67} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{70} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{83} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{87} + 0,715 X_{53} + 0,324$

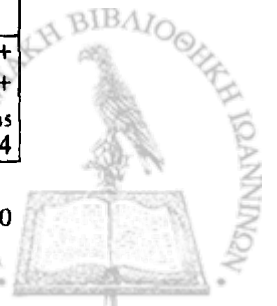


	$X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{100} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{104} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{226} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{230} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{235} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{240} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{272} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{291} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{296} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{301} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{323} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{328} + 0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{333} + 1,1791 X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{338} + 0,9812 X_{349} + 0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{362} 0,9812 X_{356} + 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{368} 0,8667 X_{363} + 0,4744 X_{364} + 0,2633 X_{365} + 0,1555 X_{366} + 0,0930 X_{367} + 0,0482 X_{373} 1,4919 X_{369} + 0,8780 X_{370} + 0,4977 X_{371} + 0,2757 X_{372} + 0,1525 X_{373} + 0,0844 X_{378} 1,9155 X_{375} + 1,0524 X_{376} + 0,6206 X_{377} + 0,3526 X_{378} + 0,1958 X_{379} + 0,1085 X_{383} 2,1249 X_{381} + 1,2491 X_{382} + 0,6882 X_{383} + 0,4069 X_{384} + 0,2318 X_{385} + 0,1291 X_{388} 2,2180 X_{387} + 1,2256 X_{388} + 0,7228 X_{389} + 0,3997 X_{390} + 0,2371 X_{391} + 0,1356 X_{393} 2,0019 X_{393} + 1,0241 X_{394} + 0,5689 X_{395} + 0,3371 X_{396} + 0,1874 X_{397} \leq -5950$
$\Delta h_{L1516}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{76} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{80} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{82} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{68} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{71} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{84} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{88} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{101} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{105} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{227} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{231} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{236} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{241} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{273} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{292} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{297} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{302} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{324} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{329} + 0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{334} + 1,1791 X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{339} + 0,9812 X_{349} + 0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{363} 0,9812 X_{356} + 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{369} 0,8667 X_{363} + 0,4744 X_{364} + 0,2633 X_{365} + 0,1555 X_{366} + 0,0930 X_{367} + 0,0482 X_{374} 1,4919 X_{369} + 0,8780 X_{370} + 0,4977 X_{371} + 0,2757 X_{372} + 0,1525 X_{373} + 0,0844 X_{379} 1,9155 X_{375} + 1,0524 X_{376} + 0,6206 X_{377} + 0,3526 X_{378} + 0,1958 X_{379} + 0,1085 X_{384} 2,1249 X_{381} + 1,2491 X_{382} + 0,6882 X_{383} + 0,4069 X_{384} + 0,2318 X_{385} + 0,1291 X_{389} 2,2180 X_{387} + 1,2256 X_{388} + 0,7228 X_{389} + 0,3997 X_{390} + 0,2371 X_{391} + 0,1356 X_{394} 2,0019 X_{393} + 1,0241 X_{394} + 0,5689 X_{395} + 0,3371 X_{396} + 0,1874 X_{398} 1,8169 X_{398} + 0,9581 X_{399} + 0,5407 X_{400} + 0,2796 X_{401} \leq -5900$
$\Delta h_{161}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{77} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{81} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{83} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{69} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{72} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{85} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{89} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{102} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{106} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{228} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{232} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{237} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{242} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{274} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{293} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{298} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{303} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{325} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{330} + 0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{335} + 1,1791 X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{340} + 0,9812 X_{349} + 0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{364} 0,9812 X_{356}$



	$+ 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{370} 0,8667$ $X_{363} + 0,4744 X_{364} + 0,2633 X_{365} + 0,1555 X_{366} + 0,0930 X_{367} + 0,0482 X_{375} 1,0311 X_{402} +$ $0,5653 X_{403} + 0,3103 X_{404} + 0,1727 X_{405} + 0,1022 X_{406} + 0,0606 X_{407} \leq -6250$
$\Delta h_{162}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{78} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{82} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{84} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{70} +$ $0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{73} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35}$ $+ 0,056 X_{86} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{90} + 0,715 X_{53} + 0,324$ $X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{103} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} +$ $0,053 X_{107} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{229} + 0,6165 X_{191}$ $+ 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{233} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774$ $X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{238} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} +$ $0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{243} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353$ $X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{275} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} +$ $0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{294} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840$ $X_{274} + 0,0386 X_{299} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} +$ $0,0386 X_{304} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642$ $X_{326} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{331} +$ $0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{336} + 1,1791$ $X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{341} + 0,9812 X_{349} +$ $0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{365} 0,9812 X_{356}$ $+ 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{371} 0,8667$ $X_{363} + 0,4744 X_{364} + 0,2633 X_{365} + 0,1555 X_{366} + 0,0930 X_{367} + 0,0482 X_{376} 1,0311 X_{402} +$ $0,5653 X_{403} + 0,3103 X_{404} + 0,1727 X_{405} + 0,1022 X_{406} + 0,0606 X_{408} 1,0311 X_{408} +$ $0,5653 X_{409} + 0,3103 X_{410} + 0,1727 X_{411} + 0,1022 X_{412} + 0,0606 X_{413} \leq -6200$
$\Delta h_{163}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{79} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{83} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{85} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{71} +$ $0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{74} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35}$ $+ 0,056 X_{87} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{91} + 0,715 X_{53} + 0,324$ $X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{104} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} +$ $0,053 X_{108} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{230} + 0,6165 X_{191}$ $+ 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{234} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774$ $X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{239} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} +$ $0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{244} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353$ $X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{276} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} +$ $0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{295} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840$ $X_{274} + 0,0386 X_{300} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} +$ $0,0386 X_{305} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642$ $X_{327} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{332} +$ $0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{337} + 1,1791$ $X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{342} + 0,9812 X_{349} +$ $0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{366} 0,9812 X_{356}$ $+ 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{372} 0,8667$ $X_{363} + 0,4744 X_{364} + 0,2633 X_{365} + 0,1555 X_{366} + 0,0930 X_{367} + 0,0482 X_{377} 1,0311 X_{402} +$ $0,5653 X_{403} + 0,3103 X_{404} + 0,1727 X_{405} + 0,1022 X_{406} + 0,0606 X_{409} 1,0311 X_{408} +$ $0,5653 X_{409} + 0,3103 X_{410} + 0,1727 X_{411} + 0,1022 X_{412} + 0,0606 X_{414} 0,8725 X_{414} +$ $0,4789 X_{415} + 0,2631 X_{416} + 0,1466 X_{417} + 0,0869 X_{418} + 0,0514 X_{419} \leq -6180$
$\Delta h_{164}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{80} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{84} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{86} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{72} +$ $0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{75} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35}$ $+ 0,056 X_{88} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{92} + 0,715 X_{53} + 0,324$ $X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{105} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} +$ $0,053 X_{109} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{231} + 0,6165 X_{191}$ $+ 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{235} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774$ $X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{240} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} +$ $0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{245} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353$ $X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{277} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} +$ $0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{296} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840$ $X_{274} + 0,0386 X_{301} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} +$ $0,0386 X_{306} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642$ $X_{328} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{333} +$ $0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{338} + 1,1791$

	$X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{343} + 0,9812 X_{349} + 0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{367} 0,9812 X_{356} + 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{373} 0,8667 X_{363} + 0,4744 X_{364} + 0,2633 X_{365} + 0,1555 X_{366} + 0,0930 X_{367} + 0,0482 X_{378} 1,0311 X_{402} + 0,5653 X_{403} + 0,3103 X_{404} + 0,1727 X_{405} + 0,1022 X_{406} + 0,0606 X_{410} 1,0311 X_{408} + 0,5653 X_{409} + 0,3103 X_{410} + 0,1727 X_{411} + 0,1022 X_{412} + 0,0606 X_{415} 0,8725 X_{414} + 0,4789 X_{415} + 0,2631 X_{416} + 0,1466 X_{417} + 0,0869 X_{418} + 0,0514 X_{420} 1,3206 X_{420} + 0,7270 X_{421} + 0,3995 X_{422} + 0,2197 X_{423} + 0,1226 X_{424} + 0,0727 X_{425} \leq -6350$
$\Delta h_{L165}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{81} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{85} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{87} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{73} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{76} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{89} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{93} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{106} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{110} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{232} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{236} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{241} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{246} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{278} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{297} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{302} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{307} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{329} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{334} + 0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{339} + 1,1791 X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{344} + 0,9812 X_{349} + 0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{368} 0,9812 X_{356} + 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{374} 0,8667 X_{363} + 0,4744 X_{364} + 0,2633 X_{365} + 0,1555 X_{366} + 0,0930 X_{367} + 0,0482 X_{379} 1,0311 X_{402} + 0,5653 X_{403} + 0,3103 X_{404} + 0,1727 X_{405} + 0,1022 X_{406} + 0,0606 X_{411} 1,0311 X_{408} + 0,5653 X_{409} + 0,3103 X_{410} + 0,1727 X_{411} + 0,1022 X_{412} + 0,0606 X_{416} 0,8725 X_{414} + 0,4789 X_{415} + 0,2631 X_{416} + 0,1466 X_{417} + 0,0869 X_{418} + 0,0514 X_{421} 1,3206 X_{420} + 0,7270 X_{421} + 0,3995 X_{422} + 0,2197 X_{423} + 0,1226 X_{424} + 0,0727 X_{426} 1,3206 X_{426} + 0,7270 X_{427} + 0,3995 X_{428} + 0,2197 X_{429} + 0,1226 X_{430} + 0,0727 X_{431} \leq -1100$
$\Delta h_{L1611}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{82} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{86} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{88} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{74} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{77} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{90} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{94} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{107} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{111} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{233} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{237} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{242} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{247} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{279} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{298} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{303} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{308} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{330} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{335} + 0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{340} + 1,1791 X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{345} + 0,9812 X_{349} + 0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{369} 0,9812 X_{356} + 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{375} 0,8667 X_{363} + 0,4744 X_{364} + 0,2633 X_{365} + 0,1555 X_{366} + 0,0930 X_{367} + 0,0482 X_{380} 1,0311 X_{402} + 0,5653 X_{403} + 0,3103 X_{404} + 0,1727 X_{405} + 0,1022 X_{406} + 0,0606 X_{412} 1,0311 X_{408} + 0,5653 X_{409} + 0,3103 X_{410} + 0,1727 X_{411} + 0,1022 X_{412} + 0,0606 X_{417} 0,8725 X_{414} + 0,4789 X_{415} + 0,2631 X_{416} + 0,1466 X_{417} + 0,0869 X_{418} + 0,0514 X_{422} 1,3206 X_{420} + 0,7270 X_{421} + 0,3995 X_{422} + 0,2197 X_{423} + 0,1226 X_{424} + 0,0727 X_{427} 1,3206 X_{426} + 0,7270 X_{427} + 0,3995 X_{428} + 0,2197 X_{429} + 0,1226 X_{430} + 0,0727 X_{432} 1,8169 X_{432} + 0,9581 X_{433} + 0,5407 X_{434} + 0,2796 X_{435} \leq -6500$
$\Delta h_{L1621}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{83} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{87} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{89} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{75} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{78} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{91} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{95} + 0,715 X_{53} + 0,324$



	$X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{108} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{112} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{234} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{238} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{243} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{248} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{280} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{299} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{304} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{309} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{331} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{336} + 0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{341} + 1,1791 X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{346} + 0,9812 X_{349} + 0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{370} + 0,9812 X_{356} + 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{376} + 0,8667 X_{363} + 0,4744 X_{364} + 0,2633 X_{365} + 0,1555 X_{366} + 0,0930 X_{367} + 0,0482 X_{381} + 1,0311 X_{402} + 0,5653 X_{403} + 0,3103 X_{404} + 0,1727 X_{405} + 0,1022 X_{406} + 0,0606 X_{413} + 1,0311 X_{408} + 0,5653 X_{409} + 0,3103 X_{410} + 0,1727 X_{411} + 0,1022 X_{412} + 0,0606 X_{418} + 0,8725 X_{414} + 0,4789 X_{415} + 0,2631 X_{416} + 0,1466 X_{417} + 0,0869 X_{418} + 0,0514 X_{423} + 1,3206 X_{420} + 0,7270 X_{421} + 0,3995 X_{422} + 0,2197 X_{423} + 0,1226 X_{424} + 0,0727 X_{428} + 1,3206 X_{426} + 0,7270 X_{427} + 0,3995 X_{428} + 0,2197 X_{429} + 0,1226 X_{430} + 0,0727 X_{433} + 2,0019 X_{436} + 1,0241 X_{437} + 0,5689 X_{438} + 0,3371 X_{439} + 0,1874 X_{440} \leq -6300$
Ah <sub>171</sub>	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{84} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{88} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{90} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{76} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{79} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{92} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{96} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{109} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{113} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{235} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{239} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{244} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{249} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{281} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{300} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{305} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{310} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{332} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{337} + 0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{342} + 1,1791 X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{347} + 0,9812 X_{349} + 0,5367 X_{350} + 0,2976 X_{351} + 0,1757 X_{352} + 0,1053 X_{353} + 0,0543 X_{354} + 0,0419 X_{371} + 0,9812 X_{356} + 0,5367 X_{357} + 0,2976 X_{358} + 0,1757 X_{359} + 0,1053 X_{360} + 0,0543 X_{361} + 0,0419 X_{377} + 0,8667 X_{363} + 0,4744 X_{364} + 0,2633 X_{365} + 0,1555 X_{366} + 0,0930 X_{367} + 0,0482 X_{382} + 1,0311 X_{402} + 0,5653 X_{403} + 0,3103 X_{404} + 0,1727 X_{405} + 0,1022 X_{406} + 0,0606 X_{414} + 1,0311 X_{408} + 0,5653 X_{409} + 0,3103 X_{410} + 0,1727 X_{411} + 0,1022 X_{412} + 0,0606 X_{419} + 0,8725 X_{414} + 0,4789 X_{415} + 0,2631 X_{416} + 0,1466 X_{417} + 0,0869 X_{418} + 0,0514 X_{424} + 1,3206 X_{420} + 0,7270 X_{421} + 0,3995 X_{422} + 0,2197 X_{423} + 0,1226 X_{424} + 0,0727 X_{429} + 1,3206 X_{426} + 0,7270 X_{427} + 0,3995 X_{428} + 0,2197 X_{429} + 0,1226 X_{430} + 0,0727 X_{434} + 1,3206 X_{441} + 0,7270 X_{442} + 0,3995 X_{443} + 0,2197 X_{444} + 0,1226 X_{445} + 0,0727 X_{446} \leq -6300$
Ah <sub>172</sub>	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{85} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{89} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{91} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{77} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{80} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{93} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{97} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{110} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{114} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{236} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{240} + 0,5822 X_{196} + 0,3563 X_{197} + 0,1774 X_{198} + 0,1404 X_{199} + 0,0642 X_{200} + 0,0327 X_{245} + 0,5822 X_{202} + 0,3563 X_{203} + 0,1774 X_{204} + 0,1404 X_{205} + 0,0642 X_{206} + 0,0327 X_{250} + 0,7534 X_{241} + 0,4424 X_{242} + 0,2696 X_{243} + 0,1353 X_{244} + 0,1064 X_{245} + 0,0488 X_{282} + 0,6459 X_{264} + 0,3796 X_{265} + 0,2307 X_{266} + 0,1163 X_{267} + 0,0912 X_{268} + 0,0418 X_{301} + 0,5952 X_{270} + 0,3500 X_{271} + 0,2124 X_{272} + 0,1073 X_{273} + 0,0840 X_{274} + 0,0386 X_{306} + 0,5952 X_{276} + 0,3500 X_{277} + 0,2124 X_{278} + 0,1073 X_{279} + 0,0840 X_{280} + 0,0386 X_{311} + 0,8233 X_{303} + 0,4554 X_{304} + 0,2682 X_{305} + 0,1620 X_{306} + 0,0825 X_{307} + 0,0642 X_{333} + 0,8233 X_{309} + 0,4554 X_{310} + 0,2682 X_{311} + 0,1620 X_{312} + 0,0825 X_{313} + 0,0642 X_{338} + 0,8233 X_{315} + 0,4554 X_{316} + 0,2682 X_{317} + 0,1620 X_{318} + 0,0825 X_{319} + 0,0642 X_{343} + 1,1791 X_{321} + 0,6671 X_{322} + 0,3689 X_{323} + 0,2036 X_{324} + 0,1125 X_{325} + 0,0630 X_{348} + 0,9812 X_{349} +$

0,5367 X<sub>350</sub> + 0,2976 X<sub>351</sub> + 0,1757 X<sub>352</sub> + 0,1053 X<sub>353</sub> + 0,0543 X<sub>354</sub> + 0,0419 X<sub>372</sub> 0,9812 X<sub>356</sub>  
+ 0,5367 X<sub>357</sub> + 0,2976 X<sub>358</sub> + 0,1757 X<sub>359</sub> + 0,1053 X<sub>360</sub> + 0,0543 X<sub>361</sub> + 0,0419 X<sub>378</sub> 0,8667  
X<sub>363</sub> + 0,4744 X<sub>364</sub> + 0,2633 X<sub>365</sub> + 0,1555 X<sub>366</sub> + 0,0930 X<sub>367</sub> + 0,0482 X<sub>383</sub> 1,0311 X<sub>402</sub> +  
0,5653 X<sub>403</sub> + 0,3103 X<sub>404</sub> + 0,1727 X<sub>405</sub> + 0,1022 X<sub>406</sub> + 0,0606 X<sub>415</sub> 1,0311 X<sub>408</sub> +  
0,5653 X<sub>409</sub> + 0,3103 X<sub>410</sub> + 0,1727 X<sub>411</sub> + 0,1022 X<sub>412</sub> + 0,0606 X<sub>420</sub> 0,8725 X<sub>414</sub> +  
0,4789 X<sub>415</sub> + 0,2631 X<sub>416</sub> + 0,1466 X<sub>417</sub> + 0,0869 X<sub>418</sub> + 0,0514 X<sub>425</sub> 1,3206 X<sub>420</sub> +  
0,7270 X<sub>421</sub> + 0,3995 X<sub>422</sub> + 0,2197 X<sub>423</sub> + 0,1226 X<sub>424</sub> + 0,0727 X<sub>430</sub> 1,3206 X<sub>426</sub> +  
0,7270 X<sub>427</sub> + 0,3995 X<sub>428</sub> + 0,2197 X<sub>429</sub> + 0,1226 X<sub>430</sub> + 0,0727 X<sub>435</sub> 1,3206 X<sub>441</sub> +  
0,7270 X<sub>442</sub> + 0,3995 X<sub>443</sub> + 0,2197 X<sub>444</sub> + 0,1226 X<sub>445</sub> + 0,0727 X<sub>447</sub> 1,5237 X<sub>447</sub> +  
0,8608 X<sub>448</sub> + 0,4752 X<sub>449</sub> + 0,2618 X<sub>450</sub> + 0,1444 X<sub>451</sub> + 0,0808 X<sub>452</sub> ≤ -900

**Δh<sub>L1711</sub>** 0,443 X<sub>1</sub> + 0,223 X<sub>2</sub> + 0,122 X<sub>3</sub> + 0,072 X<sub>86</sub> + 0,443 X<sub>5</sub> + 0,223 X<sub>6</sub> + 0,122 X<sub>7</sub> + 0,072 X<sub>90</sub> +  
0,443 X<sub>9</sub> + 0,223 X<sub>10</sub> + 0,122 X<sub>11</sub> + 0,072 X<sub>92</sub> + 0,361 X<sub>13</sub> + 0,182 X<sub>14</sub> + 0,100 X<sub>15</sub> + 0,059 X<sub>78</sub> +  
0,361 X<sub>17</sub> + 0,182 X<sub>18</sub> + 0,100 X<sub>19</sub> + 0,059 X<sub>81</sub> + 0,756 X<sub>32</sub> + 0,342 X<sub>33</sub> + 0,173 X<sub>34</sub> + 0,095 X<sub>35</sub>  
+ 0,056 X<sub>94</sub> + 0,756 X<sub>37</sub> + 0,342 X<sub>38</sub> + 0,173 X<sub>39</sub> + 0,095 X<sub>40</sub> + 0,056 X<sub>98</sub> + 0,715 X<sub>53</sub> + 0,324  
X<sub>54</sub> + 0,163 X<sub>55</sub> + 0,090 X<sub>56</sub> + 0,053 X<sub>111</sub> + 0,715 X<sub>58</sub> + 0,324 X<sub>59</sub> + 0,163 X<sub>60</sub> + 0,090 X<sub>61</sub> +  
0,053 X<sub>115</sub> + 0,6165 X<sub>186</sub> + 0,2793 X<sub>187</sub> + 0,1411 X<sub>188</sub> + 0,0775 X<sub>189</sub> + 0,0454 X<sub>237</sub> + 0,6165 X<sub>191</sub>  
+ 0,2793 X<sub>192</sub> + 0,1411 X<sub>193</sub> + 0,0775 X<sub>194</sub> + 0,0454 X<sub>241</sub> + 0,5822 X<sub>196</sub> + 0,3563 X<sub>197</sub> + 0,1774  
X<sub>198</sub> + 0,1404 X<sub>199</sub> + 0,0642 X<sub>200</sub> + 0,0327 X<sub>246</sub> + 0,5822 X<sub>202</sub> + 0,3563 X<sub>203</sub> + 0,1774 X<sub>204</sub> +  
0,1404 X<sub>205</sub> + 0,0642 X<sub>206</sub> + 0,0327 X<sub>251</sub> + 0,7534 X<sub>241</sub> + 0,4424 X<sub>242</sub> + 0,2696 X<sub>243</sub> + 0,1353  
X<sub>244</sub> + 0,1064 X<sub>245</sub> + 0,0488 X<sub>283</sub> + 0,6459 X<sub>264</sub> + 0,3796 X<sub>265</sub> + 0,2307 X<sub>266</sub> + 0,1163 X<sub>267</sub> +  
0,0912 X<sub>268</sub> + 0,0418 X<sub>302</sub> + 0,5952 X<sub>270</sub> + 0,3500 X<sub>271</sub> + 0,2124 X<sub>272</sub> + 0,1073 X<sub>273</sub> + 0,0840  
X<sub>274</sub> + 0,0386 X<sub>307</sub> + 0,5952 X<sub>276</sub> + 0,3500 X<sub>277</sub> + 0,2124 X<sub>278</sub> + 0,1073 X<sub>279</sub> + 0,0840 X<sub>280</sub> +  
0,0386 X<sub>312</sub> + 0,8233 X<sub>303</sub> + 0,4554 X<sub>304</sub> + 0,2682 X<sub>305</sub> + 0,1620 X<sub>306</sub> + 0,0825 X<sub>307</sub> + 0,0642  
X<sub>334</sub> + 0,8233 X<sub>309</sub> + 0,4554 X<sub>310</sub> + 0,2682 X<sub>311</sub> + 0,1620 X<sub>312</sub> + 0,0825 X<sub>313</sub> + 0,0642 X<sub>339</sub> +  
0,8233 X<sub>315</sub> + 0,4554 X<sub>316</sub> + 0,2682 X<sub>317</sub> + 0,1620 X<sub>318</sub> + 0,0825 X<sub>319</sub> + 0,0642 X<sub>344</sub> + 1,1791  
X<sub>321</sub> + 0,6671 X<sub>322</sub> + 0,3689 X<sub>323</sub> + 0,2036 X<sub>324</sub> + 0,1125 X<sub>325</sub> + 0,0630 X<sub>349</sub> + 0,9812 X<sub>349</sub> +  
0,5367 X<sub>350</sub> + 0,2976 X<sub>351</sub> + 0,1757 X<sub>352</sub> + 0,1053 X<sub>353</sub> + 0,0543 X<sub>354</sub> + 0,0419 X<sub>373</sub> 0,9812 X<sub>356</sub>  
+ 0,5367 X<sub>357</sub> + 0,2976 X<sub>358</sub> + 0,1757 X<sub>359</sub> + 0,1053 X<sub>360</sub> + 0,0543 X<sub>361</sub> + 0,0419 X<sub>379</sub> 0,8667  
X<sub>363</sub> + 0,4744 X<sub>364</sub> + 0,2633 X<sub>365</sub> + 0,1555 X<sub>366</sub> + 0,0930 X<sub>367</sub> + 0,0482 X<sub>384</sub> 1,0311 X<sub>402</sub> +  
0,5653 X<sub>403</sub> + 0,3103 X<sub>404</sub> + 0,1727 X<sub>405</sub> + 0,1022 X<sub>406</sub> + 0,0606 X<sub>416</sub> 1,0311 X<sub>408</sub> +  
0,5653 X<sub>409</sub> + 0,3103 X<sub>410</sub> + 0,1727 X<sub>411</sub> + 0,1022 X<sub>412</sub> + 0,0606 X<sub>421</sub> 0,8725 X<sub>414</sub> +  
0,4789 X<sub>415</sub> + 0,2631 X<sub>416</sub> + 0,1466 X<sub>417</sub> + 0,0869 X<sub>418</sub> + 0,0514 X<sub>426</sub> 1,3206 X<sub>420</sub> +  
0,7270 X<sub>421</sub> + 0,3995 X<sub>422</sub> + 0,2197 X<sub>423</sub> + 0,1226 X<sub>424</sub> + 0,0727 X<sub>431</sub> 1,3206 X<sub>426</sub> +  
0,7270 X<sub>427</sub> + 0,3995 X<sub>428</sub> + 0,2197 X<sub>429</sub> + 0,1226 X<sub>430</sub> + 0,0727 X<sub>436</sub> 1,3206 X<sub>441</sub> +  
0,7270 X<sub>442</sub> + 0,3995 X<sub>443</sub> + 0,2197 X<sub>444</sub> + 0,1226 X<sub>445</sub> + 0,0727 X<sub>448</sub> 1,5237 X<sub>447</sub> +  
0,8608 X<sub>448</sub> + 0,4752 X<sub>449</sub> + 0,2618 X<sub>450</sub> + 0,1444 X<sub>451</sub> + 0,0808 X<sub>453</sub> 2,1249 X<sub>453</sub> +  
1,2491 X<sub>454</sub> + 0,6882 X<sub>455</sub> + 0,4069 X<sub>456</sub> + 0,2318 X<sub>457</sub> + 0,1291 X<sub>458</sub> ≤ -6100

**Δh<sub>L1712</sub>** 0,443 X<sub>1</sub> + 0,223 X<sub>2</sub> + 0,122 X<sub>3</sub> + 0,072 X<sub>87</sub> + 0,443 X<sub>5</sub> + 0,223 X<sub>6</sub> + 0,122 X<sub>7</sub> + 0,072 X<sub>91</sub> +  
0,443 X<sub>9</sub> + 0,223 X<sub>10</sub> + 0,122 X<sub>11</sub> + 0,072 X<sub>93</sub> + 0,361 X<sub>13</sub> + 0,182 X<sub>14</sub> + 0,100 X<sub>15</sub> + 0,059 X<sub>79</sub> +  
0,361 X<sub>17</sub> + 0,182 X<sub>18</sub> + 0,100 X<sub>19</sub> + 0,059 X<sub>82</sub> + 0,756 X<sub>32</sub> + 0,342 X<sub>33</sub> + 0,173 X<sub>34</sub> + 0,095 X<sub>35</sub>  
+ 0,056 X<sub>95</sub> + 0,756 X<sub>37</sub> + 0,342 X<sub>38</sub> + 0,173 X<sub>39</sub> + 0,095 X<sub>40</sub> + 0,056 X<sub>99</sub> + 0,715 X<sub>53</sub> + 0,324  
X<sub>54</sub> + 0,163 X<sub>55</sub> + 0,090 X<sub>56</sub> + 0,053 X<sub>112</sub> + 0,715 X<sub>58</sub> + 0,324 X<sub>59</sub> + 0,163 X<sub>60</sub> + 0,090 X<sub>61</sub> +  
0,053 X<sub>116</sub> + 0,6165 X<sub>186</sub> + 0,2793 X<sub>187</sub> + 0,1411 X<sub>188</sub> + 0,0775 X<sub>189</sub> + 0,0454 X<sub>238</sub> + 0,6165 X<sub>191</sub>  
+ 0,2793 X<sub>192</sub> + 0,1411 X<sub>193</sub> + 0,0775 X<sub>194</sub> + 0,0454 X<sub>242</sub> + 0,5822 X<sub>196</sub> + 0,3563 X<sub>197</sub> + 0,1774  
X<sub>198</sub> + 0,1404 X<sub>199</sub> + 0,0642 X<sub>200</sub> + 0,0327 X<sub>247</sub> + 0,5822 X<sub>202</sub> + 0,3563 X<sub>203</sub> + 0,1774 X<sub>204</sub> +  
0,1404 X<sub>205</sub> + 0,0642 X<sub>206</sub> + 0,0327 X<sub>252</sub> + 0,7534 X<sub>241</sub> + 0,4424 X<sub>242</sub> + 0,2696 X<sub>243</sub> + 0,1353  
X<sub>244</sub> + 0,1064 X<sub>245</sub> + 0,0488 X<sub>284</sub> + 0,6459 X<sub>264</sub> + 0,3796 X<sub>265</sub> + 0,2307 X<sub>266</sub> + 0,1163 X<sub>267</sub> +  
0,0912 X<sub>268</sub> + 0,0418 X<sub>303</sub> + 0,5952 X<sub>270</sub> + 0,3500 X<sub>271</sub> + 0,2124 X<sub>272</sub> + 0,1073 X<sub>273</sub> + 0,0840  
X<sub>274</sub> + 0,0386 X<sub>308</sub> + 0,5952 X<sub>276</sub> + 0,3500 X<sub>277</sub> + 0,2124 X<sub>278</sub> + 0,1073 X<sub>279</sub> + 0,0840 X<sub>280</sub> +  
0,0386 X<sub>313</sub> + 0,8233 X<sub>303</sub> + 0,4554 X<sub>304</sub> + 0,2682 X<sub>305</sub> + 0,1620 X<sub>306</sub> + 0,0825 X<sub>307</sub> + 0,0642  
X<sub>335</sub> + 0,8233 X<sub>309</sub> + 0,4554 X<sub>310</sub> + 0,2682 X<sub>311</sub> + 0,1620 X<sub>312</sub> + 0,0825 X<sub>313</sub> + 0,0642 X<sub>340</sub> +  
0,8233 X<sub>315</sub> + 0,4554 X<sub>316</sub> + 0,2682 X<sub>317</sub> + 0,1620 X<sub>318</sub> + 0,0825 X<sub>319</sub> + 0,0642 X<sub>345</sub> + 1,1791  
X<sub>321</sub> + 0,6671 X<sub>322</sub> + 0,3689 X<sub>323</sub> + 0,2036 X<sub>324</sub> + 0,1125 X<sub>325</sub> + 0,0630 X<sub>350</sub> + 0,9812 X<sub>349</sub> +  
0,5367 X<sub>350</sub> + 0,2976 X<sub>351</sub> + 0,1757 X<sub>352</sub> + 0,1053 X<sub>353</sub> + 0,0543 X<sub>354</sub> + 0,0419 X<sub>374</sub> 0,9812 X<sub>356</sub>  
+ 0,5367 X<sub>357</sub> + 0,2976 X<sub>358</sub> + 0,1757 X<sub>359</sub> + 0,1053 X<sub>360</sub> + 0,0543 X<sub>361</sub> + 0,0419 X<sub>380</sub> 0,8667  
X<sub>363</sub> + 0,4744 X<sub>364</sub> + 0,2633 X<sub>365</sub> + 0,1555 X<sub>366</sub> + 0,0930 X<sub>367</sub> + 0,0482 X<sub>385</sub> 1,0311 X<sub>402</sub> +  
0,5653 X<sub>403</sub> + 0,3103 X<sub>404</sub> + 0,1727 X<sub>405</sub> + 0,1022 X<sub>406</sub> + 0,0606 X<sub>417</sub> 1,0311 X<sub>408</sub> +  
0,5653 X<sub>409</sub> + 0,3103 X<sub>410</sub> + 0,1727 X<sub>411</sub> + 0,1022 X<sub>412</sub> + 0,0606 X<sub>422</sub> 0,8725 X<sub>414</sub> +  
0,4789 X<sub>415</sub> + 0,2631 X<sub>416</sub> + 0,1466 X<sub>417</sub> + 0,0869 X<sub>418</sub> + 0,0514 X<sub>427</sub> 1,3206 X<sub>420</sub> +  
0,7270 X<sub>421</sub> + 0,3995 X<sub>422</sub> + 0,2197 X<sub>423</sub> + 0,1226 X<sub>424</sub> + 0,0727 X<sub>432</sub> 1,3206 X<sub>426</sub> +  
0,7270 X<sub>427</sub> + 0,3995 X<sub>428</sub> + 0,2197 X<sub>429</sub> + 0,1226 X<sub>430</sub> + 0,0727 X<sub>437</sub> 1,3206 X<sub>441</sub> +  
0,7270 X<sub>442</sub> + 0,3995 X<sub>443</sub> + 0,2197 X<sub>444</sub> + 0,1226 X<sub>445</sub> + 0,0727 X<sub>449</sub> 1,5237 X<sub>447</sub> +



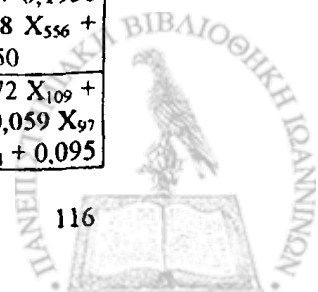
	0,8608 X448 + 0,4752 X449 + 0,2618 X450 + 0,1444 X451 + 0,0808 X454 2,1249 X453 + 1,2491 X454 + 0,6882 X455 + 0,4069 X456 + 0,2318 X457 + 0,1291 X459 2,0019 X459 + 1,0241 X460 + 0,5689 X461 + 0,3371 X462 + 0,1874 X463 + ≤ -6600
<b>Ah<sub>L1721</sub></b>	0,443 X <sub>1</sub> + 0,223 X <sub>2</sub> + 0,122 X <sub>3</sub> + 0,072 X <sub>88</sub> + 0,443 X <sub>5</sub> + 0,223 X <sub>6</sub> + 0,122 X <sub>7</sub> + 0,072 X <sub>92</sub> + 0,443 X <sub>9</sub> + 0,223 X <sub>10</sub> + 0,122 X <sub>11</sub> + 0,072 X <sub>94</sub> + 0,361 X <sub>13</sub> + 0,182 X <sub>14</sub> + 0,100 X <sub>15</sub> + 0,059 X <sub>80</sub> + 0,361 X <sub>17</sub> + 0,182 X <sub>18</sub> + 0,100 X <sub>19</sub> + 0,059 X <sub>83</sub> + 0,756 X <sub>32</sub> + 0,342 X <sub>33</sub> + 0,173 X <sub>34</sub> + 0,095 X <sub>35</sub> + 0,056 X <sub>96</sub> + 0,756 X <sub>37</sub> + 0,342 X <sub>38</sub> + 0,173 X <sub>39</sub> + 0,095 X <sub>40</sub> + 0,056 X <sub>100</sub> + 0,715 X <sub>53</sub> + 0,324 X <sub>54</sub> + 0,163 X <sub>55</sub> + 0,090 X <sub>56</sub> + 0,053 X <sub>113</sub> + 0,715 X <sub>58</sub> + 0,324 X <sub>59</sub> + 0,163 X <sub>60</sub> + 0,090 X <sub>61</sub> + 0,053 X <sub>117</sub> + 0,6165 X <sub>186</sub> + 0,2793 X <sub>187</sub> + 0,1411 X <sub>188</sub> + 0,0775 X <sub>189</sub> + 0,0454 X <sub>239</sub> + 0,6165 X <sub>191</sub> + 0,2793 X <sub>192</sub> + 0,1411 X <sub>193</sub> + 0,0775 X <sub>194</sub> + 0,0454 X <sub>243</sub> + 0,5822 X <sub>196</sub> + 0,3563 X <sub>197</sub> + 0,1774 X <sub>198</sub> + 0,1404 X <sub>199</sub> + 0,0642 X <sub>200</sub> + 0,0327 X <sub>248</sub> + 0,5822 X <sub>202</sub> + 0,3563 X <sub>203</sub> + 0,1774 X <sub>204</sub> + 0,1404 X <sub>205</sub> + 0,0642 X <sub>206</sub> + 0,0327 X <sub>253</sub> + 0,7534 X <sub>241</sub> + 0,4424 X <sub>242</sub> + 0,2696 X <sub>243</sub> + 0,1353 X <sub>244</sub> + 0,1064 X <sub>245</sub> + 0,0488 X <sub>285</sub> + 0,6459 X <sub>264</sub> + 0,3796 X <sub>265</sub> + 0,2307 X <sub>266</sub> + 0,1163 X <sub>267</sub> + 0,0912 X <sub>268</sub> + 0,0418 X <sub>304</sub> + 0,5952 X <sub>270</sub> + 0,3500 X <sub>271</sub> + 0,2124 X <sub>272</sub> + 0,1073 X <sub>273</sub> + 0,0840 X <sub>274</sub> + 0,0386 X <sub>309</sub> + 0,5952 X <sub>276</sub> + 0,3500 X <sub>277</sub> + 0,2124 X <sub>278</sub> + 0,1073 X <sub>279</sub> + 0,0840 X <sub>289</sub> + 0,0386 X <sub>314</sub> + 0,8233 X <sub>303</sub> + 0,4554 X <sub>304</sub> + 0,2682 X <sub>305</sub> + 0,1620 X <sub>306</sub> + 0,0825 X <sub>307</sub> + 0,0642 X <sub>336</sub> + 0,8233 X <sub>309</sub> + 0,4554 X <sub>310</sub> + 0,2682 X <sub>311</sub> + 0,1620 X <sub>312</sub> + 0,0825 X <sub>313</sub> + 0,0642 X <sub>341</sub> + 0,8233 X <sub>315</sub> + 0,4554 X <sub>316</sub> + 0,2682 X <sub>317</sub> + 0,1620 X <sub>318</sub> + 0,0825 X <sub>319</sub> + 0,0642 X <sub>346</sub> + 1,1791 X <sub>321</sub> + 0,6671 X <sub>322</sub> + 0,3689 X <sub>323</sub> + 0,2036 X <sub>324</sub> + 0,1125 X <sub>325</sub> + 0,0630 X <sub>351</sub> + 0,9812 X <sub>349</sub> + 0,5367 X <sub>350</sub> + 0,2976 X <sub>351</sub> + 0,1757 X <sub>352</sub> + 0,1053 X <sub>353</sub> + 0,0543 X <sub>354</sub> + 0,0419 X <sub>375</sub> 0,9812 X <sub>356</sub> + 0,5367 X <sub>357</sub> + 0,2976 X <sub>358</sub> + 0,1757 X <sub>359</sub> + 0,1053 X <sub>360</sub> + 0,0543 X <sub>361</sub> + 0,0419 X <sub>381</sub> 0,8667 X <sub>363</sub> + 0,4744 X <sub>364</sub> + 0,2633 X <sub>365</sub> + 0,1555 X <sub>366</sub> + 0,0930 X <sub>367</sub> + 0,0482 X <sub>386</sub> 1,0311 X <sub>402</sub> + 0,5653 X <sub>403</sub> + 0,3103 X <sub>404</sub> + 0,1727 X <sub>405</sub> + 0,1022 X <sub>406</sub> + 0,0606 X <sub>418</sub> 1,0311 X <sub>408</sub> + 0,5653 X <sub>409</sub> + 0,3103 X <sub>410</sub> + 0,1727 X <sub>411</sub> + 0,1022 X <sub>412</sub> + 0,0606 X <sub>423</sub> 0,8725 X <sub>414</sub> + 0,4789 X <sub>415</sub> + 0,2631 X <sub>416</sub> + 0,1466 X <sub>417</sub> + 0,0869 X <sub>418</sub> + 0,0514 X <sub>428</sub> 1,3206 X <sub>420</sub> + 0,7270 X <sub>421</sub> + 0,3995 X <sub>422</sub> + 0,2197 X <sub>423</sub> + 0,1226 X <sub>424</sub> + 0,0727 X <sub>433</sub> 1,3206 X <sub>426</sub> + 0,7270 X <sub>427</sub> + 0,3995 X <sub>428</sub> + 0,2197 X <sub>429</sub> + 0,1226 X <sub>430</sub> + 0,0727 X <sub>438</sub> 1,3206 X <sub>441</sub> + 0,7270 X <sub>442</sub> + 0,3995 X <sub>443</sub> + 0,2197 X <sub>444</sub> + 0,1226 X <sub>445</sub> + 0,0727 X <sub>450</sub> 1,5237 X <sub>447</sub> + 0,8608 X <sub>448</sub> + 0,4752 X <sub>449</sub> + 0,2618 X <sub>450</sub> + 0,1444 X <sub>451</sub> + 0,0808 X <sub>455</sub> 2,1249 X <sub>453</sub> + 1,2491 X <sub>454</sub> + 0,6882 X <sub>455</sub> + 0,4069 X <sub>456</sub> + 0,2318 X <sub>457</sub> + 0,1291 X <sub>460</sub> 2,1249 X <sub>464</sub> + 1,2491 X <sub>465</sub> + 0,6882 X <sub>466</sub> + 0,4069 X <sub>467</sub> + 0,2318 X <sub>468</sub> + 0,1291 X <sub>469</sub> ≤ -6600
<b>Ah<sub>L1722</sub></b>	0,443 X <sub>1</sub> + 0,223 X <sub>2</sub> + 0,122 X <sub>3</sub> + 0,072 X <sub>89</sub> + 0,443 X <sub>5</sub> + 0,223 X <sub>6</sub> + 0,122 X <sub>7</sub> + 0,072 X <sub>93</sub> + 0,443 X <sub>9</sub> + 0,223 X <sub>10</sub> + 0,122 X <sub>11</sub> + 0,072 X <sub>95</sub> + 0,361 X <sub>13</sub> + 0,182 X <sub>14</sub> + 0,100 X <sub>15</sub> + 0,059 X <sub>81</sub> + 0,361 X <sub>17</sub> + 0,182 X <sub>18</sub> + 0,100 X <sub>19</sub> + 0,059 X <sub>84</sub> + 0,756 X <sub>32</sub> + 0,342 X <sub>33</sub> + 0,173 X <sub>34</sub> + 0,095 X <sub>35</sub> + 0,056 X <sub>97</sub> + 0,756 X <sub>37</sub> + 0,342 X <sub>38</sub> + 0,173 X <sub>39</sub> + 0,095 X <sub>40</sub> + 0,056 X <sub>101</sub> + 0,715 X <sub>53</sub> + 0,324 X <sub>54</sub> + 0,163 X <sub>55</sub> + 0,090 X <sub>56</sub> + 0,053 X <sub>114</sub> + 0,715 X <sub>58</sub> + 0,324 X <sub>59</sub> + 0,163 X <sub>60</sub> + 0,090 X <sub>61</sub> + 0,053 X <sub>118</sub> + 0,6165 X <sub>186</sub> + 0,2793 X <sub>187</sub> + 0,1411 X <sub>188</sub> + 0,0775 X <sub>189</sub> + 0,0454 X <sub>240</sub> + 0,6165 X <sub>191</sub> + 0,2793 X <sub>192</sub> + 0,1411 X <sub>193</sub> + 0,0775 X <sub>194</sub> + 0,0454 X <sub>244</sub> + 0,5822 X <sub>196</sub> + 0,3563 X <sub>197</sub> + 0,1774 X <sub>198</sub> + 0,1404 X <sub>199</sub> + 0,0642 X <sub>200</sub> + 0,0327 X <sub>249</sub> + 0,5822 X <sub>202</sub> + 0,3563 X <sub>203</sub> + 0,1774 X <sub>204</sub> + 0,1404 X <sub>205</sub> + 0,0642 X <sub>206</sub> + 0,0327 X <sub>254</sub> + 0,7534 X <sub>241</sub> + 0,4424 X <sub>242</sub> + 0,2696 X <sub>243</sub> + 0,1353 X <sub>244</sub> + 0,1064 X <sub>245</sub> + 0,0488 X <sub>286</sub> + 0,6459 X <sub>264</sub> + 0,3796 X <sub>265</sub> + 0,2307 X <sub>266</sub> + 0,1163 X <sub>267</sub> + 0,0912 X <sub>268</sub> + 0,0418 X <sub>305</sub> + 0,5952 X <sub>270</sub> + 0,3500 X <sub>271</sub> + 0,2124 X <sub>272</sub> + 0,1073 X <sub>273</sub> + 0,0840 X <sub>274</sub> + 0,0386 X <sub>310</sub> + 0,5952 X <sub>276</sub> + 0,3500 X <sub>277</sub> + 0,2124 X <sub>278</sub> + 0,1073 X <sub>279</sub> + 0,0840 X <sub>280</sub> + 0,0386 X <sub>315</sub> + 0,8233 X <sub>303</sub> + 0,4554 X <sub>304</sub> + 0,2682 X <sub>305</sub> + 0,1620 X <sub>306</sub> + 0,0825 X <sub>307</sub> + 0,0642 X <sub>337</sub> + 0,8233 X <sub>309</sub> + 0,4554 X <sub>310</sub> + 0,2682 X <sub>311</sub> + 0,1620 X <sub>312</sub> + 0,0825 X <sub>313</sub> + 0,0642 X <sub>342</sub> + 0,8233 X <sub>315</sub> + 0,4554 X <sub>316</sub> + 0,2682 X <sub>317</sub> + 0,1620 X <sub>318</sub> + 0,0825 X <sub>319</sub> + 0,0642 X <sub>347</sub> + 1,1791 X <sub>321</sub> + 0,6671 X <sub>322</sub> + 0,3689 X <sub>323</sub> + 0,2036 X <sub>324</sub> + 0,1125 X <sub>325</sub> + 0,0630 X <sub>352</sub> + 0,9812 X <sub>349</sub> + 0,5367 X <sub>350</sub> + 0,2976 X <sub>351</sub> + 0,1757 X <sub>352</sub> + 0,1053 X <sub>353</sub> + 0,0543 X <sub>354</sub> + 0,0419 X <sub>376</sub> 0,9812 X <sub>356</sub> + 0,5367 X <sub>357</sub> + 0,2976 X <sub>358</sub> + 0,1757 X <sub>359</sub> + 0,1053 X <sub>360</sub> + 0,0543 X <sub>361</sub> + 0,0419 X <sub>382</sub> 0,8667 X <sub>363</sub> + 0,4744 X <sub>364</sub> + 0,2633 X <sub>365</sub> + 0,1555 X <sub>366</sub> + 0,0930 X <sub>367</sub> + 0,0482 X <sub>387</sub> 1,0311 X <sub>402</sub> + 0,5653 X <sub>403</sub> + 0,3103 X <sub>404</sub> + 0,1727 X <sub>405</sub> + 0,1022 X <sub>406</sub> + 0,0606 X <sub>419</sub> 1,0311 X <sub>408</sub> + 0,5653 X <sub>409</sub> + 0,3103 X <sub>410</sub> + 0,1727 X <sub>411</sub> + 0,1022 X <sub>412</sub> + 0,0606 X <sub>424</sub> 0,8725 X <sub>414</sub> + 0,4789 X <sub>415</sub> + 0,2631 X <sub>416</sub> + 0,1466 X <sub>417</sub> + 0,0869 X <sub>418</sub> + 0,0514 X <sub>429</sub> 1,3206 X <sub>420</sub> + 0,7270 X <sub>421</sub> + 0,3995 X <sub>422</sub> + 0,2197 X <sub>423</sub> + 0,1226 X <sub>424</sub> + 0,0727 X <sub>434</sub> 1,3206 X <sub>426</sub> + 0,7270 X <sub>427</sub> + 0,3995 X <sub>428</sub> + 0,2197 X <sub>429</sub> + 0,1226 X <sub>430</sub> + 0,0727 X <sub>439</sub> 1,3206 X <sub>441</sub> + 0,7270 X <sub>442</sub> + 0,3995 X <sub>443</sub> + 0,2197 X <sub>444</sub> + 0,1226 X <sub>445</sub> + 0,0727 X <sub>451</sub> 1,5237 X <sub>447</sub> + 0,8608 X <sub>448</sub> + 0,4752 X <sub>449</sub> + 0,2618 X <sub>450</sub> + 0,1444 X <sub>451</sub> + 0,0808 X <sub>456</sub> 2,1249 X <sub>453</sub> + 1,2491 X <sub>454</sub> + 0,6882 X <sub>455</sub> + 0,4069 X <sub>456</sub> + 0,2318 X <sub>457</sub> + 0,1291 X <sub>461</sub> 2,1249 X <sub>464</sub> + 1,2491 X <sub>465</sub> + 0,6882 X <sub>466</sub> + 0,4069 X <sub>467</sub> + 0,2318 X <sub>468</sub> + 0,1291 X <sub>470</sub> 2,0019 X <sub>470</sub> + 1,0241 X <sub>471</sub> + 0,5689 X <sub>472</sub> + 0,3371 X <sub>473</sub> + 0,1874 X <sub>474</sub> + ≤ -6100
<b>Ah<sub>181</sub></b>	0,443 X <sub>1</sub> + 0,223 X <sub>2</sub> + 0,122 X <sub>3</sub> + 0,072 X <sub>90</sub> + 0,443 X <sub>5</sub> + 0,223 X <sub>6</sub> + 0,122 X <sub>7</sub> + 0,072 X <sub>94</sub> +



	$X_{510} + 0,1356 X_{511} \leq -6300$
$\Delta h_{L1814}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{96} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{100} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{102} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{88}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{91} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{104} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{108} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{121} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{125} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{247} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{251} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{486} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{491} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{497} 1,1791 X_{494} + 0,6671 X_{495} + 0,3689 X_{496} +$ $0,2036 X_{497} + 0,1125 X_{498} + 0,0630 X_{502} 1,9155 X_{500} + 1,0524 X_{501} + 0,6206 X_{502} + 0,3526 X_{503}$ $+ 0,1958 X_{504} + 0,1085 X_{507} 2,2180 X_{506} + 1,2256 X_{507} + 0,7228 X_{508} + 0,3997 X_{509} + 0,2371$ $X_{510} + 0,1356 X_{512} 2,0019 X_{512} + 1,0241 X_{513} + 0,5689 X_{514} + 0,3371 X_{515} + 0,1874 X_{516} \leq -6200$
$\Delta h_{s191}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{97} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{101} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{103} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{89}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{92} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{105} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{109} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{122} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{126} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{248} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{252} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{487} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{492} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{498} 1,3206 X_{517} + 0,7270 X_{518} + 0,3995 X_{519} +$ $0,2197 X_{520} + 0,1226 X_{521} + 0,0727 X_{522} \leq -6550$
$\Delta h_{s192}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{98} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{102} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{104} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{90}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{93} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{106} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{110} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{123} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{127} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{249} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{253} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{488} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{493} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{499} 1,3206 X_{517} + 0,7270 X_{518} + 0,3995 X_{519} +$ $0,2197 X_{520} + 0,1226 X_{521} + 0,0727 X_{523} 1,0786 X_{523} + 0,5945 X_{524} + 0,3271 X_{525} + 0,1802 X_{526}$ $+ 0,1006 X_{527} + 0,0598 X_{528} \leq -1280$
$\Delta h_{L1911}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{99} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{103} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{105} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{91}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{94} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{107} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{111} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{124} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{128} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{250} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{254} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{489} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{494} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{500} 1,3206 X_{517} + 0,7270 X_{518} + 0,3995 X_{519} +$ $0,2197 X_{520} + 0,1226 X_{521} + 0,0727 X_{524} 1,0786 X_{523} + 0,5945 X_{524} + 0,3271 X_{525} + 0,1802 X_{526}$ $+ 0,1006 X_{527} + 0,0598 X_{529} 2,1249 X_{529} + 1,2491 X_{530} + 0,6882 X_{531} + 0,4069 X_{532} + 0,2318$ $X_{533} + 0,1291 X_{534} \leq -6450$
$\Delta h_{L1912}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{100} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{104} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{106} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{92}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{95} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{108} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{112} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{125} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{129} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{251} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{255} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{490} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{495} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{501} 1,3206 X_{517} + 0,7270 X_{518} + 0,3995 X_{519} +$ $0,2197 X_{520} + 0,1226 X_{521} + 0,0727 X_{525} 1,0786 X_{523} + 0,5945 X_{524} + 0,3271 X_{525} + 0,1802 X_{526}$

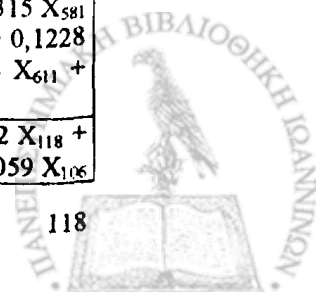


	$+ 0,1006 X_{527} + 0,0598 X_{530} 2,1249 X_{529} + 1,2491 X_{530} + 0,6882 X_{531} + 0,4069 X_{532} + 0,2318 X_{533} + 0,1291 X_{535} 2,2180 X_{535} + 1,2256 X_{536} + 0,7228 X_{537} + 0,3997 X_{538} + 0,2371 X_{539} + 0,1356 X_{540} \leq -6400$
$\Delta h_{L1913}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{101} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{105} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{107} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{93} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{96} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{109} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{113} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{126} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{130} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{252} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{256} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{491} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{496} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{502} 1,3206 X_{517} + 0,7270 X_{518} + 0,3995 X_{519} + 0,2197 X_{520} + 0,1226 X_{521} + 0,0727 X_{526} 1,0786 X_{523} + 0,5945 X_{524} + 0,3271 X_{525} + 0,1802 X_{526} + 0,1006 X_{527} + 0,0598 X_{531} 2,1249 X_{529} + 1,2491 X_{530} + 0,6882 X_{531} + 0,4069 X_{532} + 0,2318 X_{533} + 0,1291 X_{535} 2,2180 X_{535} + 1,2256 X_{536} + 0,7228 X_{537} + 0,3997 X_{538} + 0,2371 X_{539} + 0,1356 X_{541} 2,0019 X_{541} + 1,0241 X_{542} + 0,5689 X_{543} + 0,3371 X_{544} + 0,1874 X_{545} \leq -6200$
$\Delta h_{201}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{102} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{106} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{108} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{94} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{97} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{110} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{114} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{127} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{131} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{253} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{257} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{492} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{497} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{503} 1,3206 X_{517} + 0,7270 X_{518} + 0,3995 X_{519} + 0,2197 X_{520} + 0,1226 X_{521} + 0,0727 X_{527} 1,0786 X_{523} + 0,5945 X_{524} + 0,3271 X_{525} + 0,1802 X_{526} + 0,1006 X_{527} + 0,0598 X_{532} 1,9155 X_{546} + 1,0524 X_{547} + 0,6206 X_{548} + 0,3526 X_{549} + 0,1958 X_{550} + 0,1085 X_{551} \leq -6550$
$\Delta h_{202}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{103} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{107} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{109} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{95} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{98} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{111} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{115} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{128} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{132} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{254} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{258} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{493} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{498} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{504} 1,3206 X_{517} + 0,7270 X_{518} + 0,3995 X_{519} + 0,2197 X_{520} + 0,1226 X_{521} + 0,0727 X_{528} 1,0786 X_{523} + 0,5945 X_{524} + 0,3271 X_{525} + 0,1802 X_{526} + 0,1006 X_{527} + 0,0598 X_{533} 1,9155 X_{546} + 1,0524 X_{547} + 0,6206 X_{548} + 0,3526 X_{549} + 0,1958 X_{550} + 0,1085 X_{552} 2,1249 X_{552} + 1,2491 X_{553} + 0,6882 X_{554} + 0,4069 X_{555} + 0,2318 X_{556} + 0,1291 X_{557} \leq -1200$
$\Delta h_{L2011}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{104} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{108} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{110} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{96} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{99} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{112} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{116} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{129} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{133} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{255} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{259} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{494} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{499} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{505} 1,3206 X_{517} + 0,7270 X_{518} + 0,3995 X_{519} + 0,2197 X_{520} + 0,1226 X_{521} + 0,0727 X_{529} 1,0786 X_{523} + 0,5945 X_{524} + 0,3271 X_{525} + 0,1802 X_{526} + 0,1006 X_{527} + 0,0598 X_{534} 1,9155 X_{546} + 1,0524 X_{547} + 0,6206 X_{548} + 0,3526 X_{549} + 0,1958 X_{550} + 0,1085 X_{553} 2,1249 X_{552} + 1,2491 X_{553} + 0,6882 X_{554} + 0,4069 X_{555} + 0,2318 X_{556} + 0,1291 X_{558} 2,0019 X_{558} + 1,0241 X_{559} + 0,5689 X_{560} + 0,3371 X_{561} + 0,1874 X_{562} \leq -6250$
$\Delta h_{L2021}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{105} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{109} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{111} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{97} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{100} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$



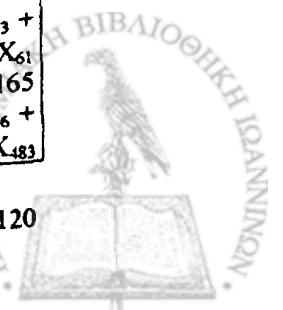
	$X_{35} + 0,056 X_{113} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{117} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{130} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{134} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{256} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{260} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{495} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{500} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{506} + 1,3206 X_{517} + 0,7270 X_{518} + 0,3995 X_{519} + 0,2197 X_{520} + 0,1226 X_{521} + 0,0727 X_{530} + 1,0786 X_{523} + 0,5945 X_{524} + 0,3271 X_{525} + 0,1802 X_{526} + 0,1006 X_{527} + 0,0598 X_{535} + 1,9155 X_{546} + 1,0524 X_{547} + 0,6206 X_{548} + 0,3526 X_{549} + 0,1958 X_{550} + 0,1085 X_{554} + 2,1249 X_{552} + 1,2491 X_{553} + 0,6882 X_{554} + 0,4069 X_{555} + 0,2318 X_{556} + 0,1291 X_{559} + 2,0019 X_{563} + 1,0241 X_{564} + 0,5689 X_{565} + 0,3371 X_{566} + 0,1874 X_{567} \leq -6400$
$\Delta h_{1,2022}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{106} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{110} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{112} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{98} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{101} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{114} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{118} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{131} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{135} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{257} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{261} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{496} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{501} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{507} + 1,3206 X_{517} + 0,7270 X_{518} + 0,3995 X_{519} + 0,2197 X_{520} + 0,1226 X_{521} + 0,0727 X_{531} + 1,0786 X_{523} + 0,5945 X_{524} + 0,3271 X_{525} + 0,1802 X_{526} + 0,1006 X_{527} + 0,0598 X_{536} + 1,9155 X_{546} + 1,0524 X_{547} + 0,6206 X_{548} + 0,3526 X_{549} + 0,1958 X_{550} + 0,1085 X_{555} + 2,1249 X_{552} + 1,2491 X_{553} + 0,6882 X_{554} + 0,4069 X_{555} + 0,2318 X_{556} + 0,1291 X_{560} + 2,0019 X_{563} + 1,0241 X_{564} + 0,5689 X_{565} + 0,3371 X_{566} + 0,1874 X_{568} + 1,8169 X_{568} + 0,9581 X_{569} + 0,5407 X_{570} + 0,2796 X_{571} \leq -6300$
$\Delta h_{211}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{107} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{111} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{113} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{99} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{102} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{115} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{119} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{132} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{136} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{258} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{262} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{497} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{502} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{508} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{577} \leq -6580$
$\Delta h_{212}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{108} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{112} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{114} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{100} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{103} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{116} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{120} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{133} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{137} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{259} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{263} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{498} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{503} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{509} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{578} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{583} \leq -6500$
$\Delta h_{213}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{109} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{113} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{115} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{101} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{104} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{117} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{121} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{134} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{138} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{260} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{264} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{499} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{504} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{510} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{579} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{584} + 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$

	$X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{590} \leq -1150$
$\Delta h_{L2111}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{110} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{114} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{116} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{102}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{105} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{118} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{122} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{135} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{139} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{261} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{265} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{500} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{505} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{511} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{580} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{585} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{591} 1,9155 X_{591} + 1,0524 X_{592} + 0,6206 X_{593} + 0,3526 X_{594} +$ $0,1958 X_{595} + 0,1085 X_{596} \leq -6500$
$\Delta h_{L2112}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{111} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{115} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{117} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{103}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{106} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{119} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{123} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{136} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{140} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{262} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{266} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{501} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{506} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{512} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{581} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{586} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{592} 1,9155 X_{591} + 1,0524 X_{592} + 0,6206 X_{593} + 0,3526 X_{594} +$ $0,1958 X_{595} + 0,1085 X_{597} 2,2180 X_{597} + 1,2256 X_{598} + 0,7228 X_{599} + 0,3997 X_{600} + 0,2371 X_{601}$ $+ 0,1356 X_{602} \leq -6550$
$\Delta h_{L2113}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{112} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{116} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{118} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{104}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{107} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{120} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{124} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{137} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{141} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{263} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{267} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{502} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{507} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{513} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{582} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{587} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{593} 1,9155 X_{591} + 1,0524 X_{592} + 0,6206 X_{593} + 0,3526 X_{594} +$ $0,1958 X_{595} + 0,1085 X_{598} 2,2180 X_{597} + 1,2256 X_{598} + 0,7228 X_{599} + 0,3997 X_{600} + 0,2371 X_{601}$ $+ 0,1356 X_{603} 2,0019 X_{603} + 1,0241 X_{604} + 0,5689 X_{605} + 0,3371 X_{606} + 0,1874 X_{607} \leq -6620$
$\Delta h_{L221}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{113} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{117} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{119} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{105}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{108} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{121} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{125} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{138} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{142} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{264} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{268} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{503} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{508} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{514} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{583} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{588} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{594} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$ $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{613} \leq -6400$
$\Delta h_{L222}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{114} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{118} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{120} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{106}$



	$+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{109} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{122} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{126} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{139} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{143} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{265} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{269} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{504} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{509} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{515} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{584} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{589} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{595} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{614} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{619} \leq -1050$
Ah <sub>L2211</sub>	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{115} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{119} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{121} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{107} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{110} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{123} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{127} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{140} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{144} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{266} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{270} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{505} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{510} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{516} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{585} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{590} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{596} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{615} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{620} 2,1249 X_{620} + 1,2491 X_{621} + 0,6882 X_{622} + 0,4069 X_{623} + 0,2318 X_{624} + 0,1291 X_{625} \leq -6300$
Ah <sub>L2212</sub>	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{116} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{120} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{122} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{108} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{111} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{124} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{128} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{141} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{145} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{267} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{271} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{506} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{511} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{517} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{586} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{591} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{597} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{616} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{621} 2,1249 X_{620} + 1,2491 X_{621} + 0,6882 X_{622} + 0,4069 X_{623} + 0,2318 X_{624} + 0,1291 X_{626} 2,0019 X_{626} + 1,0241 X_{627} + 0,5689 X_{628} + 0,3371 X_{629} + 0,1874 X_{630} \leq -6150$
Ah <sub>s231</sub>	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{117} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{121} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{123} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{109} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{112} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{125} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{129} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{142} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{146} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{268} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{272} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{507} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{512} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{518} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{587} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{592} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{598} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{617} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{622} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 X_{636} \leq -6280$

$\Delta h_{232}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{118} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{122} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{124} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{110}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{113} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{126} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{130} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{143} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{147} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{269} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{273} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{508} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{513} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{519} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{588} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{593} + 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{599} + 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$ $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{618} + 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$ $+ 0,0452 X_{623} + 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$ $X_{637} + 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$ $0,0354 X_{643} \leq -6350$
$\Delta h_{233}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{119} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{123} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{125} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{111}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{114} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{127} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{131} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{144} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{148} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{270} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{274} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{509} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{514} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{520} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{589} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{594} + 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{600} + 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$ $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{619} + 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$ $+ 0,0452 X_{624} + 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$ $X_{638} + 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$ $0,0354 X_{644} + 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{649}$ $\leq -1090$
$\Delta h_{2311}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{120} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{124} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{126} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{112}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{115} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{128} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{132} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{145} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{149} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{271} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{275} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{510} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{515} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{521} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{590} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{595} + 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{601} + 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$ $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{620} + 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$ $+ 0,0452 X_{625} + 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$ $X_{639} + 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$ $0,0354 X_{645} + 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{650}$ $1,1791 X_{650} + 0,6671 X_{651} + 0,3689 X_{652} + 0,2036 X_{653} + 0,1125 X_{654} + 0,0630 X_{655} \leq -6410$
$\Delta h_{2312}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{121} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{125} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{127} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{113}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{116} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{129} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{133} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{146} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{150} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{272} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{276} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{511} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$



	$+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{516} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{522} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{591} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{596} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{602} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{621} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{626} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 X_{640} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + 0,0354 X_{646} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{651} 1,1791 X_{650} + 0,6671 X_{651} + 0,3689 X_{652} + 0,2036 X_{653} + 0,1125 X_{654} + 0,0630 X_{656} 1,4919 X_{656} + 0,8780 X_{657} + 0,4977 X_{658} + 0,2757 X_{659} + 0,1525 X_{660} + 0,0844 X_{661} \leq -6500$
Ah <sub>L2313</sub>	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{122} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{126} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{128} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{114} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{117} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{130} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{134} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{147} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{151} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{273} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{277} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{512} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{517} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{523} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{592} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{597} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{603} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{622} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{627} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 X_{641} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + 0,0354 X_{647} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{652} 1,1791 X_{650} + 0,6671 X_{651} + 0,3689 X_{652} + 0,2036 X_{653} + 0,1125 X_{654} + 0,0630 X_{657} 1,4919 X_{656} + 0,8780 X_{657} + 0,4977 X_{658} + 0,2757 X_{659} + 0,1525 X_{660} + 0,0844 X_{662} 2,1249 X_{662} + 1,2491 X_{663} + 0,6882 X_{664} + 0,4069 X_{665} + 0,2318 X_{666} + 0,1291 X_{667} \leq -6700$
Ah <sub>L2314</sub>	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{123} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{127} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{129} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{115} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{118} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{131} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{135} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{148} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{152} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{274} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{278} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{513} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{518} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{524} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{593} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{598} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{604} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{623} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{628} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 X_{642} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + 0,0354 X_{648} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{653} 1,1791 X_{650} + 0,6671 X_{651} + 0,3689 X_{652} + 0,2036 X_{653} + 0,1125 X_{654} + 0,0630 X_{658} 1,4919 X_{656} + 0,8780 X_{657} + 0,4977 X_{658} + 0,2757 X_{659} + 0,1525 X_{660} + 0,0844 X_{663} 2,1249 X_{662} + 1,2491 X_{663} + 0,6882 X_{664} + 0,4069 X_{665} + 0,2318 X_{666} + 0,1291 X_{668} 2,0019 X_{668} + 1,0241 X_{669} + 0,5689 X_{670} + 0,3371 X_{671} + 0,1874 X_{672} \leq -6820$
Ah <sub>241</sub>	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{124} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{128} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{130} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{116} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{119} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{132} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{136} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{149} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{153} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{275} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{279} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{514} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{519} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$

$X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{525} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$   
 $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{594} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$   
 $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{599} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$   
 $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{605} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$   
 $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{624} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$   
 $+ 0,0452 X_{629} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$   
 $X_{643} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$   
 $0,0354 X_{649} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{654}$   
 $0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{678} \leq -1100$

**ΔhL2411**

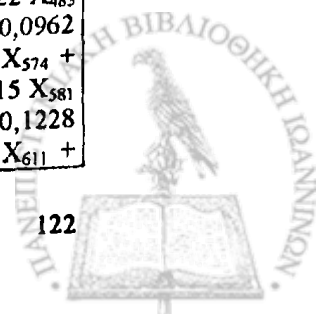
$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{125} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{129} +$   
 $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{131} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{117}$   
 $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{120} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$   
 $X_{35} + 0,056 X_{133} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{137} + 0,715 X_{53} +$   
 $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{150} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$   
 $+ 0,053 X_{154} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{276} + 0,6165$   
 $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{280} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$   
 $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{515} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$   
 $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{520} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$   
 $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{526} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$   
 $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{595} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$   
 $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{600} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$   
 $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{606} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$   
 $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{625} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$   
 $+ 0,0452 X_{630} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$   
 $X_{644} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$   
 $0,0354 X_{650} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{655}$   
 $0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{679} 2,1249 X_{679}$   
 $+ 1,2491 X_{680} + 0,6882 X_{681} + 0,4069 X_{682} + 0,2318 X_{683} + 0,1291 X_{684} \leq -6300$

**ΔhL2412**

$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{126} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{130} +$   
 $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{132} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{118}$   
 $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{121} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$   
 $X_{35} + 0,056 X_{134} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{138} + 0,715 X_{53} +$   
 $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{151} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$   
 $+ 0,053 X_{155} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{277} + 0,6165$   
 $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{281} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$   
 $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{516} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$   
 $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{521} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$   
 $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{527} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$   
 $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{596} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$   
 $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{601} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$   
 $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{607} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$   
 $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{626} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$   
 $+ 0,0452 X_{631} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$   
 $X_{645} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$   
 $0,0354 X_{651} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{656}$   
 $0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{680} 2,1249 X_{679}$   
 $+ 1,2491 X_{680} + 0,6882 X_{681} + 0,4069 X_{682} + 0,2318 X_{683} + 0,1291 X_{685} 2,2180 X_{685} +$   
 $1,2256 X_{686} + 0,7228 X_{687} + 0,3997 X_{688} + 0,2371 X_{689} + 0,1356 X_{690} \leq -6100$

**ΔhL2413**

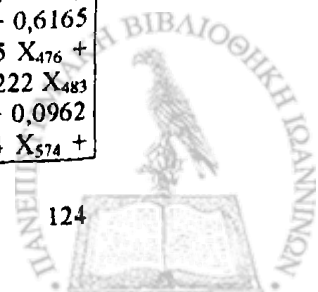
$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{127} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{131} +$   
 $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{133} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{119}$   
 $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{122} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$   
 $X_{35} + 0,056 X_{135} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{139} + 0,715 X_{53} +$   
 $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{152} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$   
 $+ 0,053 X_{156} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{278} + 0,6165$   
 $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{282} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$   
 $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{517} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$   
 $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{522} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$   
 $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{528} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$   
 $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{597} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$   
 $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{602} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$   
 $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{608} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$



	$0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{627} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$ $+ 0,0452 X_{632} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$ $X_{646} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$ $0,0354 X_{652} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{657}$ $0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{681} 2,1249 X_{679}$ $+ 1,2491 X_{680} + 0,6882 X_{681} + 0,4069 X_{682} + 0,2318 X_{683} + 0,1291 X_{686} 2,2180 X_{685} +$ $1,2256 X_{686} + 0,7228 X_{687} + 0,3997 X_{688} + 0,2371 X_{689} + 0,1356 X_{691} 2,0019 X_{691} +$ $1,0241 X_{692} + 0,5689 X_{693} + 0,3371 X_{694} + 0,1874 X_{695} \leq -6020$
$\Delta h_{L2414}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{128} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{132} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{134} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{120}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{123} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{136} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{140} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{153} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{157} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{279} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{283} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{518} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{523} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{529} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{598} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{603} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{609} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$ $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{628} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$ $+ 0,0452 X_{633} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$ $X_{647} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$ $0,0354 X_{653} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{658}$ $0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{682} 2,1249 X_{679}$ $+ 1,2491 X_{680} + 0,6882 X_{681} + 0,4069 X_{682} + 0,2318 X_{683} + 0,1291 X_{687} 2,2180 X_{685} +$ $1,2256 X_{686} + 0,7228 X_{687} + 0,3997 X_{688} + 0,2371 X_{689} + 0,1356 X_{692} 2,0019 X_{691} +$ $1,0241 X_{692} + 0,5689 X_{693} + 0,3371 X_{694} + 0,1874 X_{696} 1,8169 X_{696} + 0,9581 X_{697} +$ $0,5407 X_{698} + 0,2796 X_{699} \leq -6080$
$\Delta h_{251}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{129} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{133} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{135} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{121}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{124} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{137} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{141} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{154} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{158} + 0,6165 X_{136} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{280} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{284} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{519} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{524} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{530} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{599} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{604} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{610} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$ $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{629} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$ $+ 0,0452 X_{634} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$ $X_{648} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$ $0,0354 X_{654} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{659}$ $0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{683} 0,9812 X_{700}$ $+ 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{706} \leq -$ $1100$
$\Delta h_{L2511}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{130} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{134} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{136} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{122}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{125} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{138} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{142} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{155} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{159} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{281} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{285} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{520} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{525} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{531} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{600} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$

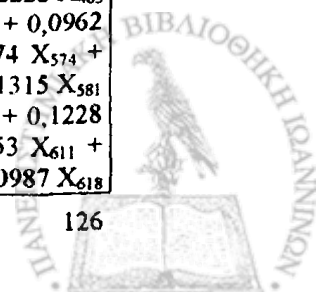


	$+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{605} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{611} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{630} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{635} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 X_{649} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + 0,0354 X_{655} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{660} 0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{684} 0,9812 X_{700} + 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{707} 2,0019 X_{707} + 1,0241 X_{708} + 0,5689 X_{709} + 0,3371 X_{710} + 0,1874 X_{711} \leq -6150$
$\Delta h_{L2512}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{131} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{135} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{137} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{123} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{126} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{139} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{143} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{156} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{160} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{282} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{286} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{521} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{526} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{532} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{601} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{606} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{612} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{631} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{636} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 X_{650} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + 0,0354 X_{656} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{661} 0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{685} 0,9812 X_{700} + 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{708} 2,0019 X_{707} + 1,0241 X_{708} + 0,5689 X_{709} + 0,3371 X_{710} + 0,1874 X_{712} 1,8169 X_{712} + 0,9581 X_{713} + 0,5407 X_{714} + 0,2796 X_{715} \leq -6100$
$\Delta h_{261}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{132} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{136} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{138} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{124} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{127} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{140} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{144} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{157} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{161} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{283} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{287} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{522} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{527} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{533} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{602} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{607} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{613} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{632} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{637} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 X_{651} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + 0,0354 X_{657} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{662} 0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{686} 0,9812 X_{700} + 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{709} 0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{721} \leq -6380$
$\Delta h_{262}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{133} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{137} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{139} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{125} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{128} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{141} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{145} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{158} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{162} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{284} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{288} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{523} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{528} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{534} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$



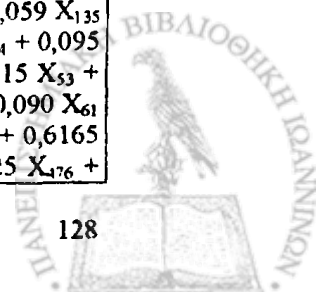
	$0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{603} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{608} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{614} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$ $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{633} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$ $+ 0,0452 X_{638} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$ $X_{652} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$ $0,0354 X_{658} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{663}$ $0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{687} 0,9812 X_{700}$ $+ 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{710}$ $0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{722}$ $0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{726} \leq -$ $6360$
$\Delta h_{263}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{134} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{138} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{140} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{126}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{129} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{142} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{146} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{159} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{163} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{285} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{289} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{524} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{529} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{535} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{604} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{609} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{615} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$ $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{634} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$ $+ 0,0452 X_{639} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$ $X_{653} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$ $0,0354 X_{659} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{664}$ $0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{688} 0,9812 X_{700}$ $+ 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{711}$ $0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{723}$ $0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{727}$ $1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{733} \leq -$ $6410$
$\Delta h_{264}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{135} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{139} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{141} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{127}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{130} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{143} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{147} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{160} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{164} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{286} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{290} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{525} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{530} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{536} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{605} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{610} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{616} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$ $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{635} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$ $+ 0,0452 X_{640} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$ $X_{654} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$ $0,0354 X_{660} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{665}$ $0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{689} 0,9812 X_{700}$ $+ 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{712}$ $0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{724}$ $0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{728}$ $1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{734}$ $1,0311 X_{734} + 0,5653 X_{735} + 0,3103 X_{736} + 0,1727 X_{737} + 0,1022 X_{738} + 0,0606 X_{739} \leq -$ $1190$
$\Delta h_{L2611}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{136} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{140} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{142} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{128}$

	$+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{131} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{144} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{148} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{161} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{165} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{287} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{291} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{526} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{531} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{537} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{606} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{611} + 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{617} + 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{636} + 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{641} + 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 X_{655} + 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + 0,0354 X_{661} + 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{666} + 0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{690} + 0,9812 X_{700} + 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{713} + 0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{725} + 0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{729} + 1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{735} + 1,0311 X_{734} + 0,5653 X_{735} + 0,3103 X_{736} + 0,1727 X_{737} + 0,1022 X_{738} + 0,0606 X_{740} + 2,1249 X_{740} + 1,2491 X_{741} + 0,6882 X_{742} + 0,4069 X_{743} + 0,2318 X_{744} + 0,1291 X_{745} \leq -6200$
Ah <sub>L2612</sub>	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{137} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{141} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{143} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{129} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{132} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{145} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{149} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{162} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{166} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{288} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{292} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{527} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{532} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{538} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{607} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{612} + 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{618} + 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{637} + 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{642} + 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 X_{656} + 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + 0,0354 X_{662} + 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{667} + 0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{691} + 0,9812 X_{700} + 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{714} + 0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{726} + 0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{730} + 1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{736} + 1,0311 X_{734} + 0,5653 X_{735} + 0,3103 X_{736} + 0,1727 X_{737} + 0,1022 X_{738} + 0,0606 X_{741} + 2,1249 X_{740} + 1,2491 X_{741} + 0,6882 X_{742} + 0,4069 X_{743} + 0,2318 X_{744} + 0,1291 X_{746} + 2,0019 X_{746} + 1,0241 X_{747} + 0,5689 X_{748} + 0,3371 X_{749} + 0,1874 X_{750} + \leq -6100$
Ah <sub>271</sub>	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{138} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{142} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{144} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{130} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{133} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{146} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{150} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{163} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{167} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{289} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{293} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{528} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{533} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{539} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{608} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{613} + 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{619} + 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{638} + 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$



	$+ 0,0452 X_{643} + 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 X_{657} + 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + 0,0354 X_{663} + 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{668} + 0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{692} + 0,9812 X_{700} + 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{715} + 0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{727} + 0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{731} + 1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{737} + 1,0311 X_{734} + 0,5653 X_{735} + 0,3103 X_{736} + 0,1727 X_{737} + 0,1022 X_{738} + 0,0606 X_{742} + 1,9155 X_{751} + 1,0524 X_{752} + 0,6206 X_{753} + 0,3526 X_{754} + 0,1958 X_{755} + 0,1085 X_{756} \leq -6530$
$\Delta h_{272}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{139} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{143} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{145} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{131} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{134} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{147} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{151} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{164} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{168} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{290} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{294} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{529} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{534} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{540} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{609} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{614} + 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{620} + 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{639} + 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{644} + 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 X_{658} + 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + 0,0354 X_{664} + 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{669} + 0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{693} + 0,9812 X_{700} + 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{716} + 0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{728} + 0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{732} + 1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{738} + 1,0311 X_{734} + 0,5653 X_{735} + 0,3103 X_{736} + 0,1727 X_{737} + 0,1022 X_{738} + 0,0606 X_{743} + 1,9155 X_{751} + 1,0524 X_{752} + 0,6206 X_{753} + 0,3526 X_{754} + 0,1958 X_{755} + 0,1085 X_{757} + 2,2180 X_{757} + 1,2256 X_{758} + 0,7228 X_{759} + 0,3997 X_{760} + 0,2371 X_{761} + 0,1356 X_{762} \leq -1250$
$\Delta h_{2711}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{140} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{144} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{146} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{132} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{135} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{148} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{152} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{165} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{169} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{291} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{295} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{530} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{535} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{541} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{610} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{615} + 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{621} + 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{640} + 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{645} + 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 X_{659} + 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + 0,0354 X_{665} + 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{670} + 0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{694} + 0,9812 X_{700} + 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{717} + 0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{729} + 0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{733} + 1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{739} + 1,0311 X_{734} + 0,5653 X_{735} + 0,3103 X_{736} + 0,1727 X_{737} + 0,1022 X_{738} + 0,0606 X_{744} + 1,9155 X_{751} + 1,0524 X_{752} + 0,6206 X_{753} + 0,3526 X_{754} + 0,1958 X_{755} + 0,1085 X_{758} + 2,2180 X_{757} + 1,2256 X_{758} + 0,7228 X_{759} + 0,3997 X_{760} + 0,2371 X_{761} + 0,1356 X_{763}$

	$2,0019 X_{763} + 1,0241 X_{764} + 0,5689 X_{765} + 0,3371 X_{766} + 0,1874 X_{767} \leq -6560$
$\Delta h_{L2712}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{141} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{145} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{147} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{133}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{136} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{149} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{153} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{166} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{170} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{292} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{296} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{531} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{536} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{542} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{611} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{616} + 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{622} + 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$ $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{641} + 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$ $+ 0,0452 X_{646} + 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$ $X_{660} + 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$ $0,0354 X_{666} + 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{671}$ $0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{695} + 0,9812 X_{700}$ $+ 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{718}$ $0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{730}$ $0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{734}$ $1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{740}$ $1,0311 X_{734} + 0,5653 X_{735} + 0,3103 X_{736} + 0,1727 X_{737} + 0,1022 X_{738} + 0,0606 X_{745}$ $1,9155 X_{751} + 1,0524 X_{752} + 0,6206 X_{753} + 0,3526 X_{754} + 0,1958 X_{755} + 0,1085 X_{759}$ $2,2180 X_{757} + 1,2256 X_{758} + 0,7228 X_{759} + 0,3997 X_{760} + 0,2371 X_{761} + 0,1356 X_{764}$ $2,0019 X_{763} + 1,0241 X_{764} + 0,5689 X_{765} + 0,3371 X_{766} + 0,1874 X_{768} + 1,8169 X_{768} +$ $0,9581 X_{769} + 0,5407 X_{770} + 0,2796 X_{771} \leq -6580$
$\Delta h_{L2721}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{142} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{146} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{148} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{134}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{137} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{150} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{154} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{167} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{171} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{293} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{297} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{532} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{537} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{543} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{612} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{617} + 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{623} + 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$ $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{642} + 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$ $+ 0,0452 X_{647} + 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$ $X_{661} + 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$ $0,0354 X_{667} + 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{672}$ $0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{696} + 0,9812 X_{700}$ $+ 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{719}$ $0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{731}$ $0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{735}$ $1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{741}$ $1,0311 X_{734} + 0,5653 X_{735} + 0,3103 X_{736} + 0,1727 X_{737} + 0,1022 X_{738} + 0,0606 X_{746}$ $1,9155 X_{751} + 1,0524 X_{752} + 0,6206 X_{753} + 0,3526 X_{754} + 0,1958 X_{755} + 0,1085 X_{760}$ $2,2180 X_{757} + 1,2256 X_{758} + 0,7228 X_{759} + 0,3997 X_{760} + 0,2371 X_{761} + 0,1356 X_{765}$ $1,8169 X_{772} + 0,9581 X_{773} + 0,5407 X_{774} + 0,2796 X_{775} \leq -6600$
$\Delta h_{L281}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{143} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{147} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{149} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{135}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{138} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{151} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{155} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{168} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{172} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{294} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{298} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$



$$\begin{aligned}
&0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{533} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} \\
&+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{538} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 \\
&X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{544} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + \\
&0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{613} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} \\
&+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{618} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 \\
&X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{624} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + \\
&0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{643} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} \\
&+ 0,0452 X_{648} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 \\
&X_{662} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + \\
&0,0354 X_{668} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{673} \\
&0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{697} 0,9812 X_{700} \\
&+ 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{720} \\
&0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{732} \\
&0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{736} \\
&1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{742} \\
&1,0311 X_{734} + 0,5653 X_{735} + 0,3103 X_{736} + 0,1727 X_{737} + 0,1022 X_{738} + 0,0606 X_{747} \\
&1,3206 X_{776} + 0,7270 X_{777} + 0,3995 X_{778} + 0,2197 X_{779} + 0,1226 X_{780} + 0,0727 X_{781} \leq - \\
&6400
\end{aligned}$$

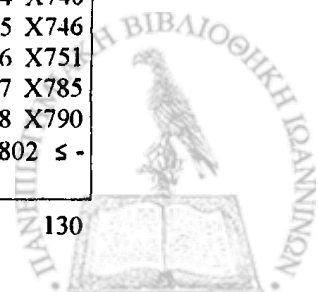
Ah<sub>282</sub>

$$\begin{aligned}
&0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{144} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{148} + \\
&0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{150} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{136} \\
&+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{139} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 \\
&X_{35} + 0,056 X_{152} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{156} + 0,715 X_{53} + \\
&0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{169} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} \\
&+ 0,053 X_{173} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{295} + 0,6165 \\
&X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{299} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + \\
&0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{534} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} \\
&+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{539} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 \\
&X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{545} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + \\
&0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{614} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} \\
&+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{619} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 \\
&X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{625} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + \\
&0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{644} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} \\
&+ 0,0452 X_{649} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 \\
&X_{663} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + \\
&0,0354 X_{669} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{674} \\
&0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{698} 0,9812 X_{700} \\
&+ 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{721} \\
&0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{733} \\
&0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{737} \\
&1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{743} \\
&1,0311 X_{734} + 0,5653 X_{735} + 0,3103 X_{736} + 0,1727 X_{737} + 0,1022 X_{738} + 0,0606 X_{748} \\
&1,3206 X_{776} + 0,7270 X_{777} + 0,3995 X_{778} + 0,2197 X_{779} + 0,1226 X_{780} + 0,0727 X_{782} \\
&1,5237 X_{782} + 0,8608 X_{783} + 0,4752 X_{784} + 0,2618 X_{785} + 0,1444 X_{786} + 0,0808 X_{787} \leq - \\
&1080
\end{aligned}$$

Ah<sub>2811</sub>

$$\begin{aligned}
&0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{145} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{149} + \\
&0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{151} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{137} \\
&+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{140} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 \\
&X_{35} + 0,056 X_{153} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{157} + 0,715 X_{53} + \\
&0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{170} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} \\
&+ 0,053 X_{174} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{296} + 0,6165 \\
&X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{300} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + \\
&0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{535} 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} \\
&+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{540} 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 \\
&X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{546} 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + \\
&0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{615} 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} \\
&+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{620} 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 \\
&X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{626} 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + \\
&0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{645} 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} \\
&+ 0,0452 X_{650} 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 \\
&X_{664} 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + \\
&0,0354 X_{670} 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{675} \\
&0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{699} 0,9812 X_{700}
\end{aligned}$$

	$+ 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{722}$ $0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{734}$ $0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{738}$ $1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{744}$ $1,0311 X_{734} + 0,5653 X_{735} + 0,3103 X_{736} + 0,1727 X_{737} + 0,1022 X_{738} + 0,0606 X_{749}$ $1,3206 X_{776} + 0,7270 X_{777} + 0,3995 X_{778} + 0,2197 X_{779} + 0,1226 X_{780} + 0,0727 X_{783}$ $1,5237 X_{782} + 0,8608 X_{783} + 0,4752 X_{784} + 0,2618 X_{785} + 0,1444 X_{786} + 0,0808 X_{788}$ $2,0019 X_{788} + 1,0241 X_{789} + 0,5689 X_{790} + 0,3371 X_{791} + 0,1874 X_{792} + \leq -6200$
$\Delta h_{L2812}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{146} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{150} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{152} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{138}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{141} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{154} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{158} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{171} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{175} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{297} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{301} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{536} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{541} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{547} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{616} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{621} + 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{627} + 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$ $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{646} + 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$ $+ 0,0452 X_{651} + 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$ $X_{665} + 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$ $0,0354 X_{671} + 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{676}$ $0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{700} + 0,9812 X_{700}$ $+ 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{723}$ $0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{735}$ $0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{739}$ $1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{745}$ $1,0311 X_{734} + 0,5653 X_{735} + 0,3103 X_{736} + 0,1727 X_{737} + 0,1022 X_{738} + 0,0606 X_{750}$ $1,3206 X_{776} + 0,7270 X_{777} + 0,3995 X_{778} + 0,2197 X_{779} + 0,1226 X_{780} + 0,0727 X_{784}$ $1,5237 X_{782} + 0,8608 X_{783} + 0,4752 X_{784} + 0,2618 X_{785} + 0,1444 X_{786} + 0,0808 X_{789}$ $2,0019 X_{788} + 1,0241 X_{789} + 0,5689 X_{790} + 0,3371 X_{791} + 0,1874 X_{792} + 1,8169 X_{793} +$ $0,9581 X_{794} + 0,5407 X_{795} + 0,2796 X_{796} \leq -6100$
$\Delta h_{L291}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{147} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{151} +$ $0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{153} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{139}$ $+ 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{142} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095$ $X_{35} + 0,056 X_{155} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{159} + 0,715 X_{53} +$ $0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{172} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61}$ $+ 0,053 X_{176} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{298} + 0,6165$ $X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{302} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} +$ $0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{537} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483}$ $+ 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{542} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962$ $X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{548} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} +$ $0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{617} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581}$ $+ 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{622} + 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228$ $X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{628} + 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} +$ $0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{647} + 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618}$ $+ 0,0452 X_{652} + 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386$ $X_{666} + 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} +$ $0,0354 X_{672} + 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{677}$ $0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{701} + 0,9812 X_{700}$ $+ 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{724}$ $0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{736}$ $0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{740}$ $1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{746}$ $1,0311 X_{734} + 0,5653 X_{735} + 0,3103 X_{736} + 0,1727 X_{737} + 0,1022 X_{738} + 0,0606 X_{751}$ $1,3206 X_{776} + 0,7270 X_{777} + 0,3995 X_{778} + 0,2197 X_{779} + 0,1226 X_{780} + 0,0727 X_{785}$ $1,5237 X_{782} + 0,8608 X_{783} + 0,4752 X_{784} + 0,2618 X_{785} + 0,1444 X_{786} + 0,0808 X_{790}$ $1,4919 X_{797} + 0,8780 X_{798} + 0,4977 X_{799} + 0,2757 X_{800} + 0,1525 X_{801} + 0,0844 X_{802} \leq -$ $6360$



<p><b>Ah<sub>4292</sub></b></p>	<p>0,443 X<sub>1</sub> + 0,223 X<sub>2</sub> + 0,122 X<sub>3</sub> + 0,072 X<sub>148</sub> + 0,443 X<sub>5</sub> + 0,223 X<sub>6</sub> + 0,122 X<sub>7</sub> + 0,072 X<sub>152</sub> + 0,443 X<sub>9</sub> + 0,223 X<sub>10</sub> + 0,122 X<sub>11</sub> + 0,072 X<sub>154</sub> + 0,361 X<sub>13</sub> + 0,182 X<sub>14</sub> + 0,100 X<sub>15</sub> + 0,059 X<sub>140</sub> + 0,361 X<sub>17</sub> + 0,182 X<sub>18</sub> + 0,100 X<sub>19</sub> + 0,059 X<sub>143</sub> + 0,756 X<sub>32</sub> + 0,342 X<sub>33</sub> + 0,173 X<sub>34</sub> + 0,095 X<sub>35</sub> + 0,056 X<sub>156</sub> + 0,756 X<sub>37</sub> + 0,342 X<sub>38</sub> + 0,173 X<sub>39</sub> + 0,095 X<sub>40</sub> + 0,056 X<sub>160</sub> + 0,715 X<sub>53</sub> + 0,324 X<sub>54</sub> + 0,163 X<sub>55</sub> + 0,090 X<sub>56</sub> + 0,053 X<sub>173</sub> + 0,715 X<sub>58</sub> + 0,324 X<sub>59</sub> + 0,163 X<sub>60</sub> + 0,090 X<sub>61</sub> + 0,053 X<sub>177</sub> + 0,6165 X<sub>186</sub> + 0,2793 X<sub>187</sub> + 0,1411 X<sub>188</sub> + 0,0775 X<sub>189</sub> + 0,0454 X<sub>299</sub> + 0,6165 X<sub>191</sub> + 0,2793 X<sub>192</sub> + 0,1411 X<sub>193</sub> + 0,0775 X<sub>194</sub> + 0,0454 X<sub>303</sub> + 0,5955 X<sub>475</sub> + 0,2925 X<sub>476</sub> + 0,2338 X<sub>477</sub> + 0,1065 X<sub>478</sub> + 0,0541 X<sub>479</sub> + 0,0299 X<sub>538</sub> 0,5659 X<sub>481</sub> + 0,2784 X<sub>482</sub> + 0,2222 X<sub>483</sub> + 0,1013 X<sub>484</sub> + 0,0515 X<sub>485</sub> + 0,0284 X<sub>543</sub> 0,5371 X<sub>487</sub> + 0,2645 X<sub>488</sub> + 0,2110 X<sub>489</sub> + 0,0962 X<sub>490</sub> + 0,0489 X<sub>491</sub> + 0,0270 X<sub>492</sub> + 0,0159 X<sub>549</sub> 0,5822 X<sub>572</sub> + 0,3563 X<sub>573</sub> + 0,1774 X<sub>574</sub> + 0,1404 X<sub>575</sub> + 0,0642 X<sub>576</sub> + 0,0327 X<sub>618</sub> 0,5455 X<sub>578</sub> + 0,3335 X<sub>579</sub> + 0,1664 X<sub>580</sub> + 0,1315 X<sub>581</sub> + 0,0601 X<sub>582</sub> + 0,0307 X<sub>623</sub> 0,8691 X<sub>584</sub> + 0,5100 X<sub>585</sub> + 0,3114 X<sub>586</sub> + 0,1557 X<sub>587</sub> + 0,1228 X<sub>588</sub> + 0,0562 X<sub>589</sub> + 0,0287 X<sub>629</sub> 0,7534 X<sub>608</sub> + 0,4424 X<sub>609</sub> + 0,2696 X<sub>610</sub> + 0,1353 X<sub>611</sub> + 0,1064 X<sub>612</sub> + 0,0488 X<sub>648</sub> 0,6986 X<sub>614</sub> + 0,4104 X<sub>615</sub> + 0,2497 X<sub>616</sub> + 0,1256 X<sub>617</sub> + 0,0987 X<sub>618</sub> + 0,0452 X<sub>653</sub> 0,5952 X<sub>631</sub> + 0,3500 X<sub>632</sub> + 0,2124 X<sub>633</sub> + 0,1073 X<sub>634</sub> + 0,0840 X<sub>635</sub> + 0,0386 X<sub>667</sub> 0,9892 X<sub>637</sub> + 0,5466 X<sub>638</sub> + 0,3215 X<sub>639</sub> + 0,1948 X<sub>640</sub> + 0,0987 X<sub>641</sub> + 0,0771 X<sub>642</sub> + 0,0354 X<sub>673</sub> 0,9044 X<sub>644</sub> + 0,5000 X<sub>645</sub> + 0,2942 X<sub>646</sub> + 0,1780 X<sub>647</sub> + 0,0904 X<sub>648</sub> + 0,0705 X<sub>678</sub> 0,6725 X<sub>673</sub> + 0,3724 X<sub>674</sub> + 0,2195 X<sub>675</sub> + 0,1321 X<sub>676</sub> + 0,0677 X<sub>677</sub> + 0,0525 X<sub>702</sub> 0,9812 X<sub>700</sub> + 0,5367 X<sub>701</sub> + 0,2976 X<sub>702</sub> + 0,1757 X<sub>703</sub> + 0,1053 X<sub>704</sub> + 0,0543 X<sub>705</sub> + 0,0419 X<sub>725</sub> 0,8667 X<sub>716</sub> + 0,4744 X<sub>717</sub> + 0,2633 X<sub>718</sub> + 0,1555 X<sub>719</sub> + 0,0930 X<sub>720</sub> + 0,0482 X<sub>737</sub> 0,7592 X<sub>722</sub> + 0,4159 X<sub>723</sub> + 0,2310 X<sub>724</sub> + 0,1366 X<sub>725</sub> + 0,0815 X<sub>726</sub> + 0,0424 X<sub>741</sub> 1,3873 X<sub>728</sub> + 0,7592 X<sub>729</sub> + 0,4159 X<sub>730</sub> + 0,2310 X<sub>731</sub> + 0,1366 X<sub>732</sub> + 0,0815 X<sub>747</sub> 1,0311 X<sub>734</sub> + 0,5653 X<sub>735</sub> + 0,3103 X<sub>736</sub> + 0,1727 X<sub>737</sub> + 0,1022 X<sub>738</sub> + 0,0606 X<sub>752</sub> 1,3206 X<sub>776</sub> + 0,7270 X<sub>777</sub> + 0,3995 X<sub>778</sub> + 0,2197 X<sub>779</sub> + 0,1226 X<sub>780</sub> + 0,0727 X<sub>786</sub> 1,5237 X<sub>782</sub> + 0,8608 X<sub>783</sub> + 0,4752 X<sub>784</sub> + 0,2618 X<sub>785</sub> + 0,1444 X<sub>786</sub> + 0,0808 X<sub>791</sub> 1,4919 X<sub>797</sub> + 0,8780 X<sub>798</sub> + 0,4977 X<sub>799</sub> + 0,2757 X<sub>800</sub> + 0,1525 X<sub>801</sub> + 0,0844 X<sub>803</sub> 2,1249 X<sub>803</sub> + 1,2491 X<sub>804</sub> + 0,6882 X<sub>805</sub> + 0,4069 X<sub>806</sub> + 0,2318 X<sub>807</sub> + 0,1291 X<sub>808</sub> ≤ -6350</p>
<p><b>Ah<sub>4293</sub></b></p>	<p>0,443 X<sub>1</sub> + 0,223 X<sub>2</sub> + 0,122 X<sub>3</sub> + 0,072 X<sub>149</sub> + 0,443 X<sub>5</sub> + 0,223 X<sub>6</sub> + 0,122 X<sub>7</sub> + 0,072 X<sub>153</sub> + 0,443 X<sub>9</sub> + 0,223 X<sub>10</sub> + 0,122 X<sub>11</sub> + 0,072 X<sub>155</sub> + 0,361 X<sub>13</sub> + 0,182 X<sub>14</sub> + 0,100 X<sub>15</sub> + 0,059 X<sub>141</sub> + 0,361 X<sub>17</sub> + 0,182 X<sub>18</sub> + 0,100 X<sub>19</sub> + 0,059 X<sub>144</sub> + 0,756 X<sub>32</sub> + 0,342 X<sub>33</sub> + 0,173 X<sub>34</sub> + 0,095 X<sub>35</sub> + 0,056 X<sub>157</sub> + 0,756 X<sub>37</sub> + 0,342 X<sub>38</sub> + 0,173 X<sub>39</sub> + 0,095 X<sub>40</sub> + 0,056 X<sub>161</sub> + 0,715 X<sub>53</sub> + 0,324 X<sub>54</sub> + 0,163 X<sub>55</sub> + 0,090 X<sub>56</sub> + 0,053 X<sub>174</sub> + 0,715 X<sub>58</sub> + 0,324 X<sub>59</sub> + 0,163 X<sub>60</sub> + 0,090 X<sub>61</sub> + 0,053 X<sub>178</sub> + 0,6165 X<sub>186</sub> + 0,2793 X<sub>187</sub> + 0,1411 X<sub>188</sub> + 0,0775 X<sub>189</sub> + 0,0454 X<sub>300</sub> + 0,6165 X<sub>191</sub> + 0,2793 X<sub>192</sub> + 0,1411 X<sub>193</sub> + 0,0775 X<sub>194</sub> + 0,0454 X<sub>304</sub> + 0,5955 X<sub>475</sub> + 0,2925 X<sub>476</sub> + 0,2338 X<sub>477</sub> + 0,1065 X<sub>478</sub> + 0,0541 X<sub>479</sub> + 0,0299 X<sub>539</sub> 0,5659 X<sub>481</sub> + 0,2784 X<sub>482</sub> + 0,2222 X<sub>483</sub> + 0,1013 X<sub>484</sub> + 0,0515 X<sub>485</sub> + 0,0284 X<sub>544</sub> 0,5371 X<sub>487</sub> + 0,2645 X<sub>488</sub> + 0,2110 X<sub>489</sub> + 0,0962 X<sub>490</sub> + 0,0489 X<sub>491</sub> + 0,0270 X<sub>492</sub> + 0,0159 X<sub>550</sub> 0,5822 X<sub>572</sub> + 0,3563 X<sub>573</sub> + 0,1774 X<sub>574</sub> + 0,1404 X<sub>575</sub> + 0,0642 X<sub>576</sub> + 0,0327 X<sub>619</sub> 0,5455 X<sub>578</sub> + 0,3335 X<sub>579</sub> + 0,1664 X<sub>580</sub> + 0,1315 X<sub>581</sub> + 0,0601 X<sub>582</sub> + 0,0307 X<sub>624</sub> 0,8691 X<sub>584</sub> + 0,5100 X<sub>585</sub> + 0,3114 X<sub>586</sub> + 0,1557 X<sub>587</sub> + 0,1228 X<sub>588</sub> + 0,0562 X<sub>589</sub> + 0,0287 X<sub>630</sub> 0,7534 X<sub>608</sub> + 0,4424 X<sub>609</sub> + 0,2696 X<sub>610</sub> + 0,1353 X<sub>611</sub> + 0,1064 X<sub>612</sub> + 0,0488 X<sub>649</sub> 0,6986 X<sub>614</sub> + 0,4104 X<sub>615</sub> + 0,2497 X<sub>616</sub> + 0,1256 X<sub>617</sub> + 0,0987 X<sub>618</sub> + 0,0452 X<sub>654</sub> 0,5952 X<sub>631</sub> + 0,3500 X<sub>632</sub> + 0,2124 X<sub>633</sub> + 0,1073 X<sub>634</sub> + 0,0840 X<sub>635</sub> + 0,0386 X<sub>668</sub> 0,9892 X<sub>637</sub> + 0,5466 X<sub>638</sub> + 0,3215 X<sub>639</sub> + 0,1948 X<sub>640</sub> + 0,0987 X<sub>641</sub> + 0,0771 X<sub>642</sub> + 0,0354 X<sub>674</sub> 0,9044 X<sub>644</sub> + 0,5000 X<sub>645</sub> + 0,2942 X<sub>646</sub> + 0,1780 X<sub>647</sub> + 0,0904 X<sub>648</sub> + 0,0705 X<sub>679</sub> 0,6725 X<sub>673</sub> + 0,3724 X<sub>674</sub> + 0,2195 X<sub>675</sub> + 0,1321 X<sub>676</sub> + 0,0677 X<sub>677</sub> + 0,0525 X<sub>703</sub> 0,9812 X<sub>700</sub> + 0,5367 X<sub>701</sub> + 0,2976 X<sub>702</sub> + 0,1757 X<sub>703</sub> + 0,1053 X<sub>704</sub> + 0,0543 X<sub>705</sub> + 0,0419 X<sub>726</sub> 0,8667 X<sub>716</sub> + 0,4744 X<sub>717</sub> + 0,2633 X<sub>718</sub> + 0,1555 X<sub>719</sub> + 0,0930 X<sub>720</sub> + 0,0482 X<sub>738</sub> 0,7592 X<sub>722</sub> + 0,4159 X<sub>723</sub> + 0,2310 X<sub>724</sub> + 0,1366 X<sub>725</sub> + 0,0815 X<sub>726</sub> + 0,0424 X<sub>742</sub> 1,3873 X<sub>728</sub> + 0,7592 X<sub>729</sub> + 0,4159 X<sub>730</sub> + 0,2310 X<sub>731</sub> + 0,1366 X<sub>732</sub> + 0,0815 X<sub>748</sub> 1,0311 X<sub>734</sub> + 0,5653 X<sub>735</sub> + 0,3103 X<sub>736</sub> + 0,1727 X<sub>737</sub> + 0,1022 X<sub>738</sub> + 0,0606 X<sub>753</sub> 1,3206 X<sub>776</sub> + 0,7270 X<sub>777</sub> + 0,3995 X<sub>778</sub> + 0,2197 X<sub>779</sub> + 0,1226 X<sub>780</sub> + 0,0727 X<sub>787</sub> 1,5237 X<sub>782</sub> + 0,8608 X<sub>783</sub> + 0,4752 X<sub>784</sub> + 0,2618 X<sub>785</sub> + 0,1444 X<sub>786</sub> + 0,0808 X<sub>792</sub> 1,4919 X<sub>797</sub> + 0,8780 X<sub>798</sub> + 0,4977 X<sub>799</sub> + 0,2757 X<sub>800</sub> + 0,1525 X<sub>801</sub> + 0,0844 X<sub>804</sub> 2,1249 X<sub>803</sub> + 1,2491 X<sub>804</sub> + 0,6882 X<sub>805</sub> + 0,4069 X<sub>806</sub> + 0,2318 X<sub>807</sub> + 0,1291 X<sub>809</sub> 2,0019 X<sub>809</sub> + 1,0241 X<sub>810</sub> + 0,5689 X<sub>811</sub> + 0,3371 X<sub>812</sub> + 0,1874 X<sub>813</sub> ≤ -1000</p>
<p><b>Ah<sub>L2911</sub></b></p>	<p>0,443 X<sub>1</sub> + 0,223 X<sub>2</sub> + 0,122 X<sub>3</sub> + 0,072 X<sub>150</sub> + 0,443 X<sub>5</sub> + 0,223 X<sub>6</sub> + 0,122 X<sub>7</sub> + 0,072 X<sub>154</sub> + 0,443 X<sub>9</sub> + 0,223 X<sub>10</sub> + 0,122 X<sub>11</sub> + 0,072 X<sub>156</sub> + 0,361 X<sub>13</sub> + 0,182 X<sub>14</sub> + 0,100 X<sub>15</sub> + 0,059 X<sub>142</sub> + 0,361 X<sub>17</sub> + 0,182 X<sub>18</sub> + 0,100 X<sub>19</sub> + 0,059 X<sub>145</sub> + 0,756 X<sub>32</sub> + 0,342 X<sub>33</sub> + 0,173 X<sub>34</sub> + 0,095 X<sub>35</sub> + 0,056 X<sub>158</sub> + 0,756 X<sub>37</sub> + 0,342 X<sub>38</sub> + 0,173 X<sub>39</sub> + 0,095 X<sub>40</sub> + 0,056 X<sub>162</sub> + 0,715 X<sub>53</sub> + 0,324 X<sub>54</sub> + 0,163 X<sub>55</sub> + 0,090 X<sub>56</sub> + 0,053 X<sub>175</sub> + 0,715 X<sub>58</sub> + 0,324 X<sub>59</sub> + 0,163 X<sub>60</sub> + 0,090 X<sub>61</sub> + 0,053 X<sub>179</sub> + 0,6165 X<sub>186</sub> + 0,2793 X<sub>187</sub> + 0,1411 X<sub>188</sub> + 0,0775 X<sub>189</sub> + 0,0454 X<sub>301</sub> + 0,6165</p>



	$X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{305} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{540} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{545} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{551} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{620} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{625} + 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{631} + 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{650} + 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{655} + 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 X_{669} + 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + 0,0354 X_{675} + 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{680} + 0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{704} + 0,9812 X_{700} + 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{727} + 0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{739} + 0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{743} + 1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{749} + 1,0311 X_{734} + 0,5653 X_{735} + 0,3103 X_{736} + 0,1727 X_{737} + 0,1022 X_{738} + 0,0606 X_{754} + 1,3206 X_{776} + 0,7270 X_{777} + 0,3995 X_{778} + 0,2197 X_{779} + 0,1226 X_{780} + 0,0727 X_{788} + 1,5237 X_{782} + 0,8608 X_{783} + 0,4752 X_{784} + 0,2618 X_{785} + 0,1444 X_{786} + 0,0808 X_{793} + 1,4919 X_{797} + 0,8780 X_{798} + 0,4977 X_{799} + 0,2757 X_{800} + 0,1525 X_{801} + 0,0844 X_{805} + 2,1249 X_{803} + 1,2491 X_{804} + 0,6882 X_{805} + 0,4069 X_{806} + 0,2318 X_{807} + 0,1291 X_{810} + 2,0019 X_{809} + 1,0241 X_{810} + 0,5689 X_{811} + 0,3371 X_{812} + 0,1874 X_{814} + 1,8169 X_{814} + 0,9581 X_{815} + 0,5407 X_{816} + 0,2796 X_{817} \leq -6250$
$\Delta h_{L2921}$	$0,443 X_1 + 0,223 X_2 + 0,122 X_3 + 0,072 X_{151} + 0,443 X_5 + 0,223 X_6 + 0,122 X_7 + 0,072 X_{155} + 0,443 X_9 + 0,223 X_{10} + 0,122 X_{11} + 0,072 X_{157} + 0,361 X_{13} + 0,182 X_{14} + 0,100 X_{15} + 0,059 X_{143} + 0,361 X_{17} + 0,182 X_{18} + 0,100 X_{19} + 0,059 X_{146} + 0,756 X_{32} + 0,342 X_{33} + 0,173 X_{34} + 0,095 X_{35} + 0,056 X_{159} + 0,756 X_{37} + 0,342 X_{38} + 0,173 X_{39} + 0,095 X_{40} + 0,056 X_{163} + 0,715 X_{53} + 0,324 X_{54} + 0,163 X_{55} + 0,090 X_{56} + 0,053 X_{176} + 0,715 X_{58} + 0,324 X_{59} + 0,163 X_{60} + 0,090 X_{61} + 0,053 X_{180} + 0,6165 X_{186} + 0,2793 X_{187} + 0,1411 X_{188} + 0,0775 X_{189} + 0,0454 X_{302} + 0,6165 X_{191} + 0,2793 X_{192} + 0,1411 X_{193} + 0,0775 X_{194} + 0,0454 X_{306} + 0,5955 X_{475} + 0,2925 X_{476} + 0,2338 X_{477} + 0,1065 X_{478} + 0,0541 X_{479} + 0,0299 X_{541} + 0,5659 X_{481} + 0,2784 X_{482} + 0,2222 X_{483} + 0,1013 X_{484} + 0,0515 X_{485} + 0,0284 X_{546} + 0,5371 X_{487} + 0,2645 X_{488} + 0,2110 X_{489} + 0,0962 X_{490} + 0,0489 X_{491} + 0,0270 X_{492} + 0,0159 X_{552} + 0,5822 X_{572} + 0,3563 X_{573} + 0,1774 X_{574} + 0,1404 X_{575} + 0,0642 X_{576} + 0,0327 X_{621} + 0,5455 X_{578} + 0,3335 X_{579} + 0,1664 X_{580} + 0,1315 X_{581} + 0,0601 X_{582} + 0,0307 X_{626} + 0,8691 X_{584} + 0,5100 X_{585} + 0,3114 X_{586} + 0,1557 X_{587} + 0,1228 X_{588} + 0,0562 X_{589} + 0,0287 X_{632} + 0,7534 X_{608} + 0,4424 X_{609} + 0,2696 X_{610} + 0,1353 X_{611} + 0,1064 X_{612} + 0,0488 X_{651} + 0,6986 X_{614} + 0,4104 X_{615} + 0,2497 X_{616} + 0,1256 X_{617} + 0,0987 X_{618} + 0,0452 X_{656} + 0,5952 X_{631} + 0,3500 X_{632} + 0,2124 X_{633} + 0,1073 X_{634} + 0,0840 X_{635} + 0,0386 X_{670} + 0,9892 X_{637} + 0,5466 X_{638} + 0,3215 X_{639} + 0,1948 X_{640} + 0,0987 X_{641} + 0,0771 X_{642} + 0,0354 X_{676} + 0,9044 X_{644} + 0,5000 X_{645} + 0,2942 X_{646} + 0,1780 X_{647} + 0,0904 X_{648} + 0,0705 X_{681} + 0,6725 X_{673} + 0,3724 X_{674} + 0,2195 X_{675} + 0,1321 X_{676} + 0,0677 X_{677} + 0,0525 X_{705} + 0,9812 X_{700} + 0,5367 X_{701} + 0,2976 X_{702} + 0,1757 X_{703} + 0,1053 X_{704} + 0,0543 X_{705} + 0,0419 X_{728} + 0,8667 X_{716} + 0,4744 X_{717} + 0,2633 X_{718} + 0,1555 X_{719} + 0,0930 X_{720} + 0,0482 X_{740} + 0,7592 X_{722} + 0,4159 X_{723} + 0,2310 X_{724} + 0,1366 X_{725} + 0,0815 X_{726} + 0,0424 X_{744} + 1,3873 X_{728} + 0,7592 X_{729} + 0,4159 X_{730} + 0,2310 X_{731} + 0,1366 X_{732} + 0,0815 X_{750} + 1,0311 X_{734} + 0,5653 X_{735} + 0,3103 X_{736} + 0,1727 X_{737} + 0,1022 X_{738} + 0,0606 X_{755} + 1,3206 X_{776} + 0,7270 X_{777} + 0,3995 X_{778} + 0,2197 X_{779} + 0,1226 X_{780} + 0,0727 X_{789} + 1,5237 X_{782} + 0,8608 X_{783} + 0,4752 X_{784} + 0,2618 X_{785} + 0,1444 X_{786} + 0,0808 X_{794} + 1,4919 X_{797} + 0,8780 X_{798} + 0,4977 X_{799} + 0,2757 X_{800} + 0,1525 X_{801} + 0,0844 X_{806} + 2,1249 X_{803} + 1,2491 X_{804} + 0,6882 X_{805} + 0,4069 X_{806} + 0,2318 X_{807} + 0,1291 X_{811} + 2,0019 X_{809} + 1,0241 X_{810} + 0,5689 X_{811} + 0,3371 X_{812} + 0,1874 X_{815} + 1,8169 X_{818} + 0,9581 X_{819} + 0,5407 X_{820} + 0,2796 X_{821} \leq -6390$

Σημείωση: Στις παραπάνω ανισώσεις το πιεζομετρικό φορτίο της δεξαμενής,  $H_d$ , εκφράζεται σε cm.

### 8.2.2.3. Οι περιορισμοί μη αρνητικότητας

Εκφράζονται με τη μορφή  $X_{ij} \geq 0$

όπου  $i = 1 \dots n$ , είναι ο αύξων αριθμός του υπόψη αγωγού,  $n$  είναι ο συνολικός αριθμός των αγωγών του δικτύου και  $j = 1, 2, 3, \dots, k$  είναι ο αριθμός των πιθανών διαμέτρων του αγωγού  $i$ .



#### 8.2.2.4. Η βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης

Η βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης,  $\min f(x)$ , επιτυγχάνεται με την μέθοδο Simplex και με το λογισμικό MATLAB.

Η επίλυση γίνεται για πιεζομετρικό φορτίο  $H_{\Delta} = Z_{\Delta} = 91,39$  m και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 8.3.

Από τις επιλύσεις διατηρείται μόνο η τιμή  $\min P_{\Delta}$ , που προκύπτει για κάθε  $H_{\Delta}$  και όχι και οι προκύπτουσες οικονομικές διαμέτροι.

### 8.3. Υπολογισμός των διαμέτρων της βέλτιστης λύσης

Για την βέλτιστη τιμή του πιεζομετρικού φορτίου του αντλιοστασίου  $H_A = 91,39$  m, υπολογίζονται οι οικονομικές διαμέτροι του δικτύου με εφαρμογή της μεθόδου Simplex, και με το λογισμικό MATLAB. Τα αποτελέσματα της επίλυσης παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα 8.6.

Για τη συμπλήρωση του πίνακα σημειώνεται ότι:

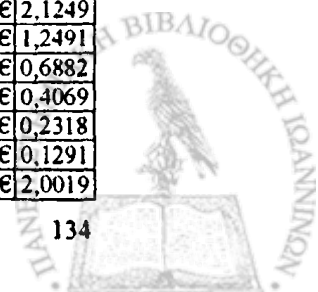
- Στη στήλη 5 δίνεται το ανά μέτρο μήκους κόστος του κάθε αγωγού για σωλήνες PVC 12,5 atm και τιμές υλικών και ημερομισθίων του έτους 1998.
- Στη στήλη 6 δίνεται το συνολικό κόστος του τμήματος του αγωγού που κατασκευάζεται από την αντίστοιχη διάμετρο.
- Στη στήλη 7 υπολογίζονται οι απώλειες φορτίου από τη σχέση  $1,10J = \frac{1,10 f Q^2}{2g\pi^2 D_{\text{εσωτ.}}^5} = 0,00568 \frac{f Q^2}{D_{\text{εσωτ.}}^5}$ , αφού προηγουμένως υπολογιστεί το  $f$  από την εξίσωση των Swamee and Jain
- Στη στήλη 9 δίνονται τα απαιτούμενα ελάχιστα υψόμετρα πιεζομετρικής γραμμής στον κάθε κόμβο τα οποία προκύπτουν αν προστεθούν στα υψόμετρα εδάφους τα ελάχιστα απαιτούμενα ύψη πίεσης που είναι 58 m στους κόμβους που υπάρχουν υδροληψίες και 5 m στους υπόλοιπους.
- Στη στήλη 10 δίνονται οι συνολικές απώλειες φορτίου της διαδρομής του κάθε κόμβου.
- Στη στήλη 11 δίνονται οι διαφορές  $H_{\Delta} - H_i$  στον κάθε κόμβο οι οποίες προκύπτουν αν αφαιρεθούν οι τιμές της στήλης 9 από το  $H_{\Delta} = 91,39$  m
- Από τους πίνακες 8.5 και 8.6 προκύπτει ότι:

Η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης είναι  $\min f(X) = 2.261.300,00$  €. Το βέλτιστο κόστος του δικτύου είναι  $P_{\Delta} = 2.261.280,41$  €. Η μικρή διαφορά μεταξύ των δύο τιμών, οφείλεται στην στρογγυλοποίηση των μηκών σε ακέραιες τιμές.

- Πληρούνται οι περιορισμοί μήκους  $\Sigma L_{ij} = L_i$  για όλους τους αγωγούς.
- Πληρούνται οι περιορισμοί απωλειών  $H_{\Delta} - H_i \geq \Sigma \Delta h_i$  για όλους τους αγωγούς, και η ισότητα ισχύει για όλους τους αγωγούς πέρατος.

Πίνακας 8.6.α) Υπολογισμός των οικονομικών διαμέτρων της βέλτιστης λύσης

Γεωμετρικά και υδραυλικά στοιχεία της βέλτιστης λύσης							Γεωμετρικά και υδραυλικά στοιχεία της βέλτιστης λύσης						
Ονομ. Διάμ.	Αγωγός	Xi	L[m]	Κόστος αγωγού		$\Delta h_i = 1,1J_i$ [%]	Ονομ. Διάμ.	Αγωγός	Xi	L[m]	Κόστος αγωγού		$\Delta h_i = 1,1J_i$ [%]
				$\delta_i$ [€/m]	$P_i$ [€]						$\delta_i$ [€/m]	$P_i$ [€]	
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
700	s(Δ)001	X <sub>1</sub>	1,0	273,81	273,81 €	0,443	315	s163	X <sub>414</sub>	0,0	73,07	- €	0,8725
800		X <sub>2</sub>	0,0	329,57	- €	0,223	355		X <sub>415</sub>	305,0	92,08	28.085,70 €	0,4789
900		X <sub>3</sub>	0,0	424,06	- €	0,122	400		X <sub>416</sub>	0,0	114,45	- €	0,2631
1000		X <sub>4</sub>	0,0	475,42	- €	0,072	450		X <sub>417</sub>	0,0	141,45	- €	0,1466
700	s011	X <sub>5</sub>	730,0	273,81	199.867,61 €	0,443	500	X <sub>418</sub>	0,0	172,85	- €	0,0869	
800		X <sub>6</sub>	620,1	329,57	204.349,88 €	0,223	500	X <sub>419</sub>	0,0	202,20	- €	0,0514	
900		X <sub>7</sub>	0,0	424,06	- €	0,122	280	s164	X <sub>420</sub>	0,0	59,32	- €	1,3206
1000		X <sub>8</sub>	0,0	475,42	- €	0,072	315		X <sub>421</sub>	0,0	73,07	- €	0,7270
700	s012	X <sub>9</sub>	100,8	273,81	27.611,00 €	0,443	355	X <sub>422</sub>	180,0	92,08	16.575,17 €	0,3995	
800		X <sub>10</sub>	39,2	329,57	12.905,96 €	0,223	400	X <sub>423</sub>	0,0	114,45	- €	0,2197	
900		X <sub>11</sub>	0,0	424,06	- €	0,122	450	X <sub>424</sub>	0,0	141,45	- €	0,1226	
1000		X <sub>12</sub>	0,0	475,42	- €	0,072	500	X <sub>425</sub>	0,0	172,85	- €	0,0727	
700	s021	X <sub>13</sub>	170,0	273,81	46.547,70 €	0,361	280	s165	X <sub>426</sub>	0,0	59,32	- €	1,3206
800		X <sub>14</sub>	0,0	329,57	- €	0,182	315		X <sub>427</sub>	0,0	73,07	- €	0,7270
900		X <sub>15</sub>	0,0	424,06	- €	0,100	355		X <sub>428</sub>	160,0	92,08	14.733,48 €	0,3995
1000		X <sub>16</sub>	0,0	475,42	- €	0,059	400		X <sub>429</sub>	0,0	114,45	- €	0,2197
700	s022	X <sub>17</sub>	120,0	273,81	32.857,20 €	0,361	450	X <sub>430</sub>	0,0	141,45	- €	0,1226	
800		X <sub>18</sub>	0,0	329,57	- €	0,182	500	X <sub>431</sub>	0,0	172,85	- €	0,0727	
900		X <sub>19</sub>	0,0	424,06	- €	0,100	110	L1611	X <sub>432</sub>	126,4	10,62	1.342,69 €	1,8169
1000		X <sub>20</sub>	0,0	475,42	- €	0,059	125		X <sub>433</sub>	103,6	13,31	1.378,38 €	0,9581
180	L0211	X <sub>21</sub>	115,0	26,18	3.010,62 €	2,1249	140	X <sub>434</sub>	0,0	16,32	- €	0,5407	
200		X <sub>22</sub>	0,0	31,80	- €	1,2491	160	X <sub>435</sub>	0,0	20,54	- €	0,2796	
225		X <sub>23</sub>	0,0	38,44	- €	0,6882	140	L1621	X <sub>436</sub>	230,0	16,32	3.753,60 €	2,0019
250		X <sub>24</sub>	0,0	58,69	- €	0,4069	160		X <sub>437</sub>	0,0	20,54	- €	1,0241
280		X <sub>25</sub>	0,0	59,32	- €	0,2318	180		X <sub>438</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689
315		X <sub>26</sub>	0,0	73,07	- €	0,1291	200		X <sub>439</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371
140	L0212	X <sub>27</sub>	240,0	16,32	3.916,80 €	2,0019	225	X <sub>440</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	
160		X <sub>28</sub>	0,0	20,54	- €	1,0241	280	s171	X <sub>441</sub>	0,0	59,32	- €	1,3206
180		X <sub>29</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	315		X <sub>442</sub>	0,0	73,07	- €	0,7270
200		X <sub>30</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	355		X <sub>443</sub>	110,0	92,08	10.129,27 €	0,3995
225	X <sub>31</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	400	X <sub>444</sub>		0,0	114,45	- €	0,2197	
600	s031	X <sub>32</sub>	0,0	221,86	- €	0,756	450	X <sub>445</sub>	0,0	141,45	- €	0,1226	
700		X <sub>33</sub>	150,0	273,81	41.071,50 €	0,342	500	X <sub>446</sub>	0,0	172,85	- €	0,0727	
800		X <sub>34</sub>	0,0	329,57	- €	0,173	250	s172	X <sub>447</sub>	0,0	58,69	- €	1,5237
900		X <sub>35</sub>	0,0	424,06	- €	0,095	280		X <sub>448</sub>	0,0	59,32	- €	0,8608
1000	X <sub>36</sub>	0,0	475,42	- €	0,056	315	X <sub>449</sub>	230,0	73,07	16.806,10 €	0,4752		
600	s032	X <sub>37</sub>	0,0	221,86	- €	0,756	355	X <sub>450</sub>	0,0	92,08	- €	0,2618	
700		X <sub>38</sub>	150,0	273,81	41.071,50 €	0,342	400	X <sub>451</sub>	0,0	114,45	- €	0,1444	
800		X <sub>39</sub>	0,0	329,57	- €	0,173	450	X <sub>452</sub>	0,0	141,45	- €	0,0808	
900		X <sub>40</sub>	0,0	424,06	- €	0,095	180	L1711	X <sub>453</sub>	0,0	26,18	- €	2,1249
1000	X <sub>41</sub>	0,0	475,42	- €	0,056	200	X <sub>454</sub>		0,0	31,80	- €	1,2491	
180	L0311	X <sub>42</sub>	130,0	26,18	3.403,31 €	2,1249	225		X <sub>455</sub>	47,3	38,44	1.819,37 €	0,6882
200		X <sub>43</sub>	0,0	31,80	- €	1,2491	250		X <sub>456</sub>	0,0	58,69	- €	0,4069
225		X <sub>44</sub>	0,0	38,44	- €	0,6882	280	X <sub>457</sub>	52,7	59,32	3.124,51 €	0,2318	
250		X <sub>45</sub>	0,0	58,69	- €	0,4069	315	X <sub>458</sub>	0,0	73,07	- €	0,1291	
280	X <sub>46</sub>	0,0	59,32	- €	0,2318	140	L1712	X <sub>459</sub>	0,0	16,32	- €	2,0019	
315	X <sub>47</sub>	0,0	73,07	- €	0,1291	160		X <sub>460</sub>	0,0	20,54	- €	1,0241	
140	L0312	X <sub>48</sub>	250,0	16,32	4.080,00 €	2,0019	180	X <sub>461</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	
160		X <sub>49</sub>	0,0	20,54	- €	1,0241	200	X <sub>462</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	
180		X <sub>50</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	225	X <sub>463</sub>	165,0	38,44	6.342,60 €	0,1874	
200		X <sub>51</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	180	L1721	X <sub>464</sub>	0,0	26,18	- €	2,1249
225	X <sub>52</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	200	X <sub>465</sub>		0,0	31,80	- €	1,2491	
600	s(A)001	X <sub>53</sub>	0,0	221,86	- €	0,715	225		X <sub>466</sub>	110,0	38,44	4.228,40 €	0,6882
700		X <sub>54</sub>	90,0	273,81	24.642,90 €	0,324	250		X <sub>467</sub>	0,0	58,69	- €	0,4069
800		X <sub>55</sub>	0,0	329,57	- €	0,163	280	X <sub>468</sub>	0,0	59,32	- €	0,2318	
900		X <sub>56</sub>	0,0	424,06	- €	0,090	315	X <sub>469</sub>	0,0	73,07	- €	0,1291	
1000	X <sub>57</sub>	0,0	475,42	- €	0,053	140	L1722	X <sub>470</sub>	160,0	16,32	2.611,20 €	2,0019	



600	s(A)002	X <sub>58</sub>	0,0	221,86		- €	0,715	160	X <sub>471</sub>	0,0	20,54		- €	1,0241	
700		X <sub>59</sub>	255,0	273,81	69.821,55 €	0,324	180	X <sub>472</sub>	0,0	26,18		- €	0,5689		
800		X <sub>60</sub>	0,0	329,57		- €	0,163	200	X <sub>473</sub>	0,0	31,80		- €	0,3371	
900		X <sub>61</sub>	0,0	424,06		- €	0,090	225	X <sub>474</sub>	0,0	38,44		- €	0,1874	
1000		X <sub>62</sub>	0,0	475,42		- €	0,053	500	X <sub>475</sub>	0,0	202,20		- €	0,5955	
315		s041	X <sub>63</sub>	115,0	73,07	8.403,05 €	0,8725	630	X <sub>476</sub>	0,0	269,20		- €	0,2925	
355	X <sub>64</sub>		0,0	92,08		- €	0,4789	600	X <sub>477</sub>	130,0	221,86	28.841,80 €	0,2338		
400	X <sub>65</sub>		0,0	114,45		- €	0,2631	700	X <sub>478</sub>	0,0	273,81		- €	0,1065	
450	X <sub>66</sub>		0,0	141,45		- €	0,1466	800	X <sub>479</sub>	0,0	329,57		- €	0,0541	
500	X <sub>67</sub>		0,0	172,85		- €	0,0869	900	X <sub>480</sub>	0,0	424,06		- €	0,0299	
500	X <sub>68</sub>		0,0	202,20		- €	0,0514	500	X <sub>481</sub>	0,0	202,20		- €	0,5659	
160	L0411	X <sub>69</sub>	105,0	20,54	2.156,70 €	2,2180	630	X <sub>482</sub>	0,0	269,20		- €	0,2784		
180		X <sub>70</sub>	0,0	26,18		- €	1,2256	600	X <sub>483</sub>	280,0	221,86	62.120,80 €	0,2222		
200		X <sub>71</sub>	0,0	31,80		- €	0,7228	700	X <sub>484</sub>	0,0	273,81		- €	0,1013	
225		X <sub>72</sub>	0,0	38,44		- €	0,3997	800	X <sub>485</sub>	0,0	329,57		- €	0,0515	
250		X <sub>73</sub>	0,0	58,69		- €	0,2371	900	X <sub>486</sub>	0,0	424,06		- €	0,0284	
280		X <sub>74</sub>	0,0	59,32		- €	0,1356	500	X <sub>487</sub>	0,0	202,20		- €	0,5371	
140	L0412	X <sub>75</sub>	270,0	16,32	4.406,40 €	2,0019	630	X <sub>488</sub>	0,0	269,20		- €	0,2645		
160		X <sub>76</sub>	0,0	20,54		- €	1,0241	600	X <sub>489</sub>	320,0	221,86	70.995,20 €	0,2110		
180		X <sub>77</sub>	0,0	26,18		- €	0,5689	700	X <sub>490</sub>	0,0	273,81		- €	0,0962	
200		X <sub>78</sub>	0,0	31,80		- €	0,3371	800	X <sub>491</sub>	0,0	329,57		- €	0,0489	
225		X <sub>79</sub>	0,0	38,44		- €	0,1874	900	X <sub>492</sub>	0,0	424,06		- €	0,0270	
280		s051	X <sub>80</sub>	0,0	59,32		- €	1,3206	1000	X <sub>493</sub>	0,0	475,42		- €	0,0159
315	X <sub>81</sub>		120,0	73,07	8.768,40 €	0,7270	250	L1811	X <sub>494</sub>	95,0	58,69	5.575,55 €	1,1791		
355	X <sub>82</sub>		0,0	92,08		- €	0,3995		280	X <sub>495</sub>	0,0	59,32		- €	0,6671
400	X <sub>83</sub>		0,0	114,45		- €	0,2197		315	X <sub>496</sub>	0,0	73,07		- €	0,3689
450	X <sub>84</sub>		0,0	141,45		- €	0,1226		355	X <sub>497</sub>	0,0	92,08		- €	0,2036
500	X <sub>85</sub>		0,0	172,85		- €	0,0727		400	X <sub>498</sub>	0,0	114,45		- €	0,1125
280	s052	X <sub>86</sub>	0,0	59,32		- €	1,3206		450	X <sub>499</sub>	0,0	141,45		- €	0,0630
315		X <sub>87</sub>	235,0	73,07	17.171,45 €	0,7270	200	L1812	X <sub>500</sub>	250,0	31,80	7.951,13 €	1,9155		
355		X <sub>88</sub>	0,0	92,08		- €	0,3995		225	X <sub>501</sub>	0,0	38,44		- €	1,0524
400		X <sub>89</sub>	0,0	114,45		- €	0,2197		250	X <sub>502</sub>	0,0	58,69		- €	0,6206
450		X <sub>90</sub>	0,0	141,45		- €	0,1226		280	X <sub>503</sub>	0,0	59,32		- €	0,3526
500		X <sub>91</sub>	0,0	172,85		- €	0,0727		315	X <sub>504</sub>	0,0	73,07		- €	0,1958
280	s053	X <sub>92</sub>	0,0	59,32		- €	1,3206		355	X <sub>505</sub>	0,0	92,08		- €	0,1085
315		X <sub>93</sub>	210,0	73,07	15.344,70 €	0,7270	160	L1813	X <sub>506</sub>	180,0	20,54	3.697,20 €	2,2180		
355		X <sub>94</sub>	0,0	92,08		- €	0,3995		180	X <sub>507</sub>	0,0	26,18		- €	1,2256
400		X <sub>95</sub>	0,0	114,45		- €	0,2197		200	X <sub>508</sub>	0,0	31,80		- €	0,7228
450		X <sub>96</sub>	0,0	141,45		- €	0,1226		225	X <sub>509</sub>	0,0	38,44		- €	0,3997
500		X <sub>97</sub>	0,0	172,85		- €	0,0727		250	X <sub>510</sub>	0,0	58,69		- €	0,2371
280	s054	X <sub>98</sub>	85,0	59,32	5.042,41 €	1,0786	280		L1814	X <sub>511</sub>	0,0	59,32		- €	0,1356
315		X <sub>99</sub>	0,0	73,07		- €	0,5945	140		X <sub>512</sub>	120,0	16,32	1.958,40 €	2,0019	
355		X <sub>100</sub>	0,0	92,08		- €	0,3271	160		X <sub>513</sub>	0,0	20,54		- €	1,0241
400		X <sub>101</sub>	0,0	114,45		- €	0,1802	180		X <sub>514</sub>	0,0	26,18		- €	0,5689
450		X <sub>102</sub>	0,0	141,45		- €	0,1006	200		X <sub>515</sub>	0,0	31,80		- €	0,3371
500		X <sub>103</sub>	0,0	172,85		- €	0,0598	225		X <sub>516</sub>	0,0	38,44		- €	0,1874
200	L0511	X <sub>104</sub>	0,0	31,80		- €	1,9155	280	s191	X <sub>517</sub>	305,0	59,32	18.093,34 €	1,3206	
225		X <sub>105</sub>	75,0	38,44	2.883,00 €	1,0524	315	X <sub>518</sub>		0,0	73,07		- €	0,7270	
250		X <sub>106</sub>	0,0	58,69		- €	0,6206	355		X <sub>519</sub>	0,0	92,08		- €	0,3995
280		X <sub>107</sub>	0,0	59,32		- €	0,3526	400		X <sub>520</sub>	0,0	114,45		- €	0,2197
315		X <sub>108</sub>	0,0	73,07		- €	0,1958	450		X <sub>521</sub>	0,0	141,45		- €	0,1226
355		X <sub>109</sub>	0,0	92,08		- €	0,1085	500		X <sub>522</sub>	0,0	172,85		- €	0,0727
180	L0512	X <sub>110</sub>	0,0	26,18		- €	2,1249	280	s192	X <sub>523</sub>	140,0	59,32	8.305,14 €	1,0786	
200		X <sub>111</sub>	173,3	31,80	5.512,36 €	1,2491	315	X <sub>524</sub>		0,0	73,07		- €	0,5945	
225		X <sub>112</sub>	16,7	38,44	641,18 €	0,6882	355	X <sub>525</sub>		0,0	92,08		- €	0,3271	
250		X <sub>113</sub>	0,0	58,69		- €	0,4069	400		X <sub>526</sub>	0,0	114,45		- €	0,1802
280		X <sub>114</sub>	0,0	59,32		- €	0,2318	450		X <sub>527</sub>	0,0	141,45		- €	0,1006
315		X <sub>115</sub>	0,0	73,07		- €	0,1291	500		X <sub>528</sub>	0,0	172,85		- €	0,0598
160	L0513	X <sub>116</sub>	0,0	20,54		- €	2,2180	180	L1911	X <sub>529</sub>	180,0	26,18	4.712,27 €	2,1249	
180		X <sub>117</sub>	0,0	26,18		- €	1,2256	200		X <sub>530</sub>	0,0	31,80		- €	1,2491
200		X <sub>118</sub>	220,0	31,80	6.996,99 €	0,7228	225	X <sub>531</sub>		0,0	38,44		- €	0,6882	
225		X <sub>119</sub>	0,0	38,44		- €	0,3997	250		X <sub>532</sub>	0,0	58,69		- €	0,4069
250		X <sub>120</sub>	0,0	58,69		- €	0,2371	280		X <sub>533</sub>	0,0	59,32		- €	0,2318
280		X <sub>121</sub>	0,0	59,32		- €	0,1356	315		X <sub>534</sub>	0,0	73,07		- €	0,1291
140	L0514	X <sub>122</sub>	0,0	16,32		- €	2,0019	160	L1912	X <sub>535</sub>	100,0	20,54	2.054,00 €	2,2180	
160		X <sub>123</sub>	200,0	20,54	4.108,00 €	1,0241	180	X <sub>536</sub>		0,0	26,18		- €	1,2256	

180		X <sub>124</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	200	X <sub>537</sub>	0,0	31,80	- €	0,7228	
200		X <sub>125</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	225	X <sub>538</sub>	0,0	38,44	- €	0,3997	
225		X <sub>126</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	250	X <sub>539</sub>	0,0	58,69	- €	0,2371	
110	L0515	X <sub>127</sub>	0,0	10,62	- €	1,8169	280	X <sub>540</sub>	0,0	59,32	- €	0,1356	
125		X <sub>128</sub>	37,5	13,31	498,68 €	0,9581	140	L1913	X <sub>541</sub>	265,0	16,32	4.324,80 €	2,0019
140		X <sub>129</sub>	192,5	16,32	3.142,09 €	0,5407	160	X <sub>542</sub>	0,0	20,54	- €	1,0241	
160		X <sub>130</sub>	0,0	20,54	- €	0,2796	180	X <sub>543</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	
180	L0521	X <sub>131</sub>	0,0	26,18	- €	2,1249	200	X <sub>544</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	
200		X <sub>132</sub>	0,0	31,80	- €	1,2491	225	X <sub>545</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	
225		X <sub>133</sub>	270,0	38,44	10.378,80 €	0,6882	200	s201	X <sub>546</sub>	275,0	31,80	8.746,24 €	1,9155
250		X <sub>134</sub>	0,0	58,69	- €	0,4069	225	X <sub>547</sub>	0,0	38,44	- €	1,0524	
280		X <sub>135</sub>	0,0	59,32	- €	0,2318	250	X <sub>548</sub>	0,0	58,69	- €	0,6206	
315		X <sub>136</sub>	0,0	73,07	- €	0,1291	280	X <sub>549</sub>	0,0	59,32	- €	0,3526	
160	L0522	X <sub>137</sub>	0,0	20,54	- €	2,2180	315	X <sub>550</sub>	0,0	73,07	- €	0,1958	
180		X <sub>138</sub>	0,0	26,18	- €	1,2256	355	X <sub>551</sub>	0,0	92,08	- €	0,1085	
200		X <sub>139</sub>	180,0	31,80	5.724,81 €	0,7228	180	s202	X <sub>552</sub>	0,0	26,18	- €	2,1249
225		X <sub>140</sub>	0,0	38,44	- €	0,3997	200	X <sub>553</sub>	130,0	31,80	4.134,59 €	1,2491	
250		X <sub>141</sub>	0,0	58,69	- €	0,2371	225	X <sub>554</sub>	0,0	38,44	- €	0,6882	
280		X <sub>142</sub>	0,0	59,32	- €	0,1356	250	X <sub>555</sub>	0,0	58,69	- €	0,4069	
140	L0523	X <sub>143</sub>	0,0	16,32	- €	2,0019	280	X <sub>556</sub>	0,0	59,32	- €	0,2318	
160		X <sub>144</sub>	200,0	20,54	4.108,00 €	1,0241	315	X <sub>557</sub>	0,0	73,07	- €	0,1291	
180		X <sub>145</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	140	L2011	X <sub>558</sub>	192,5	16,32	3.141,27 €	2,0019
200		X <sub>146</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	160	X <sub>559</sub>	202,5	20,54	4.159,76 €	1,0241	
225		X <sub>147</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	180	X <sub>560</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	
110	L0524	X <sub>148</sub>	0,0	10,62	- €	1,8169	200	X <sub>561</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	
125		X <sub>149</sub>	168,3	13,31	2.239,32 €	0,9581	225	X <sub>562</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	
140		X <sub>150</sub>	71,7	16,32	1.170,80 €	0,5407	140	L2021	X <sub>563</sub>	100,0	16,32	1.632,00 €	2,0019
160		X <sub>151</sub>	0,0	20,54	- €	0,2796	160	X <sub>564</sub>	0,0	20,54	- €	1,0241	
280	s061	X <sub>152</sub>	140,0	59,32	8.305,14 €	1,3206	180	X <sub>565</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	
315		X <sub>153</sub>	0,0	73,07	- €	0,7270	200	X <sub>566</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	
355		X <sub>154</sub>	0,0	92,08	- €	0,3995	225	X <sub>567</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	
400		X <sub>155</sub>	0,0	114,45	- €	0,2197	110	L2022	X <sub>568</sub>	181,3	10,62	1.925,51 €	1,8169
450		X <sub>156</sub>	0,0	141,45	- €	0,1226	125	X <sub>569</sub>	13,7	13,31	182,20 €	0,9581	
500		X <sub>157</sub>	0,0	172,85	- €	0,0727	140	X <sub>570</sub>	0,0	16,32	- €	0,5407	
250	s062	X <sub>158</sub>	75,0	58,69	4.401,75 €	1,5237	160	X <sub>571</sub>	0,0	20,54	- €	0,2796	
280		X <sub>159</sub>	0,0	59,32	- €	0,8608	500	s211	X <sub>572</sub>	313,7	172,85	54.216,13 €	0,5822
315		X <sub>160</sub>	0,0	73,07	- €	0,4752	500	X <sub>573</sub>	0,0	202,20	- €	0,3563	
355		X <sub>161</sub>	0,0	92,08	- €	0,2618	630	X <sub>574</sub>	0,0	269,20	- €	0,1774	
400		X <sub>162</sub>	0,0	114,45	- €	0,1444	600	X <sub>575</sub>	136,3	221,86	30.248,39 €	0,1404	
450		X <sub>163</sub>	0,0	141,45	- €	0,0808	700	X <sub>576</sub>	0,0	273,81	- €	0,0642	
180	L0611	X <sub>164</sub>	155,0	26,18	4.057,79 €	2,1249	800	X <sub>577</sub>	0,0	329,57	- €	0,0327	
200		X <sub>165</sub>	0,0	31,80	- €	1,2491	500	s212	X <sub>578</sub>	170,0	172,85	29.384,50 €	0,5455
225		X <sub>166</sub>	0,0	38,44	- €	0,6882	500	X <sub>579</sub>	0,0	202,20	- €	0,3335	
250		X <sub>167</sub>	0,0	58,69	- €	0,4069	630	X <sub>580</sub>	0,0	269,20	- €	0,1664	
280		X <sub>168</sub>	0,0	59,32	- €	0,2318	600	X <sub>581</sub>	0,0	221,86	- €	0,1315	
315		X <sub>169</sub>	0,0	73,07	- €	0,1291	700	X <sub>582</sub>	0,0	273,81	- €	0,0601	
140	L0612	X <sub>170</sub>	185,0	16,32	3.019,20 €	2,0019	800	X <sub>583</sub>	0,0	329,57	- €	0,0307	
160		X <sub>171</sub>	0,0	20,54	- €	1,0241	450	s213	X <sub>584</sub>	0,0	141,45	- €	0,8691
180		X <sub>172</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	500	X <sub>585</sub>	265,0	172,85	45.805,25 €	0,5100	
200		X <sub>173</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	500	X <sub>586</sub>	0,0	202,20	- €	0,3114	
225		X <sub>174</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	630	X <sub>587</sub>	0,0	269,20	- €	0,1557	
180	L0621	X <sub>175</sub>	100,0	26,18	2.617,93 €	2,1249	600	X <sub>588</sub>	0,0	221,86	- €	0,1228	
200		X <sub>176</sub>	0,0	31,80	- €	1,2491	700	X <sub>589</sub>	0,0	273,81	- €	0,0562	
225		X <sub>177</sub>	0,0	38,44	- €	0,6882	800	X <sub>590</sub>	0,0	329,57	- €	0,0287	
250		X <sub>178</sub>	0,0	58,69	- €	0,4069	200	L2111	X <sub>591</sub>	170,0	31,80	5.406,77 €	1,9155
280		X <sub>179</sub>	0,0	59,32	- €	0,2318	225	X <sub>592</sub>	0,0	38,44	- €	1,0524	
315		X <sub>180</sub>	0,0	73,07	- €	0,1291	250	X <sub>593</sub>	0,0	58,69	- €	0,6206	
140	L0622	X <sub>181</sub>	190,0	16,32	3.100,80 €	2,0019	280	X <sub>594</sub>	0,0	59,32	- €	0,3526	
160		X <sub>182</sub>	0,0	20,54	- €	1,0241	315	X <sub>595</sub>	0,0	73,07	- €	0,1958	
180		X <sub>183</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	355	X <sub>596</sub>	0,0	92,08	- €	0,1085	
200		X <sub>184</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	160	L2112	X <sub>597</sub>	170,0	20,54	3.491,80 €	2,2180
225		X <sub>185</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	180	X <sub>598</sub>	0,0	26,18	- €	1,2256	
600	s071	X <sub>186</sub>	0,0	221,86	- €	0,6165	200	X <sub>599</sub>	0,0	31,80	- €	0,7228	
700		X <sub>187</sub>	125,0	273,81	34.226,25 €	0,2793	225	X <sub>600</sub>	0,0	38,44	- €	0,3997	
800		X <sub>188</sub>	0,0	329,57	- €	0,1411	250	X <sub>601</sub>	0,0	58,69	- €	0,2371	
900		X <sub>189</sub>	0,0	424,06	- €	0,0775	280	X <sub>602</sub>	0,0	59,32	- €	0,1356	



1000		X <sub>190</sub>	0,0	475,42	- €	0,0454	140	L2113	X <sub>603</sub>	130,0	16,32	2.121,60 €	2,0019
600	s072	X <sub>191</sub>	0,0	221,86	- €	0,6165	160		X <sub>604</sub>	0,0	20,54	- €	1,0241
700		X <sub>192</sub>	85,0	273,81	23.273,85 €	0,2793	180		X <sub>605</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689
800		X <sub>193</sub>	0,0	329,57	- €	0,1411	200		X <sub>606</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371
900		X <sub>194</sub>	0,0	424,06	- €	0,0775	225		X <sub>607</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874
1000		X <sub>195</sub>	0,0	475,42	- €	0,0454	450	s221	X <sub>608</sub>	0,0	141,45	- €	0,7534
500	s081	X <sub>196</sub>	59,5	172,85	10.289,76 €	0,5822	500		X <sub>609</sub>	105,0	172,85	18.149,25 €	0,4424
500		X <sub>197</sub>	0,0	202,20	- €	0,3563	500		X <sub>610</sub>	0,0	202,20	- €	0,2696
630		X <sub>198</sub>	0,0	269,20	- €	0,1774	630		X <sub>611</sub>	0,0	269,20	- €	0,1353
600		X <sub>199</sub>	100,5	221,86	22.290,27 €	0,1404	600		X <sub>612</sub>	0,0	221,86	- €	0,1064
700		X <sub>200</sub>	0,0	273,81	- €	0,0642	700		X <sub>613</sub>	0,0	273,81	- €	0,0488
800		X <sub>201</sub>	0,0	329,57	- €	0,0327	450	s222	X <sub>614</sub>	0,0	141,45	- €	0,6986
500	s082	X <sub>202</sub>	49,5	172,85	8.549,16 €	0,5822	500		X <sub>615</sub>	115,0	172,85	19.877,75 €	0,4104
500		X <sub>203</sub>	0,0	202,20	- €	0,3563	500		X <sub>616</sub>	0,0	202,20	- €	0,2497
630		X <sub>204</sub>	0,0	269,20	- €	0,1774	630		X <sub>617</sub>	0,0	269,20	- €	0,1256
600		X <sub>205</sub>	85,5	221,86	18.977,90 €	0,1404	600		X <sub>618</sub>	0,0	221,86	- €	0,0987
700		X <sub>206</sub>	0,0	273,81	- €	0,0642	700		X <sub>619</sub>	0,0	273,81	- €	0,0452
800		X <sub>207</sub>	0,0	329,57	- €	0,0327	180	L2211	X <sub>620</sub>	90,0	26,18	2.356,13 €	2,1249
250	s091	X <sub>208</sub>	0,0	58,69	- €	1,5237	200		X <sub>621</sub>	0,0	31,80	- €	1,2491
280		X <sub>209</sub>	70,0	59,32	4.152,57 €	0,8608	225		X <sub>622</sub>	0,0	38,44	- €	0,6882
315		X <sub>210</sub>	0,0	73,07	- €	0,4752	250		X <sub>623</sub>	0,0	58,69	- €	0,4069
355		X <sub>211</sub>	0,0	92,08	- €	0,2618	280		X <sub>624</sub>	0,0	59,32	- €	0,2318
400		X <sub>212</sub>	0,0	114,45	- €	0,1444	315		X <sub>625</sub>	0,0	73,07	- €	0,1291
450		X <sub>213</sub>	0,0	141,45	- €	0,0808	140	L2212	X <sub>626</sub>	205,0	16,32	3.345,60 €	2,0019
250	s092	X <sub>214</sub>	0,0	58,69	- €	1,1791	160		X <sub>627</sub>	0,0	20,54	- €	1,0241
280		X <sub>215</sub>	125,0	59,32	7.415,30 €	0,6671	180		X <sub>628</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689
315		X <sub>216</sub>	0,0	73,07	- €	0,3689	200		X <sub>629</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371
355		X <sub>217</sub>	0,0	92,08	- €	0,2036	225		X <sub>630</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874
400		X <sub>218</sub>	0,0	114,45	- €	0,1125	450	s231	X <sub>631</sub>	255,0	141,45	36.069,75 €	0,5952
450		X <sub>219</sub>	0,0	141,45	- €	0,0630	500		X <sub>632</sub>	0,0	172,85	- €	0,3500
160	L0911	X <sub>220</sub>	250,0	20,54	5.135,00 €	2,2180	500		X <sub>633</sub>	0,0	202,20	- €	0,2124
180		X <sub>221</sub>	0,0	26,18	- €	1,2256	630		X <sub>634</sub>	0,0	269,20	- €	0,1073
200		X <sub>222</sub>	0,0	31,80	- €	0,7228	600		X <sub>635</sub>	0,0	221,86	- €	0,0840
225		X <sub>223</sub>	0,0	38,44	- €	0,3997	700		X <sub>636</sub>	0,0	273,81	- €	0,0386
250		X <sub>224</sub>	0,0	58,69	- €	0,2371	400	s232	X <sub>637</sub>	0,0	114,45	- €	0,9892
280		X <sub>225</sub>	0,0	59,32	- €	0,1356	450		X <sub>638</sub>	165,0	141,45	23.339,25 €	0,5466
110	L0912	X <sub>226</sub>	205,0	10,62	2.177,10 €	1,8169	500		X <sub>639</sub>	0,0	172,85	- €	0,3215
125		X <sub>227</sub>	0,0	13,31	- €	0,9581	500		X <sub>640</sub>	0,0	202,20	- €	0,1948
140		X <sub>228</sub>	0,0	16,32	- €	0,5407	630		X <sub>641</sub>	0,0	269,20	- €	0,0987
160		X <sub>229</sub>	0,0	20,54	- €	0,2796	600		X <sub>642</sub>	0,0	221,86	- €	0,0771
180	L0921	X <sub>230</sub>	0,0	26,18	- €	2,1249	700		X <sub>643</sub>	0,0	273,81	- €	0,0354
200		X <sub>231</sub>	90,2	31,80	2.869,40 €	1,2491	400	s233	X <sub>644</sub>	0,0	114,45	- €	0,9044
225		X <sub>232</sub>	19,8	38,44	760,34 €	0,6882	450		X <sub>645</sub>	80,0	141,45	11.316,00 €	0,5000
250		X <sub>233</sub>	0,0	58,69	- €	0,4069	500		X <sub>646</sub>	0,0	172,85	- €	0,2942
280		X <sub>234</sub>	0,0	59,32	- €	0,2318	500		X <sub>647</sub>	0,0	202,20	- €	0,1780
315		X <sub>235</sub>	0,0	73,07	- €	0,1291	630		X <sub>648</sub>	0,0	269,20	- €	0,0904
140	L0922	X <sub>236</sub>	0,0	16,32	- €	2,0019	600		X <sub>649</sub>	0,0	221,86	- €	0,0705
160		X <sub>237</sub>	260,0	20,54	5.340,40 €	1,0241	250	L2311	X <sub>650</sub>	0,0	58,69	- €	1,1791
180		X <sub>238</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	280		X <sub>651</sub>	135,0	59,32	8.008,53 €	0,6671
200		X <sub>239</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	315		X <sub>652</sub>	0,0	73,07	- €	0,3689
225		X <sub>240</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	355		X <sub>653</sub>	0,0	92,08	- €	0,2036
450	s101	X <sub>241</sub>	70,0	141,45	9.901,50 €	0,7534	400		X <sub>654</sub>	0,0	114,45	- €	0,1125
500		X <sub>242</sub>	0,0	172,85	- €	0,4424	450	L2312	X <sub>655</sub>	0,0	141,45	- €	0,0630
500		X <sub>243</sub>	0,0	202,20	- €	0,2696	225		X <sub>656</sub>	0,0	38,44	- €	1,4919
630		X <sub>244</sub>	0,0	269,20	- €	0,1353	250		X <sub>657</sub>	0,0	58,69	- €	0,8780
600		X <sub>245</sub>	0,0	221,86	- €	0,1064	280		X <sub>658</sub>	260,0	59,32	15.423,83 €	0,4977
700		X <sub>246</sub>	0,0	273,81	- €	0,0488	315		X <sub>659</sub>	0,0	73,07	- €	0,2757
200	L1011	X <sub>247</sub>	120,0	31,80	3.816,54 €	1,9155	355		X <sub>660</sub>	0,0	92,08	- €	0,1525
225		X <sub>248</sub>	0,0	38,44	- €	1,0524	400		X <sub>661</sub>	0,0	114,45	- €	0,0844
250		X <sub>249</sub>	0,0	58,69	- €	0,6206	180	L2313	X <sub>662</sub>	0,0	26,18	- €	2,1249
280		X <sub>250</sub>	0,0	59,32	- €	0,3526	200		X <sub>663</sub>	0,0	31,80	- €	1,2491
315		X <sub>251</sub>	0,0	73,07	- €	0,1958	225		X <sub>664</sub>	235,0	38,44	9.033,40 €	0,6882
355		X <sub>252</sub>	0,0	92,08	- €	0,1085	250		X <sub>665</sub>	0,0	58,69	- €	0,4069
180	L1012	X <sub>253</sub>	140,0	26,18	3.665,10 €	2,1249	280		X <sub>666</sub>	0,0	59,32	- €	0,2318
200		X <sub>254</sub>	0,0	31,80	- €	1,2491	315		X <sub>667</sub>	0,0	73,07	- €	0,1291
225		X <sub>255</sub>	0,0	38,44	- €	0,6882	140	L2314	X <sub>668</sub>	0,0	16,32	- €	2,0019

250		X <sub>256</sub>	0,0	58,69	- €	0,4069	160	X <sub>669</sub>	0,0	20,54	- €	1,0241	
280		X <sub>257</sub>	0,0	59,32	- €	0,2318	180	X <sub>670</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	
315		X <sub>258</sub>	0,0	73,07	- €	0,1291	200	X <sub>671</sub>	235,0	31,80	7.474,06 €	0,3371	
140	L1013	X <sub>259</sub>	200,0	16,32	3.264,00 €	2,0019	225	X <sub>672</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	
160		X <sub>260</sub>	0,0	20,54	- €	1,0241	400	s241	X <sub>673</sub>	145,0	114,45	16.595,25 €	0,6725
180		X <sub>261</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	450	X <sub>674</sub>	0,0	141,45	- €	0,3724	
200		X <sub>262</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	500	X <sub>675</sub>	0,0	172,85	- €	0,2195	
225		X <sub>263</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	500	X <sub>676</sub>	0,0	202,20	- €	0,1321	
450	s111	X <sub>264</sub>	30,0	141,45	4.243,50 €	0,6459	630	X <sub>677</sub>	0,0	269,20	- €	0,0677	
500		X <sub>265</sub>	0,0	172,85	- €	0,3796	600	X <sub>678</sub>	0,0	221,86	- €	0,0525	
500		X <sub>266</sub>	0,0	202,20	- €	0,2307	180	L2411	X <sub>679</sub>	87,1	26,18	2.280,74 €	2,1249
630		X <sub>267</sub>	0,0	269,20	- €	0,1163	200	X <sub>680</sub>	22,9	31,80	727,69 €	1,2491	
600		X <sub>268</sub>	0,0	221,86	- €	0,0912	225	X <sub>681</sub>	0,0	38,44	- €	0,6882	
700		X <sub>269</sub>	0,0	273,81	- €	0,0418	250	X <sub>682</sub>	0,0	58,69	- €	0,4069	
450	s112	X <sub>270</sub>	205,0	141,45	28.997,25 €	0,5952	280	X <sub>683</sub>	0,0	59,32	- €	0,2318	
500		X <sub>271</sub>	0,0	172,85	- €	0,3500	315	X <sub>684</sub>	0,0	73,07	- €	0,1291	
500		X <sub>272</sub>	0,0	202,20	- €	0,2124	160	L2412	X <sub>685</sub>	0,0	20,54	- €	2,2180
630		X <sub>273</sub>	0,0	269,20	- €	0,1073	180	X <sub>686</sub>	260,0	26,18	6.806,61 €	1,2256	
600		X <sub>274</sub>	0,0	221,86	- €	0,0840	200	X <sub>687</sub>	0,0	31,80	- €	0,7228	
700		X <sub>275</sub>	0,0	273,81	- €	0,0386	225	X <sub>688</sub>	0,0	38,44	- €	0,3997	
450	s113	X <sub>276</sub>	35,0	141,45	4.950,75 €	0,5952	250	X <sub>689</sub>	0,0	58,69	- €	0,2371	
500		X <sub>277</sub>	0,0	172,85	- €	0,3500	280	X <sub>690</sub>	0,0	59,32	- €	0,1356	
500		X <sub>278</sub>	0,0	202,20	- €	0,2124	140	L2413	X <sub>691</sub>	0,0	16,32	- €	2,0019
630		X <sub>279</sub>	0,0	269,20	- €	0,1073	160	X <sub>692</sub>	370,0	20,54	7.599,80 €	1,0241	
600		X <sub>280</sub>	0,0	221,86	- €	0,0840	180	X <sub>693</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	
700		X <sub>281</sub>	0,0	273,81	- €	0,0386	200	X <sub>694</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	
200	s121	X <sub>282</sub>	170,0	31,80	5.406,77 €	1,9155	225	X <sub>695</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	
225		X <sub>283</sub>	0,0	38,44	- €	1,0524	110	L2414	X <sub>696</sub>	0,0	10,62	- €	1,8169
250		X <sub>284</sub>	0,0	58,69	- €	0,6206	125	X <sub>697</sub>	200,0	13,31	2.661,73 €	0,9581	
280		X <sub>285</sub>	0,0	59,32	- €	0,3526	140	X <sub>698</sub>	0,0	16,32	- €	0,5407	
315		X <sub>286</sub>	0,0	73,07	- €	0,1958	160	X <sub>699</sub>	0,0	20,54	- €	0,2796	
355		X <sub>287</sub>	0,0	92,08	- €	0,1085	355	s251	X <sub>700</sub>	0,0	92,08	- €	0,9812
110	L1211	X <sub>288</sub>	195,0	10,62	2.070,90 €	1,8169	400	X <sub>701</sub>	65,0	114,45	7.439,25 €	0,5367	
125		X <sub>289</sub>	0,0	13,31	- €	0,9581	450	X <sub>702</sub>	0,0	141,45	- €	0,2976	
140		X <sub>290</sub>	0,0	16,32	- €	0,5407	500	X <sub>703</sub>	0,0	172,85	- €	0,1757	
160		X <sub>291</sub>	0,0	20,54	- €	0,2796	500	X <sub>704</sub>	0,0	202,20	- €	0,1053	
180	L1221	X <sub>292</sub>	105,0	26,18	2.748,82 €	2,1249	630	X <sub>705</sub>	0,0	269,20	- €	0,0543	
200		X <sub>293</sub>	0,0	31,80	- €	1,2491	600	X <sub>706</sub>	0,0	221,86	- €	0,0419	
225		X <sub>294</sub>	0,0	38,44	- €	0,6882	140	L2511	X <sub>707</sub>	315,0	16,32	5.140,80 €	2,0019
250		X <sub>295</sub>	0,0	58,69	- €	0,4069	160	X <sub>708</sub>	0,0	20,54	- €	1,0241	
280		X <sub>296</sub>	0,0	59,32	- €	0,2318	180	X <sub>709</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	
315		X <sub>297</sub>	0,0	73,07	- €	0,1291	200	X <sub>710</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	
140	L1222	X <sub>298</sub>	210,0	16,32	3.427,20 €	2,0019	225	X <sub>711</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	
160		X <sub>299</sub>	0,0	20,54	- €	1,0241	110	L2512	X <sub>712</sub>	36,2	10,62	384,34 €	1,8169
180		X <sub>300</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	125	X <sub>713</sub>	468,8	13,31	6.239,24 €	0,9581	
200		X <sub>301</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	140	X <sub>714</sub>	0,0	16,32	- €	0,5407	
225		X <sub>302</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	160	X <sub>715</sub>	0,0	20,54	- €	0,2796	
400	s131	X <sub>303</sub>	0,0	114,45	- €	0,8233	355	s261	X <sub>716</sub>	0,0	92,08	- €	0,8667
450		X <sub>304</sub>	200,0	141,45	28.290,00 €	0,4554	400	X <sub>717</sub>	75,0	114,45	8.583,75 €	0,4744	
500		X <sub>305</sub>	0,0	172,85	- €	0,2682	450	X <sub>718</sub>	0,0	141,45	- €	0,2633	
500		X <sub>306</sub>	0,0	202,20	- €	0,1620	500	X <sub>719</sub>	0,0	172,85	- €	0,1555	
630		X <sub>307</sub>	0,0	269,20	- €	0,0825	500	X <sub>720</sub>	0,0	202,20	- €	0,0930	
600		X <sub>308</sub>	0,0	221,86	- €	0,0642	630	X <sub>721</sub>	0,0	269,20	- €	0,0482	
400	s132	X <sub>309</sub>	0,0	114,45	- €	0,8233	355	s262	X <sub>722</sub>	92,1	92,08	8.480,04 €	0,7592
450		X <sub>310</sub>	280,0	141,45	39.606,00 €	0,4554	400	X <sub>723</sub>	92,9	114,45	10.633,55 €	0,4159	
500		X <sub>311</sub>	0,0	172,85	- €	0,2682	450	X <sub>724</sub>	0,0	141,45	- €	0,2310	
500		X <sub>312</sub>	0,0	202,20	- €	0,1620	500	X <sub>725</sub>	0,0	172,85	- €	0,1366	
630		X <sub>313</sub>	0,0	269,20	- €	0,0825	500	X <sub>726</sub>	0,0	202,20	- €	0,0815	
600		X <sub>314</sub>	0,0	221,86	- €	0,0642	630	X <sub>727</sub>	0,0	269,20	- €	0,0424	
400	s133	X <sub>315</sub>	0,0	114,45	- €	0,8233	315	s263	X <sub>728</sub>	0,0	73,07	- €	1,3873
450		X <sub>316</sub>	415,0	141,45	58.701,75 €	0,4554	355	X <sub>729</sub>	63,6	92,08	5.857,48 €	0,7592	
500		X <sub>317</sub>	0,0	172,85	- €	0,2682	400	X <sub>730</sub>	71,4	114,45	8.170,59 €	0,4159	
500		X <sub>318</sub>	0,0	202,20	- €	0,1620	450	X <sub>731</sub>	0,0	141,45	- €	0,2310	
630		X <sub>319</sub>	0,0	269,20	- €	0,0825	500	X <sub>732</sub>	0,0	172,85	- €	0,1366	
600		X <sub>320</sub>	0,0	221,86	- €	0,0642	500	X <sub>733</sub>	0,0	202,20	- €	0,0815	
250	s141	X <sub>321</sub>	200,0	58,69	11.738,00 €	1,1791	315	s264	X <sub>734</sub>	0,0	73,07	- €	1,0311



280		X <sub>322</sub>	0,0	59,32	-€	0,6671	355	X <sub>735</sub>	130,0	92,08	11.970,95 €	0,5653	
315		X <sub>323</sub>	0,0	73,07	-€	0,3689	400	X <sub>736</sub>	0,0	114,45	-€	0,3103	
355		X <sub>324</sub>	0,0	92,08	-€	0,2036	450	X <sub>737</sub>	0,0	141,45	-€	0,1727	
400		X <sub>325</sub>	0,0	114,45	-€	0,1125	500	X <sub>738</sub>	0,0	172,85	-€	0,1022	
450		X <sub>326</sub>	0,0	141,45	-€	0,0630	500	X <sub>739</sub>	0,0	202,20	-€	0,0606	
160	L1411	X <sub>327</sub>	95,0	20,54	1.951,30 €	2,2180	180	L2611	X <sub>740</sub>	285,0	26,18	7.461,09 €	2,1249
180		X <sub>328</sub>	0,0	26,18	-€	1,2256	200	X <sub>741</sub>	0,0	31,80	-€	1,2491	
200		X <sub>329</sub>	0,0	31,80	-€	0,7228	225	X <sub>742</sub>	0,0	38,44	-€	0,6882	
225		X <sub>330</sub>	0,0	38,44	-€	0,3997	250	X <sub>743</sub>	0,0	58,69	-€	0,4069	
250		X <sub>331</sub>	0,0	58,69	-€	0,2371	280	X <sub>744</sub>	0,0	59,32	-€	0,2318	
280		X <sub>332</sub>	0,0	59,32	-€	0,1356	315	X <sub>745</sub>	0,0	73,07	-€	0,1291	
140	L1412	X <sub>333</sub>	220,0	16,32	3.590,40 €	2,0019	140	L2612	X <sub>746</sub>	61,3	16,32	1.001,07 €	2,0019
160		X <sub>334</sub>	0,0	20,54	-€	1,0241	160	X <sub>747</sub>	118,7	20,54	2.437,28 €	1,0241	
180		X <sub>335</sub>	0,0	26,18	-€	0,5689	180	X <sub>748</sub>	0,0	26,18	-€	0,5689	
200		X <sub>336</sub>	0,0	31,80	-€	0,3371	200	X <sub>749</sub>	0,0	31,80	-€	0,3371	
225		X <sub>337</sub>	0,0	38,44	-€	0,1874	225	X <sub>750</sub>	0,0	38,44	-€	0,1874	
180	L1421	X <sub>338</sub>	90,0	26,18	2.356,13 €	2,1249	200	s271	X <sub>751</sub>	0,0	31,80	-€	1,9155
200		X <sub>339</sub>	0,0	31,80	-€	1,2491	225	X <sub>752</sub>	121,8	38,44	4.682,38 €	1,0524	
225		X <sub>340</sub>	0,0	38,44	-€	0,6882	250	X <sub>753</sub>	0,0	58,69	-€	0,6206	
250		X <sub>341</sub>	0,0	58,69	-€	0,4069	280	X <sub>754</sub>	93,2	59,32	5.528,26 €	0,3526	
280		X <sub>342</sub>	0,0	59,32	-€	0,2318	315	X <sub>755</sub>	0,0	73,07	-€	0,1958	
315		X <sub>343</sub>	0,0	73,07	-€	0,1291	355	X <sub>756</sub>	0,0	92,08	-€	0,1085	
140	L1422	X <sub>344</sub>	185,0	16,32	3.019,20 €	2,0019	160	s272	X <sub>757</sub>	0,0	20,54	-€	2,2180
160		X <sub>345</sub>	0,0	20,54	-€	1,0241	180	X <sub>758</sub>	0,0	26,18	-€	1,2256	
180		X <sub>346</sub>	0,0	26,18	-€	0,5689	200	X <sub>759</sub>	0,0	31,80	-€	0,7228	
200		X <sub>347</sub>	0,0	31,80	-€	0,3371	225	X <sub>760</sub>	65,0	38,44	2.498,60 €	0,3997	
225		X <sub>348</sub>	0,0	38,44	-€	0,1874	250	X <sub>761</sub>	0,0	58,69	-€	0,2371	
355	s151	X <sub>349</sub>	0,0	92,08	-€	0,9812	280	X <sub>762</sub>	0,0	59,32	-€	0,1356	
400		X <sub>350</sub>	105,0	114,45	12.017,25 €	0,5367	140	L2711	X <sub>763</sub>	0,0	16,32	-€	2,0019
450		X <sub>351</sub>	0,0	141,45	-€	0,2976	160	X <sub>764</sub>	0,0	20,54	-€	1,0241	
500		X <sub>352</sub>	0,0	172,85	-€	0,1757	180	X <sub>765</sub>	102,9	26,18	2.694,11 €	0,5689	
500		X <sub>353</sub>	0,0	202,20	-€	0,1053	200	X <sub>766</sub>	207,1	31,80	6.586,40 €	0,3371	
630		X <sub>354</sub>	0,0	269,20	-€	0,0543	225	X <sub>767</sub>	0,0	38,44	-€	0,1874	
600		X <sub>355</sub>	0,0	221,86	-€	0,0419	110	L2712	X <sub>768</sub>	0,0	10,62	-€	1,8169
355	s152	X <sub>356</sub>	0,0	92,08	-€	0,9812	125	X <sub>769</sub>	0,0	13,31	-€	0,9581	
400		X <sub>357</sub>	220,0	114,45	25.179,00 €	0,5367	140	X <sub>770</sub>	0,0	16,32	-€	0,5407	
450		X <sub>358</sub>	0,0	141,45	-€	0,2976	160	X <sub>771</sub>	195,0	20,54	4.005,30 €	0,2796	
500		X <sub>359</sub>	0,0	172,85	-€	0,1757	110	L2721	X <sub>772</sub>	0,0	10,62	-€	1,8169
500		X <sub>360</sub>	0,0	202,20	-€	0,1053	125	X <sub>773</sub>	170,0	13,31	2.262,47 €	0,9581	
630		X <sub>361</sub>	0,0	269,20	-€	0,0543	140	X <sub>774</sub>	0,0	16,32	-€	0,5407	
600		X <sub>362</sub>	0,0	221,86	-€	0,0419	160	X <sub>775</sub>	0,0	20,54	-€	0,2796	
355	s153	X <sub>363</sub>	0,0	92,08	-€	0,8667	280	s281	X <sub>776</sub>	0,0	59,32	-€	1,3206
400		X <sub>364</sub>	105,0	114,45	12.017,25 €	0,4744	315	X <sub>777</sub>	130,0	73,07	9.499,10 €	0,7270	
450		X <sub>365</sub>	0,0	141,45	-€	0,2633	355	X <sub>778</sub>	0,0	92,08	-€	0,3995	
500		X <sub>366</sub>	0,0	172,85	-€	0,1555	400	X <sub>779</sub>	0,0	114,45	-€	0,2197	
500		X <sub>367</sub>	0,0	202,20	-€	0,0930	450	X <sub>780</sub>	0,0	141,45	-€	0,1226	
630		X <sub>368</sub>	0,0	269,20	-€	0,0482	500	X <sub>781</sub>	0,0	172,85	-€	0,0727	
225	L1511	X <sub>369</sub>	170,0	38,44	6.534,80 €	1,4919	250	s282	X <sub>782</sub>	0,0	58,69	-€	1,5237
250		X <sub>370</sub>	0,0	58,69	-€	0,8780	280	X <sub>783</sub>	60,0	59,32	3.559,35 €	0,8608	
280		X <sub>371</sub>	0,0	59,32	-€	0,4977	315	X <sub>784</sub>	0,0	73,07	-€	0,4752	
315		X <sub>372</sub>	0,0	73,07	-€	0,2757	355	X <sub>785</sub>	0,0	92,08	-€	0,2618	
355		X <sub>373</sub>	0,0	92,08	-€	0,1525	400	X <sub>786</sub>	0,0	114,45	-€	0,1444	
400		X <sub>374</sub>	0,0	114,45	-€	0,0844	450	X <sub>787</sub>	0,0	141,45	-€	0,0808	
200	L1512	X <sub>375</sub>	0,0	31,80	-€	1,9155	140	L2811	X <sub>788</sub>	1,6	16,32	25,95 €	2,0019
225		X <sub>376</sub>	280,0	38,44	10.763,20 €	1,0524	160	X <sub>789</sub>	258,4	20,54	5.307,74 €	1,0241	
250		X <sub>377</sub>	0,0	58,69	-€	0,6206	180	X <sub>790</sub>	0,0	26,18	-€	0,5689	
280		X <sub>378</sub>	0,0	59,32	-€	0,3526	200	X <sub>791</sub>	0,0	31,80	-€	0,3371	
315		X <sub>379</sub>	0,0	73,07	-€	0,1958	225	X <sub>792</sub>	0,0	38,44	-€	0,1874	
355		X <sub>380</sub>	0,0	92,08	-€	0,1085	110	L2812	X <sub>793</sub>	0,0	10,62	-€	1,8169
180	L1513	X <sub>381</sub>	0,0	26,18	-€	2,1249	125	X <sub>794</sub>	455,0	13,31	6.055,44 €	0,9581	
200		X <sub>382</sub>	235,0	31,80	7.474,06 €	1,2491	140	X <sub>795</sub>	0,0	16,32	-€	0,5407	
225		X <sub>383</sub>	0,0	38,44	-€	0,6882	160	X <sub>796</sub>	0,0	20,54	-€	0,2796	
250		X <sub>384</sub>	0,0	58,69	-€	0,4069	225	s291	X <sub>797</sub>	0,0	38,44	-€	1,4919
280		X <sub>385</sub>	0,0	59,32	-€	0,2318	250	X <sub>798</sub>	0,0	58,69	-€	0,8780	
315		X <sub>386</sub>	0,0	73,07	-€	0,1291	280	X <sub>799</sub>	145,0	59,32	8.601,75 €	0,4977	
160	L1514	X <sub>387</sub>	0,0	20,54	-€	2,2180	315	X <sub>800</sub>	0,0	73,07	-€	0,2757	



180		X <sub>388</sub>	145,3	26,18	3.803,85 €	1,2256	355		X <sub>801</sub>	0,0	92,08	- €	0,1525
200		X <sub>389</sub>	69,7	31,80	2.216,77 €	0,7228	400		X <sub>802</sub>	0,0	114,45	- €	0,0844
225		X <sub>390</sub>	0,0	38,44	- €	0,3997	180	s292	X <sub>803</sub>	0,0	26,18	- €	2,1249
250		X <sub>391</sub>	0,0	58,69	- €	0,2371	200		X <sub>804</sub>	0,0	31,80	- €	1,2491
280		X <sub>392</sub>	0,0	59,32	- €	0,1356	225		X <sub>805</sub>	260,0	38,44	9.994,40 €	0,6882
140	L1515	X <sub>393</sub>	0,0	16,32	- €	2,0019	250		X <sub>806</sub>	0,0	58,69	- €	0,4069
160		X <sub>394</sub>	215,0	20,54	4.416,10 €	1,0241	280		X <sub>807</sub>	0,0	59,32	- €	0,2318
180		X <sub>395</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689	315		X <sub>808</sub>	0,0	73,07	- €	0,1291
200		X <sub>396</sub>	0,0	31,80	- €	0,3371	140	s293	X <sub>809</sub>	0,0	16,32	- €	2,0019
225		X <sub>397</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874	160		X <sub>810</sub>	0,0	20,54	- €	1,0241
110	L1516	X <sub>398</sub>	0,0	10,62	- €	1,8169	180		X <sub>811</sub>	0,0	26,18	- €	0,5689
125		X <sub>399</sub>	0,0	13,31	- €	0,9581	200		X <sub>812</sub>	130,0	31,80	4.134,59 €	0,3371
140		X <sub>400</sub>	220,0	16,32	3.590,40 €	0,5407	225		X <sub>813</sub>	0,0	38,44	- €	0,1874
160		X <sub>401</sub>	0,0	20,54	- €	0,2796	110	L2911	X <sub>814</sub>	0,0	10,62	- €	1,8169
315	s161	X <sub>402</sub>	0,0	73,07	- €	1,0311	125		X <sub>815</sub>	0,0	13,31	- €	0,9581
355		X <sub>403</sub>	0,0	92,08	- €	0,5653	140		X <sub>816</sub>	0,0	16,32	- €	0,5407
400		X <sub>404</sub>	235,0	114,45	26.895,75 €	0,3103	160		X <sub>817</sub>	200,0	20,54	4.108,00 €	0,2796
450		X <sub>405</sub>	0,0	141,45	- €	0,1727	110	L2921	X <sub>818</sub>	0,0	10,62	- €	1,8169
500		X <sub>406</sub>	0,0	172,85	- €	0,1022	125		X <sub>819</sub>	0,0	13,31	- €	0,9581
500		X <sub>407</sub>	0,0	202,20	- €	0,0606	140		X <sub>820</sub>	0,0	16,32	- €	0,5407
315	s162	X <sub>408</sub>	0,0	73,07	- €	1,0311	160		X <sub>821</sub>	225,0	20,54	4.621,50 €	0,2796
355		X <sub>409</sub>	0,0	92,08	- €	0,5653							2.261.280,41 €
400		X <sub>410</sub>	405,0	114,45	46.352,25 €	0,3103							
450		X <sub>411</sub>	0,0	141,45	- €	0,1727							
500		X <sub>412</sub>	0,0	172,85	- €	0,1022							
500		X <sub>413</sub>	0,0	202,20	- €	0,0606							

## 8.4. Τελικά αποτελέσματα

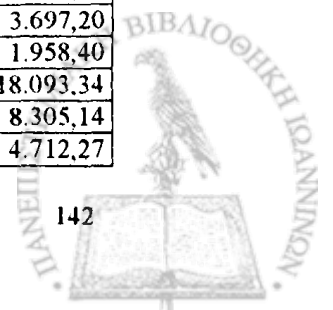
Τα τελικά αποτελέσματα των γεωμετρικών, των υδραυλικών και των οικονομικών παραμέτρων για το βέλτιστο μανομετρικό ύψος του αντλιοστασίου  $H_{\text{man}} = 91,39$  m παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα 8.7. Η συμπλήρωση του πίνακα γίνεται ως εξής:

- Οι στήλες 2, 4 και 5 είναι τα μήκη των αγωγών και οι αντίστοιχες διαμέτροι των αγωγών όπως ακριβώς προέκυψαν από τη βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης ( πίνακας 8.6 ).
- Στη στήλη 3 δίνεται η παροχή των αγωγών,  $Q_i$  (πίνακας 6.3.).
- Στη στήλη 6 δίνεται η ταχύτητα ροής  $V = \frac{4Q}{\pi \cdot D_{\text{σωτ.}}^2}$  από την εξίσωση συνεχείας.
- Στη στήλη 7 δίνονται τα υψόμετρα εδάφους του κάθε κόμβου,  $Z_i$ , τα οποία εμφανίζονται στον πίνακα 6.1.
- Στη στήλη 8 δίνονται οι συνολικές απώλειες φορτίου της διαδρομής του κάθε κόμβου.
- Στη στήλη 9 δίνονται τα επιβαλλόμενα υψόμετρα πιεζομετρικής γραμμής στον κάθε κόμβο τα οποία προκύπτουν αν αφαιρεθούν οι τιμές της στήλης 8 από το  $H_A = 92,3$  m.
- Στη στήλη 10 δίνεται το επιβαλλόμενο ύψος πίεσης,  $\frac{P}{\gamma}$ , σε κάθε κόμβο που προκύπτει από την αφαίρεση της στήλης 7 από τη στήλη 9.
- Πρέπει να ισχύει  $\frac{P}{\gamma} \geq 58,00$  m όπου η ισότητα ισχύει στους κόμβους πέρατος.
- Στη στήλη 11 δίνεται το ανά μέτρο μήκος κόστος του κάθε αγωγού και στη στήλη 12 δίνεται το συνολικό κόστος αυτού.

Πίνακας 8.7. Τελικά αποτελέσματα της βέλτιστης λύσης.

Αγωγός	Μήκος $L_i$	Παροχή $Q_i$	Διάμετρος		Ταχύτ. Ροής $V_i$	Υψόμ. εδάφους $Z_i$	Συνολική απώλεια φορτίου $1,1\Sigma\Delta h_i$	Υψόμετρο Πιεζομετρ. Γραμμής $h_i [=H_A - 1,1\Sigma\Delta h_i]$	Ύψος πίεσης $p/\gamma$	Δαπάνη αγωγού $\delta_i$	Συνολικό Κόστος αγωγού $P_i$
			Εξωτερική $D_{\text{ext}}$	Εσωτερική $D_{\text{int}}$							
	[m]	[m <sup>3</sup> /s]	[mm]	[mm]	[m/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[€/m]	[€]
1	2	3,000	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$s_{(A)001}$						91,39					
s011	730	0,729	700	700	1,89	24,0	0,44	90,95	66,95	273,81	199.867,61
	620	0,729	800	800	1,45	24,0	0,22	91,17	67,17	329,57	204.349,88
s012	101	0,729	700	700	1,89	18,0	0,44	90,95	72,95	273,81	27.611,00
	39	0,729	800	800	1,45	18,0	0,22	91,17	73,17	329,57	12.905,96
s021	170	0,657	700	700	1,71	17,0	0,36	91,03	74,03	273,81	46.547,70
s022	120	0,657	700	700	1,71	15,8	0,36	91,03	75,23	273,81	32.857,20
L0211	115	0,036	180	159	1,82	15,5	2,12	89,27	73,77	26,18	3.010,62
L0212	240	0,018	140	124	1,50	15,8	2,00	89,39	73,59	16,32	3.916,80
s031	150	0,639	700	700	1,66	15,2	0,34	91,05	75,85	273,81	41.071,50
s032	150	0,639	700	700	1,66	15,0	0,34	91,05	76,05	273,81	41.071,50
L0311	130	0,036	180	159	1,82	14,4	2,12	89,27	74,87	26,18	3.403,31
L0312	250	0,018	140	124	1,50	14,2	2,00	89,39	75,19	16,32	4.080,00
$s_{(A)001}$	90	0,621	700	700	1,61	14,5	0,32	91,07	76,57	273,81	24.642,90
$s_{(A)002}$	255	0,621	700	700	1,61	12,0	0,32	91,07	79,07	273,81	69.821,55
s041	115	0,099	315	278	1,63	19,5	0,87	90,52	71,02	73,07	8.403,05
L0411	105	0,027	160	141	1,72	18,2	2,22	89,17	70,97	20,54	2.156,70
L0412	270	0,018	140	124	1,50	17,5	2,00	89,39	71,89	16,32	4.406,40
s051	120	0,09	315	278	1,48	19,0	0,73	90,66	71,66	73,07	8.768,40
s052	235	0,09	315	278	1,48	21,0	0,73	90,66	69,66	73,07	17.171,45
s053	210	0,09	315	278	1,48	20,5	0,73	90,66	70,16	73,07	15.344,70
s054	85	0,081	280	247	1,69	20,2	1,08	90,31	70,11	59,32	5.042,41
L0511	75	0,045	225	199	1,45	19,8	1,05	90,34	70,54	38,44	2.883,00
L0512	173	0,036	200	176	1,47	19,0	1,25	90,14	71,14	31,80	5.512,36
	17	0,036	225	199	1,16	19,0	0,69	90,70	71,70	38,44	641,18
L0513	220	0,027	200	176	1,10	16,2	0,72	90,67	74,47	31,80	6.996,99
L0514	200	0,018	160	141	1,15	15,5	1,02	90,37	74,87	20,54	4.108,00
L0515	37	0,009	125	110	0,94	14,1	0,96	90,43	76,33	13,31	498,68
	193	0,009	140	124	0,75	14,1	0,54	90,85	76,75	16,32	3.142,09
L0521	270	0,036	225	199	1,16	19,8	0,69	90,70	70,90	38,44	10.378,80
L0522	180	0,027	200	176	1,10	18,5	0,72	90,67	72,17	31,80	5.724,81
L0523	200	0,018	160	141	1,15	17,0	1,02	90,37	73,37	20,54	4.108,00
L0524	168	0,009	125	110	0,94	15,0	0,96	90,43	75,43	13,31	2.239,32
	72	0,009	140	124	0,75	15,0	0,54	90,85	75,85	16,32	1.170,80
s061	140	0,09	280	247	1,88	11,6	1,32	90,07	78,47	59,32	8.305,14
s062	75	0,072	250	221	1,88	11,8	1,52	89,87	78,07	58,69	4.401,75
L0611	155	0,036	180	159	1,82	11,5	2,12	89,27	77,77	26,18	4.057,79
L0612	185	0,018	140	124	1,50	12,2	2,00	89,39	77,19	16,32	3.019,20
L0621	100	0,036	180	159	1,82	11,0	2,12	89,27	78,27	26,18	2.617,93
L0622	190	0,018	140	124	1,50	9,8	2,00	89,39	79,59	16,32	3.100,80
s071	125	0,576	700	700	1,50	12,6	0,28	91,11	78,51	273,81	34.226,25
s072	85	0,576	700	700	1,50	12,8	0,28	91,11	78,31	273,81	23.273,85
s081	60	0,27	500	441	1,77	12,5	0,58	90,81	78,31	172,85	10.289,76
	100	0,27	600	600	0,95	12,5	0,14	91,25	78,75	221,86	22.290,27
s082	49	0,27	500	441	1,77	12,2	0,58	90,81	78,61	172,85	8.549,16
	86	0,27	600	600	0,95	12,2	0,14	91,25	79,05	221,86	18.977,90
s091	70	0,072	280	247	1,50	12,8	0,86	90,53	77,73	59,32	4.152,57
s092	125	0,063	280	247	1,31	13,0	0,67	90,72	77,72	59,32	7.415,30

L0911	250	0,027	160	141	1,72	12,5	2,22	89,17	76,67	20,54	5.135,00
L0912	205	0,009	110	97	1,22	12,4	1,82	89,57	77,17	10,62	2.177,10
L0921	90	0,036	200	176	1,47	14,0	1,25	90,14	76,14	31,80	2.869,40
	20	0,036	225	199	1,16	14,0	0,69	90,70	76,70	38,44	760,34
L0922	260	0,018	160	141	1,15	18,2	1,02	90,37	72,17	20,54	5.340,40
s101	70	0,234	450	397	1,89	12,0	0,75	90,64	78,64	141,45	9.901,50
L1011	120	0,045	200	176	1,84	11,0	1,92	89,47	78,47	31,80	3.816,54
L1012	140	0,036	180	159	1,82	10,5	2,12	89,27	78,77	26,18	3.665,10
L1013	200	0,018	140	124	1,50	10,3	2,00	89,39	79,09	16,32	3.264,00
s111	30	0,216	450	397	1,74	11,8	0,65	90,74	78,94	141,45	4.243,50
s112	205	0,207	450	397	1,67	10,3	0,60	90,79	80,49	141,45	28.997,25
s113	35	0,207	450	397	1,67	10,2	0,60	90,79	80,59	141,45	4.950,75
s121	170	0,045	200	176	1,84	9,8	1,92	89,47	79,67	31,80	5.406,77
L1211	195	0,009	110	97	1,22	9,0	1,82	89,57	80,57	10,62	2.070,90
L1221	105	0,036	180	159	1,82	9,0	2,12	89,27	80,27	26,18	2.748,82
L1222	210	0,018	140	124	1,50	8,2	2,00	89,39	81,19	16,32	3.427,20
s131	200	0,18	450	397	1,45	9,0	0,46	90,93	81,93	141,45	28.290,00
s132	280	0,18	450	397	1,45	8,9	0,46	90,93	82,03	141,45	39.606,00
s133	415	0,18	450	397	1,45	7,0	0,46	90,93	83,93	141,45	58.701,75
s141	200	0,063	250	221	1,65	5,0	1,18	90,21	85,21	58,69	11.738,00
L1411	95	0,027	160	141	1,72	5,5	2,22	89,17	83,67	20,54	1.951,30
L1412	220	0,018	140	124	1,50	5,8	2,00	89,39	83,59	16,32	3.590,40
L1421	90	0,036	180	159	1,82	6,0	2,12	89,27	83,27	26,18	2.356,13
L1422	185	0,018	140	124	1,50	7,0	2,00	89,39	82,39	16,32	3.019,20
s151	105	0,144	400	353	1,47	6,0	0,54	90,85	84,85	114,45	12.017,25
s152	220	0,144	400	353	1,47	5,0	0,54	90,85	85,85	114,45	25.179,00
s153	105	0,135	400	353	1,38	4,0	0,47	90,92	86,92	114,45	12.017,25
L1511	170	0,054	225	199	1,74	3,5	1,49	89,90	86,40	38,44	6.534,80
L1512	280	0,045	225	199	1,45	3,0	1,05	90,34	87,34	38,44	10.763,20
L1513	235	0,036	200	176	1,47	2,5	1,25	90,14	87,64	31,80	7.474,06
L1514	145	0,027	180	159	1,36	2,0	1,23	90,16	88,16	26,18	3.803,85
	70	0,027	200	176	1,10	2,0	0,72	90,67	88,67	31,80	2.216,77
L1515	215	0,018	160	141	1,15	1,5	1,02	90,37	88,87	20,54	4.416,10
L1516	220	0,009	140	124	0,75	1,0	0,54	90,85	89,85	16,32	3.590,40
s161	235	0,108	400	353	1,10	4,5	0,31	91,08	86,58	114,45	26.895,75
s162	405	0,108	400	353	1,10	4,0	0,31	91,08	87,08	114,45	46.352,25
s163	305	0,099	355	313	1,29	3,8	0,48	90,91	87,11	92,08	28.085,70
s164	180	0,09	355	313	1,17	5,5	0,40	90,99	85,49	92,08	16.575,17
s165	160	0,09	355	313	1,17	6,0	0,40	90,99	84,99	92,08	14.733,48
L1611	126	0,009	110	97	1,22	7,0	1,82	89,57	82,57	10,62	1.342,69
	104	0,009	125	110	0,94	7,0	0,96	90,43	83,43	13,31	1.378,38
L1621	230	0,018	140	124	1,50	5,0	2,00	89,39	84,39	16,32	3.753,60
s171	110	0,09	355	313	1,17	5,0	0,40	90,99	85,99	92,08	10.129,27
s172	230	0,072	315	278	1,19	4,0	0,48	90,91	86,91	73,07	16.806,10
L1711	47	0,036	225	199	1,16	3,0	0,69	90,70	87,70	38,44	1.819,37
	53	0,036	280	247	0,75	3,0	0,23	91,16	88,16	59,32	3.124,51
L1712	165	0,018	225	199	0,58	8,0	0,19	91,20	83,20	38,44	6.342,60
L1721	110	0,036	225	199	1,16	8,0	0,69	90,70	82,70	38,44	4.228,40
L1722	160	0,018	140	124	1,50	3,0	2,00	89,39	86,39	16,32	2.611,20
s181	130	0,351	600	600	1,24	12,0	0,23	91,16	79,16	221,86	28.841,80
s182	280	0,342	600	600	1,21	9,6	0,22	91,17	81,57	221,86	62.120,80
s183	320	0,333	600	600	1,18	7,7	0,21	91,18	83,48	221,86	70.995,20
L1811	95	0,063	250	221	1,65	7,2	1,18	90,21	83,01	58,69	5.575,55
L1812	250	0,045	200	176	1,84	5,8	1,92	89,47	83,67	31,80	7.951,13
L1813	180	0,027	160	141	1,72	5,0	2,22	89,17	84,17	20,54	3.697,20
L1814	120	0,018	140	124	1,50	4,0	2,00	89,39	85,39	16,32	1.958,40
s191	305	0,09	280	247	1,88	7,5	1,32	90,07	82,57	59,32	18.093,34
s192	140	0,081	280	247	1,69	7,8	1,08	90,31	82,51	59,32	8.305,14
L1911	180	0,036	180	159	1,82	6,5	2,12	89,27	82,77	26,18	4.712,27



L1912	100	0,027	160	141	1,72	6,0	2,22	89,17	83,17	20,54	2.054,00
L1913	265	0,018	140	124	1,50	4,0	2,00	89,39	85,39	16,32	4.324,80
s201	275	0,045	200	176	1,84	7,5	1,92	89,47	81,97	31,80	8.746,24
s202	130	0,036	200	176	1,47	7,0	1,25	90,14	83,14	31,80	4.134,59
L2011	192	0,018	140	124	1,50	4,5	2,00	89,39	84,89	16,32	3.141,27
	203	0,018	160	141	1,15	4,5	1,02	90,37	85,87	20,54	4.159,76
L2021	100	0,018	140	124	1,50	6,0	2,00	89,39	83,39	16,32	1.632,00
L2022	181	0,009	110	97	1,22	5,0	1,82	89,57	84,57	10,62	1.925,51
	14	0,009	125	110	0,94	5,0	0,96	90,43	85,43	13,31	182,20
s211	314	0,27	500	441	1,77	7,8	0,58	90,81	83,01	172,85	54.216,13
	136	0,27	600	600	0,95	7,8	0,14	91,25	83,45	221,86	30.248,39
s212	170	0,261	500	441	1,71	7,0	0,55	90,84	83,84	172,85	29.384,50
s213	265	0,252	500	441	1,65	6,5	0,51	90,88	84,38	172,85	45.805,25
L2111	170	0,045	200	176	1,84	7,0	1,92	89,47	82,47	31,80	5.406,77
L2112	170	0,027	160	141	1,72	7,5	2,22	89,17	81,67	20,54	3.491,80
L2113	130	0,018	140	124	1,50	8,2	2,00	89,39	81,19	16,32	2.121,60
s221	105	0,234	500	441	1,53	6,0	0,44	90,95	84,95	172,85	18.149,25
s222	115	0,225	500	441	1,47	5,5	0,41	90,98	85,48	172,85	19.877,75
L2211	90	0,036	180	159	1,82	5,0	2,12	89,27	84,27	26,18	2.356,13
L2212	205	0,018	140	124	1,50	3,5	2,00	89,39	85,89	16,32	3.345,60
s231	255	0,207	450	397	1,67	4,8	0,60	90,79	85,99	141,45	36.069,75
s232	165	0,198	450	397	1,60	5,5	0,55	90,84	85,34	141,45	23.339,25
s233	80	0,189	450	397	1,53	5,9	0,50	90,89	84,99	141,45	11.316,00
L2311	135	0,063	280	247	1,31	6,1	0,67	90,72	84,62	59,32	8.008,53
L2312	260	0,054	280	247	1,13	7,0	0,50	90,89	83,89	59,32	15.423,83
L2313	235	0,036	225	199	1,16	9,0	0,69	90,70	81,70	38,44	9.033,40
L2314	235	0,018	200	176	0,74	10,2	0,34	91,05	80,85	31,80	7.474,06
s241	145	0,162	400	353	1,66	6,0	0,67	90,72	84,72	114,45	16.595,25
L2411	87	0,036	180	159	1,82	5,0	2,12	89,27	84,27	26,18	2.280,74
	23	0,036	200	176	1,47	5,0	1,25	90,14	85,14	31,80	727,69
L2412	260	0,027	180	159	1,36	3,0	1,23	90,16	87,16	26,18	6.806,61
L2413	370	0,018	160	141	1,15	2,2	1,02	90,37	88,17	20,54	7.599,80
L2414	200	0,009	125	110	0,94	2,8	0,96	90,43	87,63	13,31	2.661,73
s251	65	0,144	400	353	1,47	6,0	0,54	90,85	84,85	114,45	7.439,25
L2511	315	0,018	140	124	1,50	3,5	2,00	89,39	85,89	16,32	5.140,80
L2512	36	0,009	110	97	1,22	3,0	1,82	89,57	86,57	10,62	384,34
	469	0,009	125	110	0,94	3,0	0,96	90,43	87,43	13,31	6.239,24
s261	75	0,135	400	353	1,38	5,8	0,47	90,92	85,12	114,45	8.583,75
s262	92	0,126	355	313	1,64	5,6	0,76	90,63	85,03	92,08	8.480,04
	93	0,126	400	353	1,29	5,6	0,42	90,97	85,37	114,45	10.633,55
s263	64	0,117	355	313	1,52	6,1	0,76	90,63	84,53	92,08	5.857,48
	71	0,117	400	353	1,20	6,1	0,42	90,97	84,87	114,45	8.170,59
s264	130	0,108	355	313	1,40	6,9	0,57	90,82	83,92	92,08	11.970,95
L2611	285	0,036	180	159	1,82	4,0	2,12	89,27	85,27	26,18	7.461,09
L2612	61	0,018	140	124	1,50	3,0	2,00	89,39	86,39	16,32	1.001,07
	119	0,018	160	141	1,15	3,0	1,02	90,37	87,37	20,54	2.437,28
s271	122	0,045	225	199	1,45	7,3	1,05	90,34	83,04	38,44	4.682,38
	93	0,045	280	247	0,94	7,3	0,35	91,04	83,74	59,32	5.528,26
s272	65	0,027	225	199	0,87	7,5	0,40	90,99	83,49	38,44	2.498,60
L2711	103	0,018	180	159	0,91	7,6	0,57	90,82	83,22	26,18	2.694,11
	207	0,018	200	176	0,74	7,6	0,34	91,05	83,45	31,80	6.586,40
L2712	195	0,009	160	141	0,57	7,8	0,28	91,11	83,31	20,54	4.005,30
L2721	170	0,009	125	110	0,94	8,0	0,96	90,43	82,43	13,31	2.262,47
s281	130	0,09	315	278	1,48	6,0	0,73	90,66	84,66	73,07	9.499,10
s282	60	0,072	280	247	1,50	5,8	0,86	90,53	84,73	59,32	3.559,35
L2811	2	0,018	140	124	1,50	4,0	2,00	89,39	85,39	16,32	25,95
	258	0,018	160	141	1,15	4,0	1,02	90,37	86,37	20,54	5.307,74
L2812	455	0,009	125	110	0,94	3,0	0,96	90,43	87,43	13,31	6.055,44
s291	145	0,054	280	247	1,13	5,6	0,50	90,89	85,29	59,32	8.601,75

s292	260	0,036	225	199	1,16	5,5	0,69	90,70	85,20	38,44	9.994,40
s293	130	0,018	200	176	0,74	5,0	0,34	91,05	86,05	31,80	4.134,59
L2911	200	0,009	160	141	0,57	4,5	0,28	91,11	86,61	20,54	4.108,00
L2921	225	0,009	160	141	0,57	5,9	0,28	91,11	85,21	20,54	4.621,50

Συνολική Δαπάνη Δικτύου :  $P_d = 2.261.271,63 \text{ €}$

[ Η μικρή διαφορά από την υπολογισθείσα βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης (= 2.261.280,41 € ), οφείλεται στην στρογγυλοποίηση των μηκών σε ακέραιες τιμές ].

## 8.5. Βελτίωση της λύσης

Για τους αγωγούς για τους οποίους προέκυψαν δύο διάμετροι, όταν το μήκος ενός τμήματος είναι πολύ μικρό, ή όταν δεν είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του 6 (τυποποιημένο μήκος των σωλήνων PVC), επιβάλλονται τροποποιήσεις των μηκών με στόχο τόσο την εξοικονόμηση υλικού, από τη μη τοποθέτηση ειδικών εξαρτημάτων, όσο και την εξοικονόμηση εργασίας επειδή δεν θα γίνουν τομές και συνδέσεις των σωλήνων. Επιπλέον τροποποιήθηκε η διάμετρος της διαδρομής Δεξαμενή – Αντλιοστάσιο (που αντιστοιχεί στον κόμβο N<sub>(A)</sub>002), έτσι ώστε να ικανοποιείται και η συνθήκη της πλήρωσης της δεξαμενής κατά τη λειτουργία του αντλιοστασίου. Η παροχή του αντλιοστασίου λήφθηκε 0,729 m<sup>3</sup>/s, που είναι και η μέγιστη δυνατή. Η τροποποίηση αυτή επέφερε κάποιες αλλαγές στο υψος της πιεζομετρικής γραμμής, οι οποίες βελτιώθηκαν κάνοντας τις σχετικές αλλαγές και στην επιλογή της διαμέτρου των αγωγών.

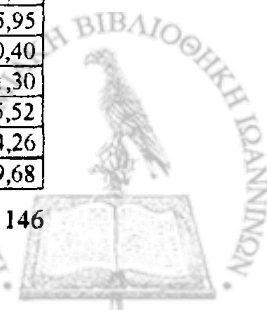
Έτσι προέκυψαν οι ποσότητες του πίνακα 8.8, ο οποίος κατά τα λοιπά είναι ίδιος με τον πίνακα 8.7.

Πίνακας 8.8. Τελικά αποτελέσματα της βέλτιστης λύσης

Αγωγός	Μήκος L <sub>i</sub>	Παροχή Q <sub>i</sub>	Διάμετρος		Ταχύτ. Ροής V <sub>i</sub>	Υψόμ. εδάφους Z <sub>i</sub>	Συνολική απώλεια φορτίου 1,1ΣΔh <sub>i</sub>	Υψόμετρο Πιεζομετρ. Γραμμής h <sub>i</sub> [=H <sub>A</sub> -1,1ΣΔh <sub>i</sub> ]	Ύψος πίεσης p <sub>i</sub> /γ	Δαπάνη αγωγού δ <sub>i</sub>	Συνολικό Κόστος αγωγού P <sub>i</sub>
			Εξωτερική D <sub>es</sub>	Εσωτερική D <sub>es</sub>							
	[m]	[l/s]	[mm]	[mm]	[m/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[€/m]	[€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
s <sub>(A)</sub> 001						91,39					
s011	1350	729	800	800,0	1,45	24	3,02	88,37	64,37	329,57	444.919,50
s012	140	729	800	800,0	1,45	18	0,31	88,06	70,06	329,57	46.139,80
s021	170	657	800	800,0	1,31	17	0,31	87,75	70,75	329,57	56.026,90
s022	120	657	800	800,0	1,31	15,8	0,22	87,53	71,73	329,57	39.548,40
L0211	115	36	180	158,8	1,82	15,5	2,45	85,08	69,58	26,18	3.010,70
L0212	240	18	140	123,6	1,50	15,8	4,80	80,28	64,48	16,32	3.916,80
s031	150	639	800	800,0	1,27	15,2	0,26	87,27	72,07	329,57	49.435,50
s032	150	639	800	800,0	1,27	15	0,26	87,01	72,01	329,57	49.435,50
L0311	130	36	180	158,8	1,82	14,4	2,77	84,24	69,84	26,18	3.403,40
L0312	250	18	140	123,6	1,50	14,2	5,00	79,24	65,04	16,32	4.080,00
s(A)001	90	621	800	800,0	1,24	14,5	0,15	86,86	72,36	329,57	29.661,30
s(A)002	255	621	800	800,0	1,24	12	0,42	86,45	74,45	329,57	84.040,35
s041	115	99	315	278,0	1,63	19,5	1,00	87,06	67,56	73,07	8.403,05
L0411	105	27	160	141,2	1,72	18,2	2,32	84,74	66,54	20,54	2.156,70
L0412	270	18	140	123,6	1,50	17,5	5,40	79,34	61,84	16,32	4.406,40
s051	120	90	315	278,0	1,48	19	0,87	86,19	67,19	73,07	8.768,40
s052	235	90	315	278,0	1,48	21	1,70	84,49	63,49	73,07	17.171,45
s053	210	90	280	247,0	1,88	20,5	2,78	81,71	61,21	59,32	12.457,20
s054	85	81	280	247,0	1,69	20,2	0,92	80,79	60,59	59,32	5.042,20
L0511	75	45	225	198,6	1,45	19,8	0,79	80,01	60,21	38,44	2.883,00

L0512	190	36	200	176.4	1.47	19	2.36	77.64	58.64	31.80	6.042,00
L0513	220	27	200	176.4	1.10	16.2	1.58	76.07	59.87	31.80	6.996,00
L0514	200	18	160	141.2	1.15	15.5	2.05	74.02	58.52	20.54	4.108,00
L0515	60	9	125	110.2	0.94	14.1	1.49	72.53	58.43	13.31	798,60
	170		140	123.6	0.75					16.32	2.774,40
L0521	270	36	225	198.6	1.16	19.8	1.85	78.94	59.14	38.44	10.378,80
L0522	180	27	200	176.4	1.10	18.5	1.29	77.65	59.15	31.80	5.724,00
L0523	200	18	160	141.2	1.15	17	2.05	75.60	58.6	20.54	4.108,00
L0524	168	9	125	110.2	0.94	15	1.99	73.62	58.62	13.31	2.236,08
	72		140	123.6	0.75					16.32	1.175,04
s061	140	90	280	247.0	1.88	11.6	1.85	84.59	72.99	59.32	8.304,80
s062	75	72	250	220.6	1.88	11.8	1.14	83.45	71.65	58.69	4.401,75
L0611	155	36	180	158.8	1.82	11.5	3.30	80.15	68.65	26.18	4.057,90
L0612	185	18	140	123.6	1.50	12.2	3.70	76.45	64.25	16.32	3.019,20
L0621	100	36	180	158.8	1.82	11	2.13	81.32	70.32	26.18	2.618,00
L0622	190	18	140	123.6	1.50	9.8	3.80	77.52	67.72	16.32	3.100,80
s071	125	576	700	700.0	1.50	12.6	0.35	86.09	73.49	273.80	34.225,00
s072	85	576	700	700.0	1.50	12.8	0.24	85.86	73.06	273.80	23.273,00
s081	160	270	500	441.2	1.77	12.5	0.94	84.92	72.42	172.85	27.656,00
s082	135	270	500	441.2	1.77	12.2	0.79	84.13	71.93	172.85	23.334,75
s091	70	72	225	198.6	2.32	12.8	1.81	82.32	69.52	38.44	2.690,80
s092	125	63	225	198.6	2.03	13	2.50	79.82	66.82	38.44	4.805,00
L0911	250	27	160	141.2	1.72	12.5	5.52	74.30	61.8	20.54	5.135,00
L0912	205	9	110	97.0	1.22	12.4	3.74	70.57	58.17	10.62	2.177,10
L0921	110	36	225	198.6	1.16	14	0.75	79.07	65.07	38.44	4.228,40
L0922	260	18	160	141.2	1.15	18.2	2.66	76.40	58.2	20.54	5.340,40
s101	70	234	450	397.0	1.89	12	0.53	83.60	71.6	141.45	9.901,50
L1011	120	45	200	176.4	1.84	11	2.30	81.31	70.31	31.80	3.816,00
L1012	140	36	180	158.8	1.82	10.5	2.98	78.33	67.83	26.18	3.665,20
L1013	200	18	140	123.6	1.50	10.3	4.00	74.32	64.02	16.32	3.264,00
s111	30	216	450	397.0	1.74	11.8	0.19	83.41	71.61	141.45	4.243,50
s112	205	207	450	397.0	1.67	10.3	1.22	82.19	71.89	141.45	28.997,25
s113	35	207	450	397.0	1.67	10.2	0.21	81.99	71.79	141.45	4.950,75
s121	170	45	200	176.4	1.84	9.8	3.25	78.73	68.93	31.80	5.406,00
L1211	195	9	110	97.0	1.22	9	3.56	75.18	66.18	10.62	2.070,90
L1221	105	36	180	158.8	1.82	9	2.24	76.50	67.5	26.18	2.748,90
L1222	210	18	140	123.6	1.50	8.2	4.20	72.29	64.09	16.32	3.427,20
s131	200	180	450	397.0	1.45	9	0.91	81.08	72.08	141.45	28.290,00
s132	280	180	450	397.0	1.45	8.9	1.27	79.81	70.91	141.45	39.606,00
s133	415	180	450	397.0	1.45	7	1.88	77.93	70.93	141.45	58.701,75
s141	200	63	250	220.6	1.65	5	2.36	75.57	70.57	58.69	11.738,00
L1411	95	27	160	141.2	1.72	5.5	2.10	73.47	67.97	20.54	1.951,30
L1412	220	18	140	123.6	1.50	5.8	4.40	69.07	63.27	16.32	3.590,40
L1421	90	36	180	158.8	1.82	6	1.92	73.65	67.65	26.18	2.356,20
L1422	185	18	140	123.6	1.50	7	3.70	69.95	62.95	16.32	3.019,20
s151	105	144	355	313.2	1.87	6	1.03	76.90	70.9	92.08	9.668,40
s152	220	144	355	313.2	1.87	5	2.16	74.74	69.74	92.08	20.257,60
s153	105	135	355	313.2	1.75	4	0.91	73.83	69.83	92.08	9.668,40
L1511	170	54	225	198.6	1.74	3.5	2.53	71.31	67.81	38.44	6.534,80
L1512	280	45	225	198.6	1.45	3	2.94	68.37	65.37	38.44	10.763,20
L1513	235	36	200	176.4	1.47	2.5	2.92	65.45	62.95	31.80	7.473,00
L1514	215	27	180	158.8	1.36	2	2.62	62.83	60.83	26.18	5.628,70
L1515	230	18	160	141.2	1.15	1.5	2.36	60.47	58.97	20.54	4.724,20
L1516	220	9	140	123.6	0.75	1	1.19	59.28	58.28	16.32	3.590,40
s161	235	108	355	313.2	1.40	4.5	1.32	72.51	68.01	92.08	21.638,80
s162	405	108	355	313.2	1.40	4	2.28	70.23	66.23	92.08	37.292,40
s163	305	99	355	313.2	1.28	3.8	1.45	68.78	64.98	92.08	28.084,40
s164	180	90	355	313.2	1.17	5.5	0.72	68.05	62.55	92.08	16.574,40
s165	160	90	355	313.2	1.17	6	0.64	67.41	61.41	92.08	14.732,80
L1611	230	9	125	110.2	0.94	7	2.19	65.23	58.23	13.31	3.061,30
L1621	36	18	160	141.2	1.15	5	4.25	63.16	58.16	20.54	739,44
	194		140	123.6	1.50					16.32	3.166,08
s171	110	90	355	313.2	1.17	5	0.44	66.97	61.97	92.08	10.128,80

s172	230	72	355	313,2	0,93	4	0,60	66,38	62,38	92,08	21.178,40
L1711	100	36	315	278,0	0,59	3	0,13	66,25	63,25	73,07	7.307,00
L1712	165	18	315	278,0	0,30	8	0,06	66,19	58,19	73,07	12.056,55
L1721	110	36	280	247,0	0,75	8	0,25	66,12	58,12	59,32	6.525,20
L1722	160	18	140	123,6	1,50	3	3,20	62,92	59,92	16,32	2.611,20
s181	130	351	500	500,0	1,79	12	0,67	85,19	73,19	172,85	22.470,50
s182	280	342	500	500,0	1,74	9,6	1,36	83,82	74,22	172,85	48.398,00
s183	320	333	500	500,0	1,70	7,7	1,49	82,33	74,63	172,85	55.312,00
L1811	95	63	250	220,6	1,65	7,2	1,12	81,21	74,01	58,69	5.575,55
L1812	250	45	200	176,4	1,84	5,8	4,78	76,43	70,63	31,80	7.950,00
L1813	180	27	160	141,2	1,72	5	3,97	72,46	67,46	20,54	3.697,20
L1814	120	18	140	123,6	1,50	4	2,40	70,06	66,06	16,32	1.958,40
s191	305	90	280	247,0	1,88	7,5	4,04	78,30	70,8	59,32	18.092,60
s192	140	81	280	247,0	1,69	7,8	1,51	76,79	68,99	59,32	8.304,80
L1911	180	36	180	158,8	1,82	6,5	3,83	72,95	66,45	26,18	4.712,40
L1912	100	27	160	141,2	1,72	6	2,21	70,75	64,75	20,54	2.054,00
L1913	265	18	140	123,6	1,50	4	5,30	65,44	61,44	16,32	4.324,80
s201	275	45	200	176,4	1,84	7,5	5,26	71,53	64,03	31,80	8.745,00
s202	130	36	200	176,4	1,47	7	1,62	69,91	62,91	31,80	4.134,00
L2011	192	18	140	123,6	1,50	4,5	5,92	63,99	59,49	16,32	3.133,44
	203		160	141,2	1,15					20,54	4.169,62
L2021	100	18	140	123,6	1,50	6	2,00	67,91	61,91	16,32	1.632,00
L2022	181	9	110	97,0	1,22	5	3,43	64,48	59,48	10,62	1.922,22
	14		125	110,2	0,94					13,31	186,34
s211	314	270	500	441,2	1,77	7,8	2,03	80,31	72,51	172,85	54.274,90
	136		600	600,0	0,95					221,86	30.172,96
s212	170	261	500	441,2	1,71	7	0,93	79,38	72,38	172,85	29.384,50
s213	265	252	500	441,2	1,65	6,5	1,35	78,02	71,52	172,85	45.805,25
L2111	170	45	200	176,4	1,84	7	3,25	74,77	67,77	31,80	5.406,00
L2112	170	27	160	141,2	1,72	7,5	3,75	71,02	63,52	20,54	3.491,80
L2113	130	18	140	123,6	1,50	8,2	2,60	68,42	60,22	16,32	2.121,60
s221	105	234	500	441,2	1,53	6	0,46	77,56	71,56	172,85	18.149,25
s222	115	225	500	441,2	1,47	5,5	0,47	77,09	71,59	172,85	19.877,75
L2211	90	36	180	158,8	1,82	5	1,92	75,17	70,17	26,18	2.356,20
L2212	205	18	140	123,6	1,50	3,5	4,10	71,07	67,57	16,32	3.345,60
s231	255	207	450	397,0	1,67	4,8	1,51	75,58	70,78	141,45	36.069,75
s232	165	198	450	397,0	1,60	5,5	0,90	74,67	69,17	141,45	23.339,25
s233	80	189	450	397,0	1,53	5,9	0,40	74,27	68,37	141,45	11.316,00
L2311	135	63	250	220,6	1,65	6,1	1,59	72,68	66,58	58,69	7.923,15
L2312	260	54	250	220,6	1,41	7	2,27	70,40	63,4	58,69	15.259,40
L2313	235	36	250	220,6	0,94	9	0,95	69,45	60,45	58,69	13.792,15
L2314	38	18	200	176,4	0,74	10,2	1,25	68,20	58	31,80	1.208,40
	197		180	158,8	0,91					26,18	5.157,46
s241	145	162	400	353,0	1,66	6	0,98	73,29	67,29	114,45	16.595,25
L2411	87	36	180	158,8	1,82	5	2,14	71,15	66,15	26,18	2.277,66
	23		200	176,4	1,47					31,80	731,40
L2412	260	27	180	158,8	1,36	3	3,17	67,98	64,98	26,18	6.806,80
L2413	370	18	160	141,2	1,15	2,2	3,79	64,19	61,99	20,54	7.599,80
L2414	200	9	125	110,2	0,94	2,8	1,90	62,29	59,49	13,31	2.662,00
s251	65	144	400	353,0	1,47	6	0,35	72,94	66,94	114,45	7.439,25
L2511	315	18	140	123,6	1,50	3,5	6,30	66,64	63,14	16,32	5.140,80
L2512	36	9	110	97,0	1,22	3	5,12	61,52	58,52	10,62	382,32
	469		125	110,2	0,94					13,31	6.242,39
s261	75	135	400	353,0	1,38	5,8	0,36	72,59	66,79	114,45	8.583,75
s262	92	126	355	313,2	1,64	5,6	1,09	71,50	65,9	92,08	8.471,36
	93		400	353,0	1,29					114,45	10.643,85
s263	64	117	355	313,2	1,52	6,1	0,68	70,81	64,71	92,08	5.893,12
	71		400	353,0	1,20					114,45	8.125,95
s264	130	108	355	313,2	1,40	6,9	0,73	70,08	63,18	92,08	11.970,40
L2611	285	36	180	158,8	1,82	4	6,07	64,01	60,01	26,18	7.461,30
L2612	61	18	140	123,6	1,50	3	2,44	61,57	58,57	16,32	995,52
	119		160	141,2	1,15					20,54	2.444,26
s271	122	45	225	198,6	1,45	7,3	1,61	68,47	61,17	38,44	4.689,68



	93		280	247,0	0,94					59,32	5.516,76
s272	65	27	225	198,6	0,87	7,5	0,26	68,22	60,72	38,44	2.498,60
L2711	103	18	180	158,8	0,91	7,6	1,29	66,92	59,32	26,18	2.696,54
	207		200	176,4	0,74					31,80	6.582,60
L2712	195	9	160	141,2	0,57	7,8	0,54	66,39	58,59	20,54	4.005,30
L2721	170	9	125	110,2	0,94	8	1,62	66,60	58,6	13,31	2.262,70
s281	130	90	315	278,0	1,48	6	0,94	69,14	63,14	73,07	9.499,10
s282	60	72	280	247,0	1,50	5,8	0,51	68,63	62,83	59,32	3.559,20
L2811	2	18	140	123,6	1,50	4	2,68	65,94	61,94	16,32	32,64
	258		160	141,2	1,15					20,54	5.299,32
L2812	455	9	125	110,2	0,94	3	4,33	61,62	58,62	13,31	6.056,05
s291	145	54	280	247,0	1,13	5,6	0,73	67,90	62,3	59,32	8.601,40
s292	260	36	225	198,6	1,16	5,5	1,78	66,12	60,62	38,44	9.994,40
s293	130	18	200	176,4	0,74	5	0,44	65,67	60,67	31,80	4.134,00
L2911	200	9	125	110,2	0,94	4,5	1,90	63,77	59,27	13,31	2.662,00
L2921	225	9	140	123,6	0,75	5,9	1,22	64,46	58,56	16,32	3.672,00
Συνολική Δαπάνη Δικτύου : $P_{\Delta} = 2.300.218,60 \text{ €}$											

## 8.6 Τελικά στοιχεία κόστους του έργου

Σύμφωνα με την ανάλυση που γίνεται στην παράγραφο 7.5.2, το συνολικό ετήσιο κόστος του έργου ανηγμένο σε αρχικό κεφάλαιο είναι :

$$P_{ET} = 0,110589P_{\Delta} + 1693,94H_{man} \text{ [€]}.$$

Είναι  $P_{\Delta} = 2.300.218,60 \text{ €}$

και

$$H_{man} = 86,45 - 12,00 = 74,45 \text{ m}$$

Επομένως,  $P_{ET} = 381.114,42 \text{ €}$ .



# 9

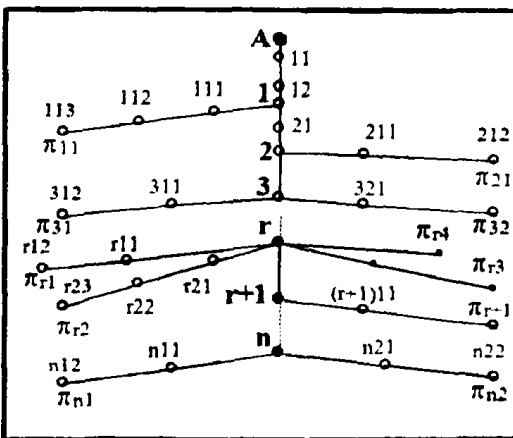
## Βελτιστοποίηση με την απλοποιημένη συνεχή μέθοδο του Μ. Θεοχάρη

### 9.1. Γενικά

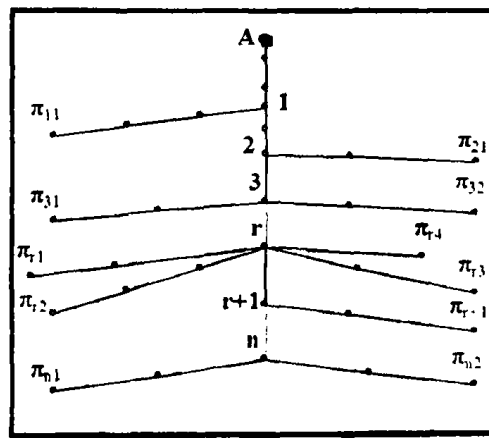
Προκειμένου για την επίλυση του δικτύου με την απλοποιημένη συνεχή μέθοδο του Μ. Θεοχάρη, ισχύουν τα γεωμετρικά και υδραυλικά στοιχεία των αγωγών του δικτύου, προσδιορίζεται η ελάχιστη μέση κλίση της πλήρους διαδρομής κάθε πέρατος και υπολογίζονται η παράμετρος  $\Phi_i$  κάθε αγωγού του δικτύου.

### 9.2. Το ιδεατό δίκτυο

Για την επεξεργασία του προβλήματος είναι αναγκαία η εισαγωγή ορισμένων συμβολισμών οι οποίοι αφορούν το ιδεατό δίκτυο. Θεωρείται ότι το δίκτυο αποτελείται μόνο από κλάδους και, αφού απαλειφθούν έτσι οι απλοί κόμβοι, διατηρούνται μόνο οι κόμβοι διακλάδωσης. Έτσι το πραγματικό δίκτυο του σχήματος 1 παίρνει την ιδεατή μορφή του σχήματος 2. Κάθε κλάδος χαρακτηρίζεται με το σύμβολο του κατάντη κόμβου διακλάδωσης, ή πέρατος. Κάθε κόμβος διακλάδωσης του δικτύου, χαρακτηριζόμενος με το  $i$ , αριθμείται από τα ανάντη προς τα κατάντη με αριθμό  $i = 1, 2, \dots, r, \dots, n$ , όπου  $n$  είναι ο συνολικός αριθμός των κόμβων διακλάδωσης του δικτύου.



Σχήμα 1. Πραγματικό ακτινωτό δίκτυο.



Σχήμα 2. Ιδεατό ακτινωτό δίκτυο.

Το ιδεατό δίκτυο έχει την μορφή που παρουσιάζεται στο σχήμα 7.1 όπου το κάθε ένα από τα πέρατα συμβολίζεται με το γράμμα «π» και δείκτη τον αντίστοιχο αύξοντα αριθμό ( $j = 1, 2, 3, \dots, 33, 34$ ) π.χ  $\pi_1, \pi_2, \pi_3$  κλπ έως το  $\pi_{34}$ .

### 9.3. Η πλήρης διαδρομή με την ελάχιστη μέση κλίση

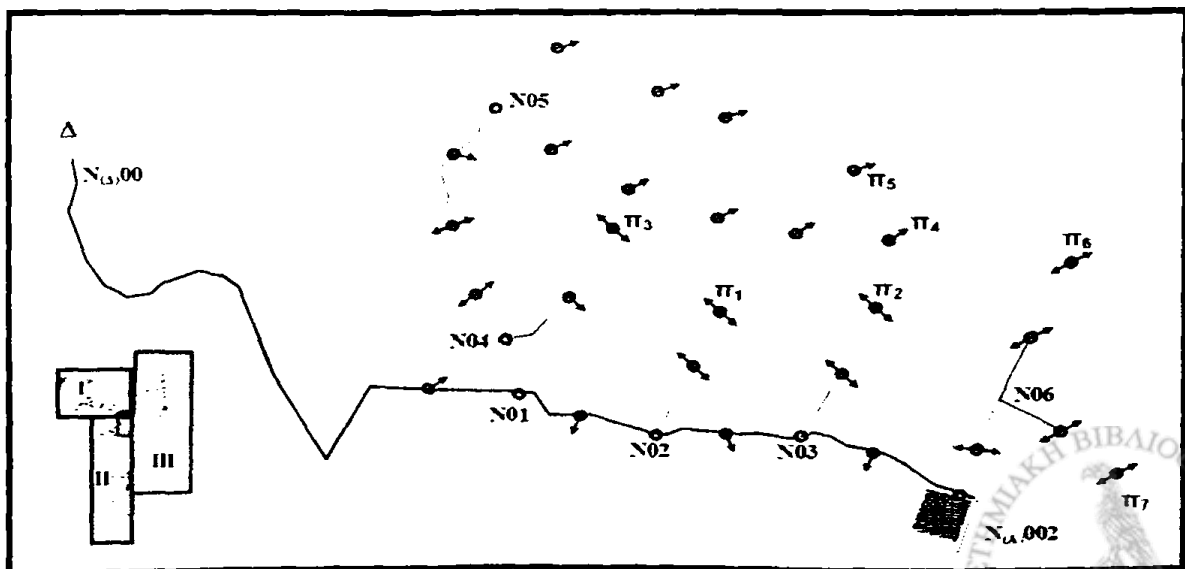
Βρίσκεται στη συνέχεια η ελάχιστη μέση κλίση όλων των πλήρων διαδρομών του ιδεατού δικτύου, που φαίνεται στο σχήμα 9.1.α), β), και γ), ήτοι των  $\Delta - \pi_1, \Delta - \pi_2, \Delta -$

$\pi_3, \dots, \Delta - \pi_{33}, \Delta - \pi_{34}$ . Είναι:  $S_{\mu j} = \frac{H_A - H_{\pi_j}}{\sum L_{\pi_j}} \quad j = 1, 2, 3, \dots, 33, 34 = \text{πέρασ του δικτύου.}$

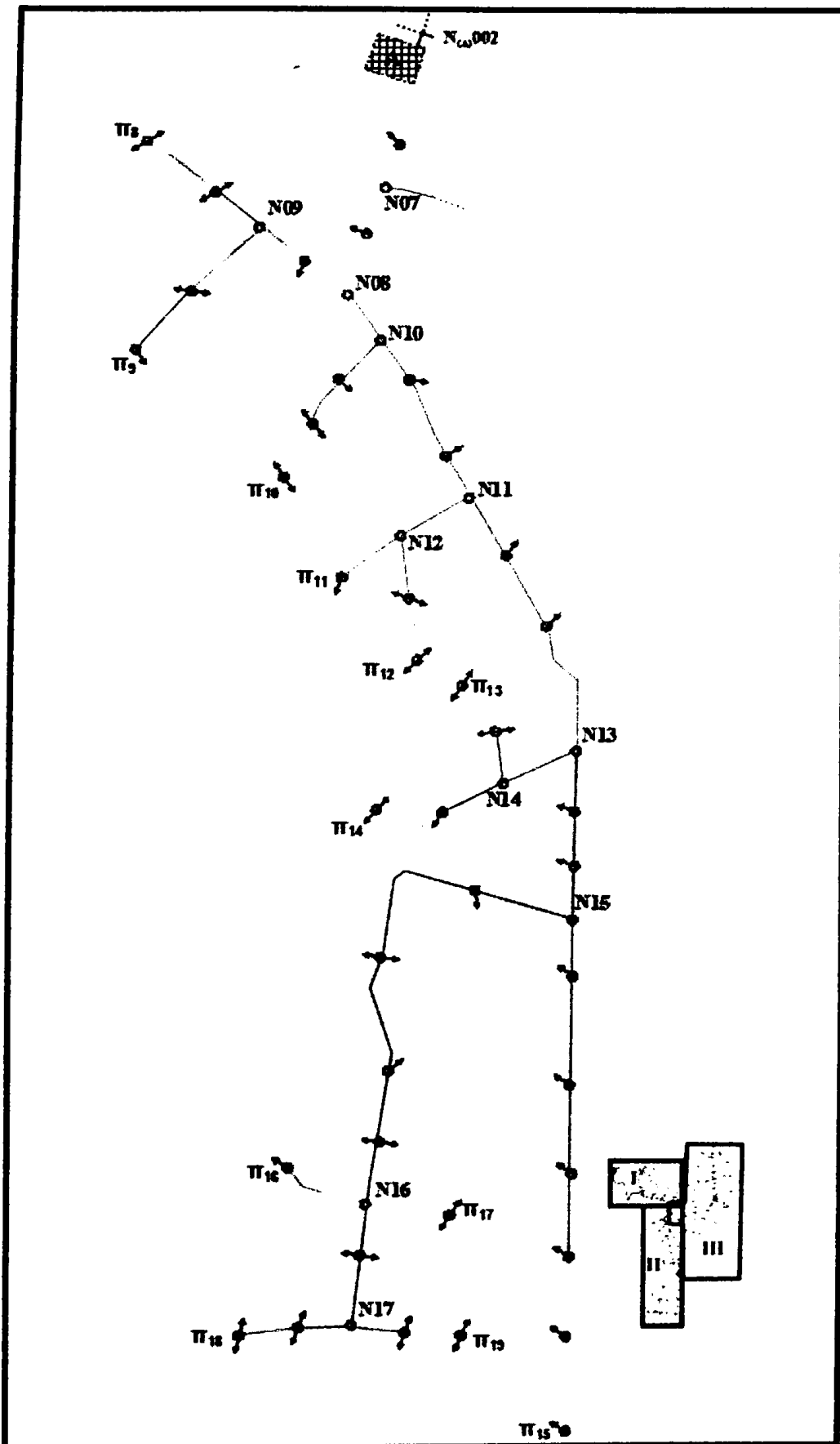
Στον πίνακα 7.1 παρουσιάζονται τα πιεζομετρικά φορτία  $H_{\pi_j}$  (στήλη 3) τα οποία είναι τα ελάχιστα απαιτούμενα φορτία στα πέρατα του δικτύου. Τα μήκη  $\Sigma L_{\pi_j}$  (στήλη 4) είναι τα συνολικά μήκη των πλήρων διαδρομών  $\Delta - \pi_j$  του δικτύου. Τέλος υπολογίζεται η ελάχιστη μέση κλίση  $S_{\mu j}$  (στήλη 5) κάθε πέρατος, για τιμές πιεζομετρικού φορτίου  $H_A$  της δεξαμενής 91,39 m. Διαπιστώνεται ότι η ελάχιστη μέση κλίση αντιστοιχεί στην πλήρη διαδρομή  $\Delta - \pi_{18}$ .

Πίνακας 9.1. Η ελάχιστη μέση κλίση της πλήρους διαδρομή  $\Delta - \pi_j$ .

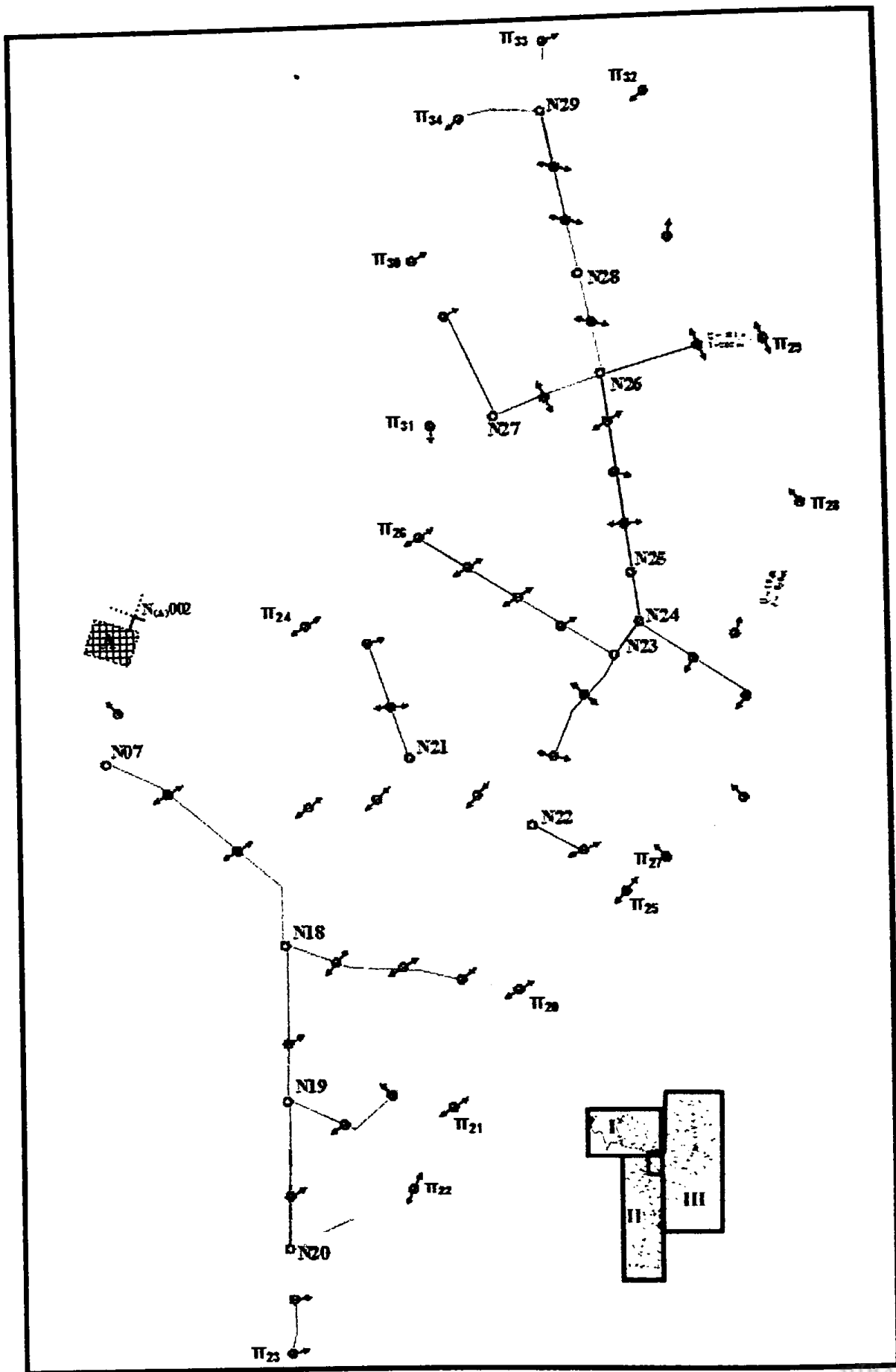
Πέρασ	Αγωγός ή Κόμβος		Απαιτούμενο	Συνολικό	Μέση	Πέρασ	Αγωγός ή Κόμβος		Απαιτούμενο	Συνολικό	Μέση
			Πιεζομε.φορτίο	Μήκος	κλίση				Πιεζομ.φορτίο	Μήκος	κλίση
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
$\pi_1$	L0212	Y23	73,80	2136	0,8235	$\pi_{18}$	N1712	Y80	66,00	6486	0,3915
$\pi_2$	L0312	Y27	72,20	2461	0,7798	$\pi_{19}$	L1722	Y82	61,00	6491	0,4682
$\pi_3$	L0412	Y18	75,50	1981	0,8021	$\pi_{20}$	L1814	Y103	62,00	4011	0,7327
$\pi_4$	L0515	Y13	72,10	3171	0,6083	$\pi_{21}$	L1913	Y97	62,00	4356	0,6747
$\pi_5$	L0524	Y17	73,0	3146	0,5846	$\pi_{22}$	L2011	Y92	62,50	4611	0,6265
$\pi_6$	L0612	Y33	70,20	2981	0,7108	$\pi_{23}$	L2022	Y89	63,00	4511	0,6294
$\pi_7$	L0622	Y34	67,80	2931	0,8048	$\pi_{24}$	L2113	Y109	66,20	4721	0,5336
$\pi_8$	L0912	Y45	70,40	3581	0,5861	$\pi_{25}$	L2212	Y113	61,50	4766	0,6272
$\pi_9$	L0922	Y41	71,20	3496	0,5775	$\pi_{26}$	L2314	Y120	68,20	5836	0,3974
$\pi_{10}$	L1013	Y52	68,3	3461	0,6671	$\pi_{27}$	L2414	Y125	60,80	6056	0,5051
$\pi_{11}$	L1211	Y53	67,00	3636	0,6708	$\pi_{28}$	L2512	Y128	61,00	6001	0,5064
$\pi_{12}$	L1222	Y56	66,20	3756	0,6707	$\pi_{29}$	L2612	Y134	61,00	6171	0,4925
$\pi_{13}$	L1412	Y64	63,80	4681	0,5894	$\pi_{30}$	L2712	Y139	65,80	6491	0,3942
$\pi_{14}$	L1422	Y66	65,00	4641	0,5686	$\pi_{31}$	L2721	Y137	66,00	6156	0,4124
$\pi_{15}$	L1516	Y83	59,00	5931	0,5461	$\pi_{32}$	L2812	Y143	61,00	6611	0,4595
$\pi_{16}$	L1611	Y75	65,00	6111	0,4318	$\pi_{33}$	L2911	K148	62,50	6631	0,4355
$\pi_{17}$	L1621	Y76	63,00	6111	0,4646	$\pi_{34}$	L2921	Y147	63,90	6656	0,4130



Σχήμα 9.1.α) Η οριζοντιογραφία του δικτύου, Τμήμα Ι.



Σχήμα 9.1.β) Η οριζοντιογραφία του δικτύου, Τμήμα II.



Σχήμα 9.1.γ) Η οριζοντιογραφία του δικτύου, Τμήμα III.

Η τήρηση των περιορισμών της μη αρνητικότητας σημαίνει ότι η μέση κλίση κάθε κόμβου μιας πλήρους διαδρομής πρέπει να είναι μικρότερη από τη μέση κλίση του επόμενου κόμβου της διαδρομής αυτής. Η μέση κλίση κάθε διαδρομής μιας πλήρους διαδρομής πρέπει να είναι μικρότερη από τη μέση κλίση της απόμηνης διαδρομής σηλαδή να ισχύει  $S_{\mu_i} \leq S_{\mu_{i+1}}$ .

Εφόσον διαπιστωθεί ότι δεν ισχύει αυτή η συνθήκη για κάποιον κόμβο, δηλαδή  $S_{\mu_i} > S_{\mu_{i+1}}$  τότε ο κόμβος  $S_{\mu_i}$  θεωρείται ως πέρας και η διαδρομή A-μ<sub>i</sub> θεωρείται πλήρης. Το κατάντι δίκτυο επιλύεται θεωρουμένου του κόμβου *i* ως κεφαλή με πιεζομετρικό φορτίο το μέγιστο από τα α) το επιβαλόμενο από τις ανάντι συνθήκες και β) το ελάχιστο απαιτούμενο φορτίο του κόμβου.

Σημειώνεται δε ο κόμβος ώστε να τοποθετηθεί σε εκείνο το σημείο αεραεξαγωγός.

## 9.4. Κατάσρωση του συστήματος

Στη συνέχεια, παρατίθεται ο συγκεντρωτικός πίνακας ο οποίος περιλαμβάνει τις θεωρητικές τιμές των διαμέτρων των αγωγών, καθώς επίσης και τα κόστη των επιμέρους τμημάτων των αγωγών. Οι παρακάτω υπολογισμοί αντιστοιχούν στο βέλτιστο πιεζομετρικό φορτίο της δεξαμενής  $H_{\Delta} = 91,39$  m.

Το σύστημα που πρόκειται να επιλυθεί είναι :

$$\left[ \frac{\Phi_i}{\Delta H_i} \right]^{\omega} = \sum \left[ \frac{\Phi_{\pi_j}}{\Delta H_{\pi_j}} \right]^{\omega} \quad \text{όπου } i \text{ είναι τυχόν τροφοδοτών κλάδος και όπου το άθροισμα } \Sigma \text{ περιλαμβάνει όλους τους τροφοδοτούμενους κλάδους κατάντη του κόμβου } i.$$

και  $\Delta H_{\pi_j} = (H_A - H_{\pi_j}) - \Sigma \Delta H_i$  όπου *i* είναι τυχόν τροφοδοτών κλάδος και όπου το άθροισμα  $\Sigma$  νοείται κατά μήκος της πλήρους διαδρομής A - π<sub>j</sub>.

Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες 9.2 -9.17. Η συμπλήρωση του πίνακα γίνεται ως εξής;

- Στις στήλες 2 και 3 δίνεται το μήκος και η παροχή του κάθε αγωγού της πλήρους διαδρομής.
- Στη στήλη 4 δίνεται το ελάχιστο απαιτούμενο πιεζομετρικό φορτίο,  $H_i$ , του κάθε κόμβου.

- Στη στήλη 5 υπολογίζεται η μέση κλίση της διαδρομής από τη σχέση  $S_{\mu_j} = \frac{H_A - H_{\pi_j}}{\sum L_{\pi_j}}$ .

- Στη στήλη 6 υπολογίζονται οι κλίσεις  $S_m = \frac{H_A - H_m}{\sum_{i=AI} \Sigma L_i}$  όλων των διαδρομών της πλήρους

διαδρομής και ελέγχεται αν  $S_m > S_{\mu}$  για κάθε *m*, ώστε να είναι δυνατή η εξέταση του δικτύου ως ενιαίου.

- Στη στήλη 7 από τα δεδομένα του προβλήματος υπολογίζονται οι συντελεστές

$$z = \frac{v}{y.v+2+x}, \quad \omega = \frac{y.v+2+x}{2+x} \quad \text{και} \quad C_0 = \frac{1,6465}{f^{0,2}} \quad \text{και η συνάρτηση } \varphi_i = \left[ \frac{A}{C_0^v} \right]^{1/\omega} L_i Q_i^z \text{ η οποία}$$

ισχύει για κάθε αγωγό του δικτύου.

- Στη στήλη 8, θεωρώντας ότι όλοι οι αγωγοί της πλήρους διαδρομής έχουν τον ίδιο συντελεστή τριβών *f*, υπολογίζεται για κάθε αγωγό της πλήρους διαδρομής η ποσότητα :



$$w_i = \frac{\phi_i}{\sum \phi_i}. \text{ Είναι } 0 \leq w \leq 1 \text{ και } \sum_0^n w_i = 1.$$

• Στη στήλη 9 υπολογίζονται οι συνολικές διαθέσιμες απώλειες φορτίου κάθε αγωγού από τη σχέση  $\Delta h_i = w_i (H_\Delta - H_{\pi_j})$ .

• Στη στήλη 10 υπολογίζεται ο συντελεστής τριβών,  $f$ , του κάθε αγωγού, όπου από το συνδυασμό των εξισώσεων συνεχείας, Darcy – Weisbach και της εξίσωση των Colebrook – White (Θεοχάρης, 2005) προκύπτει:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,879 \cdot \log \left[ 0,602 \cdot \frac{K^{1,009} \cdot \Delta h^{0,2018}}{Q^{0,4036} \cdot L^{0,2018}} + \frac{2,287 \cdot \nu \cdot L^{0,2}}{Q^{0,6} \cdot \Delta h^{0,2}} \right]$$

λαμβάνοντας τιμές για την τραχύτητα για τους χαλύβδινους αγωγούς  $K = 0,00020$  m, για τους PVC  $K = 0,000075$  m, και για την κινηματική συνεκτικότητα (για νερό θερμοκρασίας  $10^0$ C)  $\nu = 1,31 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s.

• Στη στήλη 11 υπολογίζεται η ποσότητα  $\phi'_i = \phi_i \cdot f^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}$  για κάθε αγωγό της πλήρους διαδρομής.

• Στη στήλη 12 υπολογίζεται για κάθε αγωγό η νέα βελτιωμένη τιμή της ποσότητας  $w_i$  από τη σχέση:  $w_i = \frac{\phi'_i}{\sum \phi'_i}$ . Είναι  $0 \leq w \leq 1$  και  $\sum_0^n w_i = 1$ .

• Στη στήλη 13 υπολογίζονται οι βελτιωμένες απώλειες κάθε αγωγού από τη σχέση:  $\Delta h_i = w_i (H_\Delta - H_{\pi_j})$ .

• Στη στήλη 14 υπολογίζεται οι βελτιωμένες τιμές του συντελεστή τριβών,  $f_i$ , του κάθε αγωγού οι οποίες, αν ταυτίζονται με τις τιμές της στήλης 11, είναι και οι οριστικές. Σε αντίθετη περίπτωση επαναλαμβάνεται η διαδικασία των στηλών 13 έως 15.

• Στη στήλη 16 υπολογίζονται οι διάμετροι των αγωγών από τη σχέση:

$$D_i = 0,607329 \left[ \frac{f_i L_i Q_i^2}{\Delta h'_{f_i}} \right]^{1/5}$$

• Στη στήλη 15 από τη σχέση (2.18) του Mandry  $\delta = AD_{\text{εσστ.}}^{\nu}$  [€ / m] υπολογίζεται το κόστος των αγωγών καθώς και το συνολικό κόστος της πλήρους διαδρομής από τη σχέση. Η στήλη 15 προέκυψε βάσει της σχέσης η οποία σύμφωνα με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, έδωσε για τους χαλύβδινους αγωγούς  $A = 479,71$  και  $\nu = 1,5380$  απ' όπου προκύπτει  $\omega = 1,3076$  και για τους PVC  $A = 796,95$  και  $\nu = 1,8525$  απ' όπου προκύπτει  $\omega = 1,3705$ .

**Πίνακας 9.17. θ)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s25 - L2512.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L2511	315	18	61,50	2395,02	2,14	0,476	3,45	0,0208	840,61	0,469	3,40	0,0208	139	6.634,33
L2512	505	9	61,00	2639,54	0,88	0,524	3,80	0,0229	951,39	0,531	3,85	0,0230	115	8.312,16

**Πίνακας 9.17. ι)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s26- L2921.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
s281	130	90	64,0	2359,71	2,02	0,228	0,62	0,0161	773,13	0,223	0,61	0,0161	297	11.970,95
s282	60	72	10,8	965,32	29,38	0,093	0,25	0,0160	315,61	0,091	0,25	0,0160	278	4.430,53
s291	145	54	63,6	1996,80	0,90	0,193	0,53	0,0169	662,20	0,191	0,52	0,0169	257	10.707,12
s292	260	36	63,5	2875,62	0,53	0,278	0,76	0,0179	969,00	0,280	0,76	0,0179	231	15.423,83
s293	130	18	10,0	988,42	7,81	0,095	0,26	0,0184	335,68	0,097	0,26	0,0184	189	5.149,49
L2921	225	9	63,90	1176,03	0,29	0,11	0,31	0,0201	409,25	0,12	0,32	0,0202	157	5.890,34

**Πίνακας 9.17. ια)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s26- L2612.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L2611	285	36	62,00	3152,12	1,62	0,697	3,93	0,0193	1083,57	0,695	3,91	0,0193	172	9.064,29
L2612	180	18	61,00	1368,58	1,21	0,303	1,70	0,0201	475,70	0,305	1,72	0,0201	141	4.712,27

**Πίνακας 9.17. ιβ)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s28- L2812.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L2811	260	18	62,00	1976,84	1,45	0,454	2,17	0,0203	689,50	0,447	2,13	0,0203	146	6.806,61
L2812	455	9	61,00	2378,20	0,67	0,546	2,61	0,0225	852,51	0,553	2,64	0,0225	121	7.489,17



Πίνακας 9.17. στ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s22 - L2212.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>mi</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L2211	90	36	63,00	995,41	7,86	0,390	3,34	0,0191	341,67	0,383	3,29	0,0191	141	1.895,52
L2212	205	18	61,50	1558,66	2,91	0,610	5,23	0,0212	549,61	0,617	5,29	0,0212	117	3.374,24

Πίνακας 9.17. ζ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s23 - L2721.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>mi</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
s241	145	162	11,0	3616,63	40,00	0,177	0,53	0,0151	1164,16	0,175	0,52	0,0151	390	20.712,42
s251	65	144	11,0	1521,22	27,62	0,074	0,22	0,0149	487,69	0,073	0,22	0,0149	376	9.284,88
s261	75	135	63,8	1695,06	1,82	0,083	0,25	0,0150	544,68	0,082	0,24	0,0150	370	10.713,32
s262	185	126	63,6	4028,06	1,15	0,197	0,59	0,0155	1306,25	0,196	0,59	0,0155	364	26.426,20
s263	135	117	64,1	2823,95	0,81	0,138	0,41	0,0154	914,49	0,137	0,41	0,0154	356	19.283,98
s264	130	108	11,9	2604,18	7,77	0,127	0,38	0,0155	844,42	0,127	0,38	0,0155	348	14.939,47
s271	215	45	65,3	2682,83	0,39	0,131	0,39	0,0170	891,17	0,134	0,40	0,0170	273	15.876,08
s272	65	27	12,5	615,35	5,57	0,030	0,09	0,0169	204,14	0,031	0,09	0,0169	235	3.855,96
L2721	170	9	66,00	888,56	0,25	0,043	0,13	0,0193	305,73	0,046	0,14	0,0194	174	5.406,77

Πίνακας 9.17. η) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s24 - L2414.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>mi</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L2411	110	36	63,00	1216,61	4,97	0,161	1,24	0,0183	412,46	0,158	1,21	0,0183	178	4.357,26
L2412	260	27	61,00	2461,39	2,02	0,327	2,51	0,0195	849,00	0,324	2,49	0,0195	165	8.269,17
L2413	370	18	60,20	2813,19	1,12	0,373	2,86	0,0206	985,41	0,377	2,89	0,0207	148	9.686,33
L2414	200	9	60,80	1045,36	0,82	0,139	1,06	0,0213	369,46	0,141	1,08	0,0214	121	3.291,94



Πίνακας 9.17. β) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s20-L2022.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub> '	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	15
L2021	100	18	64,00	760,32	0,51	0,427	0,65	0,0192	261,12	0,421	0,64	0,0192	0,0192	152	2.617,93
L2022	195	9	63,00	1019,23	0,51	0,573	0,87	0,0211	359,26	0,579	0,88	0,0211	0,0211	126	4.106,97

Πίνακας 9.17. γ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s19-L1913.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub> '	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	15
L1911	180	36	64,50	1990,81	1,77	0,402	2,29	0,0188	679,72	0,398	2,27	0,0188	0,0188	174	5.724,81
L1912	100	27	64,00	946,69	1,32	0,191	1,09	0,0188	323,22	0,189	1,08	0,0188	0,0188	160	3.180,45
L1913	265	18	62,00	2014,85	1,04	0,407	2,31	0,0204	703,37	0,412	2,34	0,0204	0,0204	144	6.937,51

Πίνακας 9.17. δ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s18-L1814.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub> '	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	15
L1811	95	63	65,20	1421,96	7,98	0,199	2,14	0,0177	477,59	0,195	2,10	0,0177	0,0177	192	3.763,09
L1812	250	45	63,80	3119,57	2,60	0,436	4,70	0,0189	1067,25	0,436	4,70	0,0189	0,0189	176	7.951,13
L1813	180	27	63,00	1704,04	1,86	0,238	2,57	0,0195	587,79	0,240	2,59	0,0195	0,0195	152	4.712,27
L1814	120	18	62,00	912,39	1,67	0,127	1,37	0,0199	316,25	0,129	1,39	0,0199	0,0199	136	2.527,36

Πίνακας 9.17. ε) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s21-L2113.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub> '	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	15
L2111	170	45	65,00	2121,31	3,28	0,450	1,97	0,0182	718,16	0,446	1,95	0,0182	0,0182	193	6.733,95
L2112	170	27	65,50	1609,37	1,49	0,341	1,49	0,0190	551,45	0,342	1,50	0,0190	0,0190	167	5.406,77
L2113	130	18	66,20	988,42	0,93	0,209	0,92	0,0195	340,88	0,212	0,93	0,0195	0,0195	149	3.403,31



Πίνακας 9.17. στ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s22 - L2212.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φι	Μέση κλίση S <sub>m1</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L2211	90	36	63,00	995,41	7,86	0,390	3,34	0,0191	341,67	0,383	3,29	0,0191	141	1.895,52
L2212	205	18	61,50	1558,66	2,91	0,610	5,23	0,0212	549,61	0,617	5,29	0,0212	117	3.374,24

Πίνακας 9.17. ζ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s23 - L2721.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φι	Μέση κλίση S <sub>m1</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
s241	145	162	11,0	3616,63	40,00	0,177	0,53	0,0151	1164,16	0,175	0,52	0,0151	390	20.712,42
s251	65	144	11,0	1521,22	27,62	0,074	0,22	0,0149	487,69	0,073	0,22	0,0149	376	9.284,88
s261	75	135	63,8	1695,06	1,82	0,083	0,25	0,0150	544,68	0,082	0,24	0,0150	370	10.713,32
s262	185	126	63,6	4028,06	1,15	0,197	0,59	0,0155	1306,25	0,196	0,59	0,0155	364	26.426,20
s263	135	117	64,1	2823,95	0,81	0,138	0,41	0,0154	914,49	0,137	0,41	0,0154	356	19.283,98
s264	130	108	11,9	2604,18	7,77	0,127	0,38	0,0155	844,42	0,127	0,38	0,0155	348	14.939,47
s271	215	45	65,3	2682,83	0,39	0,131	0,39	0,0170	891,17	0,134	0,40	0,0170	273	15.876,08
s272	65	27	12,5	615,35	5,57	0,030	0,09	0,0169	204,14	0,031	0,09	0,0169	235	3.855,96
L2721	170	9	66,00	888,56	0,25	0,043	0,13	0,0193	305,73	0,046	0,14	0,0194	174	5.406,77

Πίνακας 9.17. η) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s24 - L2414.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φι	Μέση κλίση S <sub>m1</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L2411	110	36	63,00	1216,61	4,97	0,161	1,24	0,0183	412,46	0,158	1,21	0,0183	178	4.357,26
L2412	260	27	61,00	2461,39	2,02	0,327	2,51	0,0195	849,00	0,324	2,49	0,0195	165	8.269,17
L2413	370	18	60,20	2813,19	1,12	0,373	2,86	0,0206	985,41	0,377	2,89	0,0207	148	9.686,33
L2414	200	9	60,80	1045,36	0,82	0,139	1,06	0,0213	369,46	0,141	1,08	0,0214	121	3.291,94

Πίνακας 9.17. β) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s20-L2022.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Συντελεστής Διαμέτρου D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L2021	100	18	64,00	760,32	0,51	0,427	0,65	0,0192	261,12	0,421	0,64	0,0192	152	2.617,93
L2022	195	9	63,00	1019,23	0,51	0,573	0,87	0,0211	359,26	0,579	0,88	0,0211	126	4.106,97

Πίνακας 9.17. γ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s19-L1913.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Συντελεστής Διαμέτρου D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L1911	180	36	64,50	1990,81	1,77	0,402	2,29	0,0188	679,72	0,398	2,27	0,0188	174	5.724,81
L1912	100	27	64,00	946,69	1,32	0,191	1,09	0,0188	323,22	0,189	1,08	0,0188	160	3.180,45
L1913	265	18	62,00	2014,85	1,04	0,407	2,31	0,0204	703,37	0,412	2,34	0,0204	144	6.937,51

Πίνακας 9.17. δ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s18 -L1814.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Συντελεστής Διαμέτρου D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L1811	95	63	65,20	1421,96	7,98	0,199	2,14	0,0177	477,59	0,195	2,10	0,0177	192	3.763,09
L1812	250	45	63,80	3119,57	2,60	0,436	4,70	0,0189	1067,25	0,436	4,70	0,0189	176	7.951,13
L1813	180	27	63,00	1704,04	1,86	0,238	2,57	0,0195	587,79	0,240	2,59	0,0195	152	4.712,27
L1814	120	18	62,00	912,39	1,67	0,127	1,37	0,0199	316,25	0,129	1,39	0,0199	136	2.527,36

Πίνακας 9.17. ε) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s21 - L2113.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Συντελεστής Διαμέτρου D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L2111	170	45	65,00	2121,31	3,28	0,450	1,97	0,0182	718,16	0,446	1,95	0,0182	193	6.733,95
L2112	170	27	65,50	1609,37	1,49	0,341	1,49	0,0190	551,45	0,342	1,50	0,0190	167	5.406,77
L2113	130	18	66,20	988,42	0,93	0,209	0,92	0,0195	340,88	0,212	0,93	0,0195	149	3.403,31



**Πίνακας 9.15.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s16 -L1611 & L1621.

**Πίνακας 9.15. α)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s16 -L1611.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m1</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόκλιση φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόκλιση φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	15
L1611	230	9	65,00	1202,17	0,80	1,000	1,85	0,0219	428,07	1,000	1,85	0,0219	0,0219	113	3.785,74

**Πίνακας 9.15. β)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s16 -L1621.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m1</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόκλιση φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόκλιση φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	15
L1621	230	18	63,00	1748,74	1,67	1,000	3,85	0,0209	614,30	1,000	3,85	0,0209	0,0209	127	4.844,11

**Πίνακας 9.16.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s17 -L1722.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m1</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόκλιση φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόκλιση φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	15
L1721	110	36	66,00	1824,91	0,16	1,000	0,26	0,0171	607,15	1,000	0,26	0,0171	0,0171	259	8.122,65
Ανοδος πιεζομετρικής γραμμής.															
L1722	160	18	61,00	1216,52	3,13	1,000	5,00	0,0211	428,63	1,000	5,00	0,0211	0,0211	113	2.633,56

**Πίνακας 9.17.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s07 – τέλος.

**Πίνακας 9.17. α)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s18-L2011.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m1</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόκλιση φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόκλιση φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	15
s191	305	90	65,5	5536,25	2,39	0,350	3,60	0,0173	1849,34	0,346	3,56	0,0173	0,0173	251	22.521,88
s192	140	81	12,8	2400,51	13,48	0,152	1,56	0,0169	797,02	0,149	1,53	0,0169	0,0169	242	8.305,14
s201	275	45	65,5	3431,53	1,01	0,217	2,23	0,0183	1163,51	0,218	2,24	0,0183	0,0183	207	13.232,57
s202	130	36	12,0	1437,81	7,15	0,091	0,93	0,0181	485,73	0,091	0,93	0,0181	0,0181	193	5.149,49
L2011	395	18	62,50	3003,27	0,83	0,190	1,95	0,0203	1047,09	0,196	2,01	0,0203	0,0203	161	12.562,78

**Πίνακας 9.13. Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s13-L1422 & L1412.**

**Πίνακας 9.13. α) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s13-L1422.**

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm, [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
s141	200	63	10,0	2993,60	30,22	0,555	3,02	0,0179	1008,51	0,550	3,00	0,0179	208	9.623,68
L1421	90	36	64,00	995,41	2,22	0,184	1,01	0,0181	336,73	0,184	1,00	0,0181	177	3.565,03
L1422	185	18	65,00	1406,60	1,15	0,261	1,42	0,0199	487,80	0,266	1,45	0,0199	147	4.843,17

**Πίνακας 9.13. β) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s13-L1412.**

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm, [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L1411	95	27	63,50	899,35	3,11	0,350	0,93	0,0186	306,49	0,345	0,91	0,0186	163	3.021,43
L1412	220	18	63,80	1672,71	0,84	0,650	1,72	0,0201	581,60	0,655	1,74	0,0201	147	5.759,44

**Πίνακας 9.14. Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s15 -L1516.**

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm, [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L1511	170	54	61,50	2341,08	4,66	0,175	1,83	0,0178	787,62	0,172	1,80	0,0178	210	8.180,13
L1512	280	45	61,00	3493,92	1,87	0,261	2,72	0,0185	1187,52	0,260	2,71	0,0185	200	13.473,16
L1513	235	36	60,50	2599,12	1,30	0,194	2,03	0,0187	886,16	0,194	2,02	0,0187	188	9.308,69
L1514	215	27	60,00	2035,38	1,05	0,152	1,59	0,0191	698,00	0,153	1,59	0,0191	173	6.837,97
L1515	230	18	59,50	1748,74	0,88	0,131	1,36	0,0199	606,29	0,133	1,38	0,0199	155	6.021,23
L1516	220	9	59,00	1149,90	0,77	0,086	0,90	0,0212	405,59	0,089	0,93	0,0212	128	4.633,50

**Πίνακας 9.10.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s09 -L0912.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα $\phi_i$	Μέση κλίση $Sm_i$ [%]	Ποσότητα $w_i$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Ποσότητα $\phi_i'$	Ποσότητα $w_i'$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i'$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Διάμετρος $D_i$ [mm]	Κόστος $P_i$ [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L0911	250	27	70,50	2366,72	0,84	0,688	1,51	0,0191	811,26	0,683	1,50	0,0190	180	9.902,86
L0912	205	9	70,40	1071,50	0,48	0,312	0,69	0,0209	376,57	0,317	0,70	0,0209	133	4.317,58

**Πίνακας 9.11.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s10 -L1013.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα $\phi_i$	Μέση κλίση $Sm_i$ [%]	Ποσότητα $w_i$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Ποσότητα $\phi_i'$	Ποσότητα $w_i'$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i'$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Διάμετρος $D_i$ [mm]	Κόστος $P_i$ [€]
L1011	120	45	69,00	1497,40	3,9	0,328	1,76	0,0181	506,41	0,324	1,74	0,0181	184	4.753,37
L1012	140	36	68,50	1548,41	2,0	0,339	1,82	0,0186	527,25	0,337	1,81	0,0186	173	4.452,63
L1013	200	18	68,30	1520,64	1,16	0,333	1,78	0,0201	528,90	0,338	1,81	0,0201	143	5.235,86

**Πίνακας 9.12.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s011-L1211 & L1221.

**Πίνακας 9.12. α)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s011-L1211.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα $\phi_i$	Μέση κλίση $Sm_i$ [%]	Ποσότητα $w_i$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Ποσότητα $\phi_i'$	Ποσότητα $w_i'$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i'$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Διάμετρος $D_i$ [mm]	Κόστος $P_i$ [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
s121	170	45	14,8	2121,31	34,16	0,493	2,90	0,0185	721,50	0,488	2,87	0,0185	179	6.733,95
L1211	195	9	67,00	1019,23	1,61	0,237	1,39	0,0216	361,46	0,245	1,44	0,0216	114	3.209,65

**Πίνακας 9.12. β)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s012-L1222.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα $\phi_i$	Μέση κλίση $Sm_i$ [%]	Ποσότητα $w_i$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Ποσότητα $\phi_i'$	Ποσότητα $w_i'$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i'$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Διάμετρος $D_i$ [mm]	Κόστος $P_i$ [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L1221	105	36	67,00	1161,31	1,25	0,270	1,59	0,0185	394,91	0,267	1,57	0,0185	168	3.339,47
Ανοδος πιεζομετρικής γραμμής.														
L1222	210	18	66,20	1596,68	1,13	1,000	2,37	0,0204	557,37	1,000	2,37	0,0204	137	4.422,89

Πίνακας 9.8. Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s07 -L2314.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>mi</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
s181	130	351	70,0	4925,33	3,73	0,057	0,38	0,0139	1549,51	0,056	0,37	0,0139	547	26.994,13
s182	280	342	67,6	10460,45	1,77	0,121	0,80	0,0142	3313,43	0,120	0,80	0,0142	545	57.871,23
s183	320	333	12,7	11783,66	8,51	0,136	0,91	0,0143	3739,19	0,135	0,90	0,0143	542	65.594,49
s211	450	270	65,8	14794,41	0,77	0,171	1,14	0,0147	4730,91	0,171	1,14	0,0147	512	86.084,50
s212	170	261	65,0	5487,49	0,73	0,063	0,42	0,0143	1739,95	0,063	0,42	0,0143	504	31.952,50
s213	265	252	11,5	8393,26	3,92	0,097	0,65	0,0145	2673,67	0,097	0,64	0,0145	500	49.345,41
s221	105	234	64,0	3195,01	0,63	0,037	0,25	0,0142	1011,34	0,037	0,24	0,0142	488	18.965,93
s222	115	225	10,5	3425,87	3,51	0,040	0,26	0,0143	1085,99	0,039	0,26	0,0143	483	20.505,60
s231	255	207	62,8	7261,64	0,58	0,084	0,56	0,0147	2321,64	0,084	0,56	0,0147	473	44.397,94
s232	165	198	63,5	4587,12	0,50	0,053	0,35	0,0146	1462,07	0,053	0,35	0,0146	467	28.222,14
s233	80	189	10,9	2168,82	2,74	0,025	0,17	0,0143	687,95	0,025	0,17	0,0143	459	13.417,00
L2311	135	63	64,10	2020,68	0,44	0,023	0,16	0,0158	658,17	0,024	0,16	0,0158	338	15.514,07
L2312	260	54	65,00	3580,47	0,36	0,041	0,28	0,0164	1178,39	0,043	0,28	0,0164	325	29.878,94
L2313	235	36	67,00	2599,12	0,26	0,030	0,20	0,0169	862,25	0,031	0,21	0,0169	290	21.639,80
L2314	235	18	68,20	1786,76	0,21	0,021	0,14	0,0179	602,43	0,022	0,15	0,0180	239	13.940,77

Πίνακας 9.9. Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s08-L0922.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>mi</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
s091	70	72	70,8	1126,20	4,39	0,182	0,49	0,0164	370,74	0,178	0,48	0,0164	253	5.168,96
s092	125	63	18,0	1871,00	28,65	0,302	0,81	0,0169	620,97	0,298	0,80	0,0169	244	7.415,30
L0921	110	36	72,00	1216,61	0,6	0,197	0,53	0,0176	408,28	0,196	0,52	0,0176	209	5.293,03
L0922	260	18	71,20	1976,84	0,5	0,319	0,85	0,0195	681,52	0,327	0,87	0,0195	173	8.269,17



**Πίνακας 9.5.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s02 -L0212.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m1</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλλαια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλλαια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L0211	115	36	73,50	1271,91	5,61	0,411	2,52	0,0189	434,92	0,404	2,49	0,0189	156	3.010,62
L0212	240	18	73,80	1824,77	1,73	0,589	3,62	0,0208	640,55	0,596	3,66	0,0208	130	5.054,73

**Πίνακας 9.6.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s03 -L0312.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m1</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλλαια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλλαια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L0311	130	36	72,40	1437,81	4,41	0,431	2,55	0,0189	491,65	0,424	2,52	0,0189	160	4.134,59
L0312	250	18	72,20	1900,81	1,56	0,569	3,38	0,0207	666,68	0,576	3,41	0,0208	132	5.265,34

**Πίνακας 9.7.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής sA00-L0612 & L0622.

**Πίνακας 9.7.α)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής sA00-L0612.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m1</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλλαια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλλαια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
s061	140	90	69,6	2541,23	4,62	0,370	2,17	0,0170	844,45	0,365	2,14	0,0170	237	8.305,14
s062	75	72	16,8	1206,65	27,56	0,176	1,03	0,0169	400,58	0,173	1,02	0,0169	222	4.449,18
L0611	155	36	69,50	1714,31	1,77	0,250	1,46	0,0184	582,19	0,252	1,48	0,0184	183	6.139,77
L0612	185	18	70,20	1406,60	1,06	0,205	1,20	0,0197	486,78	0,210	1,23	0,0198	151	4.843,17

**Πίνακας 9.7.β)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s06 -L0622.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m1</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλλαια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλλαια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L0621	100	36	69,00	1106,01	3,91	0,434	2,22	0,0188	377,66	0,428	2,18	0,0188	156	2.617,93
L0622	190	18	67,80	1444,61	1,76	0,566	2,89	0,0206	505,51	0,572	2,92	0,0206	129	4.001,66



**Πίνακας 9.3.α)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s04 -L0524.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα $\phi_i$	Μέση κλίση $S_{m_i}$ [%]	Ποσότητα $w_i$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Ποσότητα $\phi_i'$	Ποσότητα $w_i'$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i'$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Διάμετρος $D_i$ [mm]	Κόστος $P_i$ [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
s041	115	99	24,5	2197,83	49,76	0,130	0,51	0,0159	716,83	0,129	0,51	0,0158	311	10.589,69
s051	120	90	77,0	2178,20	2,01	0,129	0,51	0,0160	712,12	0,128	0,50	0,0160	303	11.050,11
s052	235	90	79,0	4265,64	0,58	0,252	0,99	0,0164	1403,99	0,252	0,99	0,0164	304	21.639,80
s053	210	90	78,5	3811,84	0,47	0,226	0,89	0,0163	1253,12	0,225	0,88	0,0163	304	19.337,69
s054	85	81	25,2	1457,45	7,39	0,086	0,34	0,0159	476,07	0,086	0,34	0,0159	294	7.827,16
L0521	270	36	77,80	2986,22	0,38	0,177	0,69	0,0178	1005,25	0,181	0,71	0,0178	236	16.017,05
Ανοδος πιεζομετρικής γραμμής.														
L0522	180	27	76,50	1704,04	0,72	1,000	1,30	0,0189	582,90	1,000	1,30	0,0189	174	5.724,81
Ανοδος πιεζομετρικής γραμμής.														
L0523	200	18	75,00	1520,64	0,75	1,000	1,50	0,0199	527,75	1,000	1,50	0,0199	148	5.235,86
Ανοδος πιεζομετρικής γραμμής.														
L0524	240	9	73,00	1254,44	0,83	1,000	2,00	0,0220	447,19	1,000	2,00	0,0220	112	3.950,33

**Πίνακας 9.3.β)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s04 -L0412.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα $\phi_i$	Μέση κλίση $S_{m_i}$ [%]	Ποσότητα $w_i$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Ποσότητα $\phi_i'$	Ποσότητα $w_i'$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i'$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Διάμετρος $D_i$ [mm]	Κόστος $P_i$ [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L0411	105	27	76,20	994,02	4,78	0,326	1,87	0,0192	341,61	0,321	1,84	0,0192	146	2.748,82
L0412	270	18	75,50	2052,87	1,53	0,674	3,85	0,0209	721,32	0,679	3,88	0,0209	131	5.686,57

**Πίνακας 9.4.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s05 -L0515.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα $\phi_i$	Μέση κλίση $S_{m_i}$ [%]	Ποσότητα $w_i$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Ποσότητα $\phi_i'$	Ποσότητα $w_i'$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i'$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Διάμετρος $D_i$ [mm]	Κόστος $P_i$ [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L0511	75	45	77,80	935,87	0,94	0,308	0,46	0,0172	311,86	0,305	0,46	0,0172	216	3.608,88
L0512	190	36	77,00	2101,41	0,57	0,692	1,04	0,0181	710,73	0,695	1,05	0,0181	204	9.142,50
Ανοδος πιεζομετρικής γραμμής.														
L0513	220	27	74,20	2082,71	1,27	0,433	2,12	0,0193	716,80	0,429	2,10	0,0193	165	6.996,99
L0514	200	18	73,50	1520,64	0,83	0,316	1,55	0,0200	527,97	0,316	1,55	0,0200	147	5.235,86
L0515	230	9	72,10	1202,17	0,75	0,250	1,23	0,0215	425,78	0,255	1,25	0,0215	122	3.785,74

Πίνακας 9.2. Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής sΔ00 -L1712 (ελάχιστη μέση κλίση).

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλαση φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλαση φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
s(Δ)00	1		91,39											
s011	1350	729	82,00	72666,57	0,70	0,325	8,25	0,0162	27553,16	0,345	8,77	0,0162	643	340.684,18
s012	140	729	23,0	7535,79	4,59	0,034	0,86	0,0155	2828,93	0,035	0,90	0,0156	639	35.048,87
s021	170	657	75,0	8713,69	0,99	0,039	0,99	0,0157	3278,66	0,041	1,04	0,0157	620	41.024,66
s022	120	657	20,8	6150,84	3,96	0,028	0,70	0,0156	2311,88	0,029	0,74	0,0156	619	28.933,88
s031	150	639	73,2	7588,71	0,94	0,034	0,86	0,0157	2855,53	0,036	0,91	0,0157	614	35.828,82
s032	150	639	20,0	7588,71	3,43	0,034	0,86	0,0157	2855,53	0,036	0,91	0,0157	614	35.828,82
s(A)001	90	621	72,5	4492,43	0,87	0,020	0,51	0,0156	1688,74	0,021	0,54	0,0157	609	21.253,57
s(A)002	255	621	17,0	12728,55	3,07	0,057	1,44	0,0158	4800,61	0,060	1,53	0,0159	610	60.377,83
s071	125	576	70,6	6023	0,81	0,027	0,68	0,0158	2268,78	0,028	0,72	0,0158	596	28.756,00
s072	85	576	17,8	4095	2,79	0,018	0,46	0,0157	1541,10	0,019	0,49	0,0157	595	19.537,13
s081	160	270	70,5	5260,23	0,75	0,024	0,60	0,0144	1672,84	0,021	0,53	0,0144	482	28.476,67
s082	135	270	17,2	4438,32	2,53	0,020	0,50	0,0144	1409,53	0,018	0,45	0,0143	482	24.005,39
s101	70	234	17,0	2130,01	2,5	0,010	0,24	0,0143	675,06	0,008	0,21	0,0142	461	15.327,57
s111	30	216	69,8	874,20	0,71	0,004	0,10	0,0141	276,06	0,003	0,09	0,0140	450	4.911,02
s112	205	207	68,3	5837,79	0,71	0,026	0,66	0,0148	1870,44	0,023	0,60	0,0148	448	33.376,37
s113	35	207	15,2	996,70	2,33	0,004	0,11	0,0142	315,25	0,004	0,10	0,0141	445	5.649,91
s131	200	180	67,0	5280,88	0,70	0,024	0,60	0,0150	1696,45	0,021	0,54	0,0149	431	34.736,71
s132	280	180	66,9	7393,23	0,65	0,033	0,84	0,0152	2382,78	0,030	0,76	0,0151	431	48.631,40
s133	415	180	12,0	10957,83	1,91	0,049	1,24	0,0154	3546,29	0,044	1,13	0,0153	432	72.078,68
s151	105	144	64,0	2457,36	0,64	0,011	0,28	0,0149	788,54	0,010	0,25	0,0149	403	18.236,77
s152	220	144	63,0	5148,75	0,63	0,023	0,58	0,0153	1663,18	0,021	0,53	0,0152	405	38.210,38
s153	105	135	9,0	2373,09	1,79	0,011	0,27	0,0150	762,47	0,010	0,24	0,0149	396	14.998,65
s161	235	108	62,5	4707,55	0,60	0,021	0,53	0,0157	1530,97	0,019	0,49	0,0156	373	33.568,41
s162	405	108	62,0	8113,02	0,56	0,036	0,92	0,0160	2654,43	0,033	0,84	0,0160	375	57.851,94
s163	305	99	61,8	5829,02	0,53	0,026	0,66	0,0160	1904,62	0,024	0,61	0,0159	365	43.567,51
s164	180	90	63,5	3267,29	0,49	0,015	0,37	0,0158	1063,81	0,013	0,34	0,0157	354	25.711,98
s165	160	90	11,0	2904,26	1,37	0,013	0,33	0,0157	944,51	0,012	0,30	0,0156	354	22.855,09
s171	110	90	63,0	1996,68	0,47	0,009	0,23	0,0155	647,09	0,008	0,21	0,0154	353	15.712,87
s172	230	72	9,0	3700,38	1,32	0,017	0,42	0,0162	1213,77	0,015	0,39	0,0161	333	26.431,37
L1711	100	36	61,00	1106,01	0,48	0,005	0,13	0,0166	365,11	0,005	0,12	0,0165	273	7.384,22
L1712	165	18	66,00	1254,53	0,39	0,006	0,14	0,0179	423,02	0,005	0,13	0,0179	226	9.788,20

Πίνακας 9.17. ιγ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s29- L2911.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
L2911	200	9	62,50	1045,36	0,70	1,00	1,40	0,0216	370,78	1,00	1,40	0,0216	116	3.291,94

Πίνακας 9.17. ιδ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s27- L2721.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή Q [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
L2711	310	18	65,60	2357,00	0,17	0,698	0,24	0,0184	800,19	0,696	0,23	0,0184	230	18.389,95
L2712	195	9	65,80	1019,23	0,07	0,302	0,10	0,0191	349,72	0,304	0,10	0,0191	189	7.724,23

Σύνολο 2.509.134,71 €

## 9.5. Επιλογή των οικονομικών διαμέτρων του δικτύου

Από τις θεωρητικές τιμές των διαμέτρων του δικτύου, που υπολογίστηκαν παραπάνω, επιλέγονται οι διάμετροι του εμπορίου με κριτήριο την οικονομικότητα του έργου και την πλήρη αξιοποίηση του διαθέσιμου πιεζομετρικού φορτίου κάθε κόμβου. Έτσι, προέκυψαν τα αποτελέσματα του επόμενου πίνακα 9.5. Στον πίνακα υπολογίζονται επίσης η ταχύτητα ροής, οι συνολικές απώλειες τριβών, τα επιβαλλόμενα πιεζομετρικά φορτία καθώς και το ύψος πίεσης στους κόμβους του δικτύου.

Πίνακας 9.3. Τελικά αποτελέσματα της βέλτιστης λύσης

Αγωγός	Μήκος	Παροχή	Κόστος αγωγών (εξίσωση)	Διάμετρος εκλεγόμενη		Ταχύτητα Ροής	Συντελεστής τριβών	Συνολικές απώλειες	Πιεζομετρικό φορτίο		Υψόμετρο εδάφους	Ύψος πίεσης	Κόστος εργασιών
				Εσωτ.	Εξωτ.				Επιβαλλόμενο	Απαιτούμενο			
	$L_i$	$Q_i$	$\delta_i$	$D_{i\text{εσωτ.}}$	$D_{i\text{εξωτ.}}$	$V_i$	$F$	$1,1 \cdot \Delta h_i$	$h_i$	$H_i$	$z_i$	$\rho/\gamma$	$P_{i\text{εξ.}}$
A/A	[m]	[m <sup>3</sup> /s]	[€/m]	[mm]	[mm]	[m/s]		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
s(Δ)00									91,39	91,39			
s011	1350	729	277,17	700,0	700,0	1,890	0,015	5,96	85,43	82,00	24,0	61,4	369.630,00
s012	140	729	277,17	700,0	700,0	1,890	0,015	0,62	84,82	23,0	18,0	66,8	38.332,00
s021	170	657	277,17	700,0	700,0	1,710	0,015	0,62	84,20	75,0	17,0	67,2	46.546,00
s022	120	657	277,17	700,0	700,0	1,710	0,015	0,44	83,76	20,8	15,8	68,0	32.856,00
L0211	115	36	26,36	158,8	180,0	1,820	0,018	2,45	81,31	73,50	15,5	65,8	3.011,00
L0212	240	18	21,21	141,2	160,0	1,150	0,020	2,46	78,85	73,80	15,8	63,1	4.930,00
s031	150	639	277,17	700,0	700,0	1,660	0,016	0,51	83,25	73,2	15,2	68,1	41.070,00
s032	150	639	277,17	700,0	700,0	1,660	0,016	0,51	82,74	20,0	15,0	67,7	41.070,00
L0311	130	36	32,03	176,4	200,0	1,470	0,018	1,62	81,12	72,40	14,4	66,7	4.134,00
L0312	250	18	21,21	141,2	160,0	1,150	0,020	2,56	78,56	72,20	14,2	64,4	5.135,00
s(A)001	90	621	277,17	700,0	700,0	1,610	0,016	0,29	82,45	72,5	14,5	68,0	24.642,00
s(A)002	255	621	277,17	700,0	700,0	1,610	0,016	0,82	81,63	17,0	12,0	69,6	69.819,00
s041	115	99	92,78	313,2	355,0	1,280	0,016	0,55	84,27	24,5	19,5	64,8	10.589,00
L0411	105	27	26,36	158,8	180,0	1,360	0,019	1,28	82,99	76,20	18,2	64,8	2.749,00
L0412	270	18	21,21	141,2	160,0	1,150	0,020	2,77	80,22	75,50	17,5	62,7	5.546,00
s051	120	90	92,78	313,2	355,0	1,170	0,016	0,48	83,79	77,0	19,0	64,8	11.050,00
s052	235	90	92,78	313,2	355,0	1,170	0,016	0,94	82,85	79,0	21,0	61,9	21.639,00
s053	210	90	92,78	313,2	355,0	1,170	0,016	0,84	82,00	78,5	20,5	61,5	19.337,00
s054	85	81	92,78	313,2	355,0	1,050	0,017	0,28	81,73	25,2	20,2	61,5	7.827,00
L0511	75	45	48,47	220,6	250,0	1,180	0,018	0,47	81,26	77,80	19,8	61,5	4.402,00
L0512	190	36	48,47	220,6	250,0	0,940	0,018	0,77	80,49	77,00	19,0	61,5	11.151,00
L0513	220	27	32,03	176,4	200,0	1,100	0,019	1,58	78,91	74,20	16,2	62,7	6.996,00
L0514	200	18	26,36	158,8	180,0	0,910	0,020	1,14	77,77	73,50	15,5	62,3	5.236,00
L0515	230	9	16,57	123,6	140,0	0,750	0,021	1,24	76,53	72,10	14,1	62,4	3.754,00
L0521	270	36	59,76	247,0	280,0	0,750	0,018	0,62	81,10	77,80	19,8	61,3	16.016,00
L0522	180	27	32,03	176,4	200,0	1,100	0,019	1,29	79,81	76,50	18,5	61,3	5.724,00
L0523	200	18	26,36	158,8	180,0	0,910	0,020	1,14	78,67	75,00	17,0	61,7	5.236,00
L0524	240	9	16,57	123,6	140,0	0,750	0,021	1,30	77,38	73,00	15,0	62,4	3.917,00

s061	140	90	59,76	247,0	280,0	1,880	0,016	1,85	79,77	69,6	11,6	68,2	8.305,00
s062	75	72	59,76	247,0	280,0	1,500	0,017	0,64	79,13	16,8	11,8	67,3	4.449,00
L0611	155	36	39,90	198,6	225,0	1,160	0,018	1,06	78,07	69,50	11,5	66,6	5.958,00
L0612	185	18	26,36	158,8	180,0	0,910	0,020	1,06	77,01	70,20	12,2	64,8	4.843,00
L0621	100	36	26,36	158,8	180,0	1,820	0,018	2,13	77,00	69,00	11,0	66,0	2.618,00
L0622	190	18	21,21	141,2	160,0	1,150	0,020	1,95	75,05	67,80	9,8	65,3	3.903,00
s071	125	576	218,66	600,0	600,0	2,040	0,016	0,77	80,85	70,6	12,6	68,3	27.733,00
s072	85	576	218,66	600,0	600,0	2,040	0,016	0,53	80,33	17,8	12,8	67,5	18.858,00
s081	160	270	165,19	500,0	500,0	1,380	0,017	0,57	79,75	70,5	12,5	67,3	27.656,00
s082	135	270	165,19	500,0	500,0	1,380	0,017	0,48	79,27	17,2	12,2	67,1	23.335,00
s091	70	72	74,39	278,0	315,0	1,190	0,017	0,33	78,93	70,8	12,8	66,1	5.115,00
s092	125	63	59,76	247,0	280,0	1,310	0,017	0,83	78,11	18,0	13,0	65,1	7.415,00
L0911	250	27	39,90	198,6	225,0	0,870	0,019	1,00	77,11	70,50	12,5	64,6	9.610,00
L0912	205	9	21,21	141,2	160,0	0,570	0,021	0,56	76,55	70,40	12,4	64,2	4.211,00
L0921	110	36	48,47	220,6	250,0	0,940	0,018	0,45	77,66	72,00	14,0	63,7	6.456,00
L0922	260	18	32,03	176,4	200,0	0,740	0,020	0,88	76,78	76,20	18,2	58,6	8.268,00
s101	70	234	165,19	500,0	500,0	1,190	0,017	0,19	79,08	17,0	12,0	67,1	12.100,00
L1011	120	45	39,90	198,6	225,0	1,450	0,018	1,26	77,82	69,00	11,0	66,8	4.613,00
L1012	140	36	32,03	176,4	200,0	1,470	0,018	1,74	76,08	68,50	10,5	65,6	4.452,00
L1013	200	18	26,36	158,8	180,0	0,910	0,020	1,14	74,94	68,30	10,3	64,6	5.236,00
s111	30	216	165,19	500,0	500,0	1,100	0,017	0,07	79,01	69,8	11,8	67,2	5.186,00
s112	205	207	165,19	500,0	500,0	1,050	0,017	0,43	78,58	68,3	10,3	68,3	35.434,00
s113	35	207	165,19	500,0	500,0	1,050	0,017	0,07	78,51	15,2	10,2	68,3	6.050,00
s121	170	45	39,90	198,6	225,0	1,450	0,018	1,78	76,72	14,8	9,8	66,9	6.535,00
L1211	195	9	16,57	123,6	140,0	0,750	0,021	1,05	75,67	67,00	9,0	66,7	3.182,00
L1221	105	36	32,03	176,4	200,0	1,470	0,018	1,31	75,42	67,00	9,0	66,4	3.339,00
L1222	210	18	21,21	141,2	160,0	1,150	0,020	2,15	73,26	66,20	8,2	65,1	4.313,00
s131	200	180	175,03	441,2	500,0	1,180	0,015	0,54	77,97	67,0	9,0	69,0	34.570,00
s132	280	180	175,03	441,2	500,0	1,180	0,015	0,75	77,21	66,9	8,9	68,3	48.398,00
s133	415	180	175,03	441,2	500,0	1,180	0,015	1,12	76,10	12,0	7,0	69,1	71.733,00
s141	200	63	48,47	220,6	250,0	1,650	0,017	2,36	73,73	10,0	5,0	68,7	11.738,00
L1411	95	27	32,03	176,4	200,0	1,100	0,019	0,68	73,05	63,50	5,5	67,6	3.021,00
L1412	220	18	26,36	158,8	180,0	0,910	0,020	1,25	71,80	63,80	5,8	66,0	5.760,00
L1421	90	36	39,90	198,6	225,0	1,160	0,018	0,62	73,12	64,00	6,0	67,1	3.460,00
L1422	185	18	26,36	158,8	180,0	0,910	0,020	1,06	72,06	65,00	7,0	65,1	4.843,00
s151	105	144	175,03	441,2	500,0	0,940	0,016	0,18	75,91	64,0	6,0	69,9	18.149,00
s152	220	144	175,03	441,2	500,0	0,940	0,016	0,38	75,53	63,0	5,0	70,5	38.027,00
s153	105	135	143,94	397,0	450,0	1,090	0,016	0,28	75,25	9,0	4,0	71,3	14.852,00
L1511	170	54	48,47	220,6	250,0	1,410	0,017	1,49	73,76	61,50	3,5	70,3	9.977,00
L1512	280	45,0	48,47	220,6	250,0	1,180	0,018	1,75	72,02	61,00	3,0	69,0	16.433,00
L1513	235	36	39,90	198,6	225,0	1,160	0,018	1,61	70,41	60,50	2,5	67,9	9.033,00
L1514	215	27	32,03	176,4	200,0	1,100	0,019	1,54	68,87	60,00	2,0	66,9	6.837,00
L1515	230	18	26,36	158,8	180,0	0,910	0,020	1,31	67,55	59,50	1,5	66,1	6.021,00
L1516	220	9	21,21	141,2	160,0	0,570	0,021	0,60	66,95	59,00	1,0	66,0	4.519,00
s161	235	108	143,94	397,0	450,0	0,870	0,016	0,40	74,85	62,5	4,5	70,4	33.241,00
s162	405	108	143,94	397,0	450,0	0,870	0,016	0,70	74,15	62,0	4,0	70,2	57.287,00
s163	305	99	143,94	397,0	450,0	0,800	0,016	0,45	73,70	61,8	3,8	69,9	43.142,00
s164	180	90	143,94	397,0	450,0	0,730	0,016	0,22	73,48	63,5	5,5	68,0	25.461,00
s165	160	90	143,94	397,0	450,0	0,730	0,016	0,20	73,28	11,0	6,0	67,3	22.632,00
L1611	230	9	16,57	123,6	140,0	0,750	0,021	1,24	72,04	65,00	7,0	65,0	3.754,00

L1621	230	18	21,21	141,2	160,0	1,150	0,020	2,36	70,93	63,00	5,0	65,9	4.724,00
s171	110	90	143,94	397,0	450,0	0,730	0,016	0,14	73,15	63,0	5,0	68,2	15.560,00
s172	230	72	115,79	353,0	400,0	0,740	0,017	0,34	72,81	9,0	4,0	68,8	26.324,00
L1711	100	36	74,39	278,0	315,0	0,590	0,018	0,13	72,68	61,00	3,0	69,7	7.307,00
L1712	165	18	59,76	247,0	280,0	0,380	0,020	0,11	72,58	66,00	8,0	64,6	9.788,00
L1721	110	36	74,39	278,0	315,0	0,590	0,018	0,14	72,67	66,00	8,0	64,7	8.038,00
L1722	160	18	16,57	123,6	140,0	1,500	0,020	3,20	69,47	61,00	3,0	66,5	2.611,00
s181	130	351	218,66	600,0	600,0	1,240	0,016	0,30	80,02	70,0	12,0	68,0	28.842,00
s182	280	342	218,66	600,0	600,0	1,210	0,016	0,62	79,40	67,6	9,6	69,8	62.121,00
s183	320	333	218,66	600,0	600,0	1,180	0,016	0,68	78,72	12,7	7,7	71,0	70.995,00
L1811	95	63	39,90	198,6	225,0	2,030	0,017	1,90	76,82	65,20	7,2	69,6	3.652,00
L1812	250	45	32,03	176,4	200,0	1,840	0,018	4,78	72,04	63,80	5,8	66,2	7.950,00
L1813	180	27	26,36	158,8	180,0	1,360	0,019	2,20	69,85	63,00	5,0	64,9	4.712,00
L1814	120	18	21,21	141,2	160,0	1,150	0,020	1,23	68,62	62,00	4,0	64,6	2.465,00
s191	305	90	74,39	278,0	315,0	1,480	0,016	2,21	76,51	65,5	7,5	69,0	22.286,00
s192	140	81	59,76	247,0	280,0	1,690	0,017	1,51	75,01	12,8	7,8	67,2	8.305,00
L1911	180	36	32,03	176,4	200,0	1,470	0,018	2,24	72,77	64,50	6,5	66,3	5.724,00
L1912	100	27	32,03	176,4	200,0	1,100	0,019	0,72	72,05	64,00	6,0	66,1	3.180,00
L1913	265	18	26,36	158,8	180,0	0,910	0,020	1,51	70,54	62,00	4,0	66,5	6.938,00
s201	275	45	48,47	220,6	250,0	1,180	0,018	1,71	73,29	65,5	7,5	65,8	16.140,00
s202	130	36	39,90	198,6	225,0	1,160	0,018	0,89	72,40	12,0	7,0	65,4	4.997,00
L2011	395	18	32,03	176,4	200,0	0,740	0,020	1,34	71,06	62,50	4,5	66,6	12.561,00
L2021	100	18	26,36	158,8	180,0	0,910	0,020	0,57	71,83	64,00	6,0	65,8	2.618,00
L2022	195	9	21,21	141,2	160,0	0,570	0,021	0,54	71,29	63,00	5,0	66,3	4.005,00
s211	450	270	218,66	600,0	600,0	0,950	0,016	0,63	78,10	65,8	7,8	70,3	99.837,00
s212	170	261	218,66	600,0	600,0	0,920	0,017	0,22	77,88	65,0	7,0	70,9	37.716,00
s213	265	252	218,66	600,0	600,0	0,890	0,017	0,32	77,55	11,5	6,5	71,1	58.793,00
L2111	170	45	39,90	198,6	225,0	1,450	0,018	1,78	75,77	65,00	7,0	68,8	6.535,00
L2112	170	27	32,03	176,4	200,0	1,100	0,019	1,22	74,55	65,50	7,5	67,1	5.406,00
L2113	130	18	26,36	158,8	180,0	0,910	0,020	0,74	73,81	66,20	8,2	65,6	3.403,00
s221	105	234	165,19	500,0	500,0	1,190	0,017	0,28	77,27	64,0	6,0	71,3	18.149,00
s222	115	225	165,19	500,0	500,0	1,150	0,017	0,29	76,98	10,5	5,5	71,5	19.878,00
L2211	90	36	21,21	141,2	160,0	2,300	0,018	3,48	73,50	63,00	5,0	68,5	1.849,00
L2212	205	18	16,57	123,6	140,0	1,500	0,020	4,10	69,40	61,50	3,5	65,9	3.346,00
s231	255	207	165,19	500,0	500,0	1,050	0,017	0,54	76,44	62,8	4,8	71,6	44.077,00
s232	165	198	165,19	500,0	500,0	1,010	0,017	0,32	76,12	63,5	5,5	70,6	28.520,00
s233	80	189	165,19	500,0	500,0	0,960	0,017	0,14	75,98	10,9	5,9	70,1	13.828,00
L2311	135	63	115,79	353,0	400,0	0,640	0,017	0,15	75,83	64,10	6,1	69,7	15.451,00
L2312	260	54	115,79	353,0	400,0	0,550	0,017	0,22	75,61	65,00	7,0	68,6	29.757,00
L2313	235	36	92,78	313,2	355,0	0,470	0,018	0,17	75,44	67,00	9,0	66,4	21.639,00
L2314	235	18	59,76	247,0	280,0	0,380	0,020	0,15	75,29	68,20	10,2	65,1	13.940,00
s241	145	162	143,94	397,0	450,0	1,310	0,015	0,54	75,44	11,0	6,0	69,4	20.510,00
L2411	110	36	39,90	198,6	225,0	1,160	0,018	0,75	74,68	63,00	5,0	69,7	4.228,00
L2412	260	27	32,03	176,4	200,0	1,100	0,019	1,86	72,82	61,00	3,0	69,8	8.268,00
L2413	370	18	26,36	158,8	180,0	0,910	0,020	2,11	70,71	60,20	2,2	68,5	9.687,00
L2414	200	9	16,57	123,6	140,0	0,750	0,021	1,08	69,63	60,80	2,8	66,8	3.264,00
s251	65	144	143,94	397,0	450,0	1,160	0,016	0,19	75,25	11,0	6,0	69,3	9.194,00
L2511	315	18	21,21	141,2	160,0	1,150	0,020	3,23	72,02	61,50	3,5	68,5	6.470,00
L2512	505	9	16,57	123,6	140,0	0,750	0,021	2,73	69,29	61,00	3,0	66,3	8.242,00
s261	75	135	143,94	397,0	450,0	1,090	0,016	0,20	75,05	63,8	5,8	69,3	10.609,00

s262	185	126	143,94	397,0	450,0	1,020	0,016	0,43	74,62	63,6	5,6	69,0	26.168,00
s263	135	117	143,94	397,0	450,0	0,950	0,016	0,27	74,35	64,1	6,1	68,3	19.096,00
s264	130	108	115,79	353,0	400,0	1,100	0,016	0,40	73,94	11,9	6,9	67,0	14.879,00
L2611	285	36	32,03	176,4	200,0	1,470	0,018	3,55	70,40	62,00	4,0	66,4	9.063,00
L2612	180	18	26,36	158,8	180,0	0,910	0,020	1,03	69,37	61,00	3,0	66,4	4.712,00
s271	215	45	74,39	278,0	315,0	0,740	0,018	0,42	73,53	65,3	7,3	66,2	15.710,00
s272	65	27	59,76	247,0	280,0	0,560	0,019	0,09	73,44	12,5	7,5	65,9	3.856,00
L2711	310	18	59,76	247,0	280,0	0,380	0,020	0,20	73,23	65,60	7,6	65,6	18.389,00
L2712	195	9	39,90	198,6	225,0	0,290	0,022	0,10	73,13	65,80	7,8	65,3	7.496,00
L2721	170	9	32,03	176,4	200,0	0,370	0,022	0,16	73,28	66,00	8,0	65,3	5.406,00
s281	130	90	92,78	313,2	355,0	1,170	0,016	0,52	73,42	64,0	6,0	67,4	11.970,00
s282	60	72	74,39	278,0	315,0	1,190	0,017	0,29	73,14	10,8	5,8	67,3	4.384,00
L2811	260	18	26,36	158,8	180,0	0,910	0,020	1,48	71,65	62,00	4,0	67,7	6.807,00
L2812	455	9	16,57	123,6	140,0	0,750	0,021	2,46	69,19	61,00	3,0	66,2	7.426,00
s291	145	54	74,39	278,0	315,0	0,890	0,017	0,40	72,74	63,6	5,6	67,1	10.595,00
s292	260	36	59,76	247,0	280,0	0,750	0,018	0,60	72,14	63,5	5,5	66,6	15.423,00
s293	130	18	39,90	198,6	225,0	0,580	0,020	0,24	71,89	10,0	5,0	66,9	4.997,00
L2911	200	9	16,57	123,6	140,0	0,750	0,021	1,08	70,81	62,50	4,5	66,3	3.264,00
L2921	225	9	26,36	158,8	180,0	0,450	0,022	0,35	71,55	63,90	5,9	65,7	5.891,00

Συνολικό Κόστος δικτύου  $P_{\Delta} = 2.614.376,00 \text{ €}$

## 9.6. Τροποποίηση της λύσης

Από τον πίνακα 9.3. διαπιστώνεται ότι, με τις διαμέτρους που επιλέχθηκαν, προκύπτει σε πολλούς κόμβους διαθέσιμο φορτίο πίεσης αρκετά μεγαλύτερο από τα απαιτούμενα 58 m. Με στόχο την οικονομικότητα του δικτύου τροποποιούνται οι επιλεγείσες διαμέτροι των αγωγών ως εξής:

Πίνακας 9.4. Τελικά αποτελέσματα της τροποποιημένης λύσης

Αγωγός	Μήκος	Παροχή	Κόστος αγωγών (εξίσωση)	Διάμετρος εκλεγόμενη		Ταχύτητα Ροής	Συντελεστής τριβών	Συνολικές απώλειες	Πιεζομετρικό φορτίο		Υψόμετρο εδάφους	Ύψος πίεσης	Κόστος αγωγού
				Εσωτ.	Εξωτ.				Επιβαλλόμενο	Απαιτούμενο			
A/A	$L_i$	$Q_i$	$\delta_i$	$D_{i \text{ εσωτ.}}$	$D_{i \text{ εξωτ.}}$	$V_i$	F	$1,1 \cdot \Delta h_i$	$h_i$	$H_i$	$z_i$	$p/\gamma$	$P_{i \text{ ετ}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
s( $\Delta$ )00									91,39	91,39			
s011	729	273,8	1350	700	700	1,89	0,015	5,96	85,43	82	24	61,4	369.630,00
s012	729	273,8	140	700	700	1,89	0,015	0,62	84,82	23	18	66,8	38.332,00
s021	657	273,8	170	700	700	1,71	0,015	0,62	84,2	75	17	67,2	46.546,00
s022	657	273,8	120	700	700	1,71	0,015	0,44	83,76	20,8	15,8	68	32.856,00
L0211	36	26,18	115	158,8	180	1,82	0,018	2,45	81,31	73,5	15,5	65,8	3.010,70
L0212	18	16,32	240	123,6	140	1,50	0,02	4,8	76,51	73,8	15,8	60,7	3.916,80
s031	639	273,8	150	700	700	1,66	0,016	0,51	83,25	73,2	15,2	68,1	41.070,00
s032	639	273,8	150	700	700	1,66	0,016	0,51	82,74	20	15	67,7	41.070,00



L0311	36	26,18	130	158,8	180	1,82	0,018	2,77	79,97	72,4	14,4	65,6	3.403,40
L0312	18	16,32	250	123,6	140	1,50	0,02	5	74,96	72,2	14,2	60,8	4.080,00
s(A)001	621	273,8	90	700	700	1,61	0,016	0,29	82,45	72,5	14,5	68	24.642,00
s(A)002	621	273,8	255	700	700	1,61	0,016	0,82	81,63	17	12	69,6	69.819,00
s041	99	92,08	115	313,2	355	1,28	0,016	0,55	84,27	24,5	19,5	64,8	10.589,20
L0411	27	20,54	105	141,2	160	1,72	0,019	2,32	81,95	76,2	18,2	63,8	2.156,70
L0412	18	16,32	270	123,6	140	1,50	0,02	5,4	76,55	75,5	17,5	59,1	4.406,40
s051	90	73,07	120	278	315	1,48	0,016	0,87	83,4	77	19	64,4	8.768,40
s052	90	73,07	235	278	315	1,48	0,016	1,7	81,7	79	21	60,7	17.171,45
s053	90	73,07	210	278	315	1,48	0,016	1,52	80,18	78,5	20,5	59,7	15.344,70
s054	81	73,07	85	278	315	1,33	0,017	0,5	79,67	25,2	20,2	59,5	6.210,95
L0511	45	58,69	75	220,6	250	1,18	0,018	0,47	79,21	77,8	19,8	59,4	4.401,75
L0512	36	38,44	190	198,6	225	1,16	0,018	1,3	77,9	77	19	58,9	7.303,60
L0513	27	26,18	220	158,8	180	1,36	0,019	2,68	75,22	74,2	16,2	59	5.759,60
L0514	18	26,18	73	158,8	180	0,91	0,02	1,72	73,5	73,5	15,5	58	1.911,14
		20,54	127	141,2	160	1,15	0,02						2.608,58
L0515	9	16,32	192	123,6	140	0,75	0,021	1,4	72,1	72,1	14,1	58	3.133,44
		13,31	38	110,2	125	0,94	0,021						505,78
L0521	36	58,69	270	220,6	250	0,94	0,018	1,09	78,58	77,8	19,8	58,8	15.846,30
L0522	27	31,8	165	176,4	200	1,10	0,019	1,52	77,06	76,5	18,5	58,6	5.247,00
		20,54	15	141,2	160	1,72	0,019						308,10
L0523	18	20,54	200	141,2	160	1,15	0,02	2,05	75,01	75	17	58	4.108,00
L0524	9	16,32	66	123,6	140	0,75	0,021	2,01	73	73	15	58	1.077,12
		13,31	174	110,2	125	0,94	0,021						2.315,94
s061	90	59,32	140	247	280	1,88	0,016	1,85	79,77	69,6	11,6	68,2	8.304,80
s062	72	58,69	75	220,6	250	1,88	0,017	1,15	78,62	16,8	11,8	66,8	4.401,75
L0611	36	26,18	155	158,8	180	1,82	0,018	3,3	75,32	69,5	11,5	63,8	4.057,90
L0612	18	16,32	185	123,6	140	1,50	0,02	3,7	71,62	70,2	12,2	59,4	3.019,20
L0621	36	26,18	100	158,8	180	1,82	0,018	2,13	76,49	69	11	65,5	2.618,00
L0622	18	16,32	190	123,6	140	1,50	0,02	3,8	72,69	67,8	9,8	62,9	3.100,80
s071	576	221,86	125	600	600	2,04	0,016	0,77	80,85	70,6	12,6	68,3	27.732,50
s072	576	221,86	85	600	600	2,04	0,016	0,53	80,33	17,8	12,8	67,5	18.858,10
s081	270	172,85	160	441,2	500	1,77	0,015	0,94	79,39	70,5	12,5	66,9	27.656,00
s082	270	172,85	135	441,2	500	1,77	0,015	0,79	78,6	17,2	12,2	66,4	23.334,75
s091	72	73,07	70	278	315	1,19	0,017	0,33	78,27	70,8	12,8	65,5	5.114,90
s092	63	59,32	125	247	280	1,31	0,017	0,83	77,44	18	13	64,4	7.415,00
L0911	27	20,54	250	141,2	160	1,72	0,019	5,52	71,92	70,5	12,5	59,4	5.135,00
L0912	9	16,32	205	123,6	140	0,75	0,021	1,11	70,81	70,4	12,4	58,4	3.345,60
L0921	36	59,32	4	247	280	0,75	0,018	0,75	76,69	72	14	62,7	237,28
		38,44	106	198,6	225	1,16	0,018						4.074,64
L0922	18	38,44	260	198,6	225	0,58	0,02	0,49	76,2	76,2	18,2	58	9.994,40
s101	234	172,85	70	441,2	500	1,53	0,015	0,31	78,29	17	12	66,3	12.099,50
L1011	45	31,8	120	176,4	200	1,84	0,018	2,3	76	69	11	65	3.816,00
L1012	36	26,18	140	158,8	180	1,82	0,018	2,98	73,01	68,5	10,5	62,5	3.665,20
L1013	18	16,32	200	123,6	140	1,50	0,02	4	69,01	68,3	10,3	58,7	3.264,00
s111	216	172,85	30	441,2	500	1,41	0,015	0,11	78,18	69,8	11,8	66,4	5.185,50
s112	207	172,85	205	441,2	500	1,35	0,015	0,71	77,47	68,3	10,3	67,2	35.434,25
s113	207	172,85	35	441,2	500	1,35	0,015	0,12	77,34	15,2	10,2	67,1	6.049,75
s121	45	31,8	170	176,4	200	1,84	0,018	3,25	74,09	14,8	9,8	64,3	5.406,00
L1211	9	10,62	195	97	110	1,22	0,021	3,56	70,54	67	9	61,5	2.070,90



L1221	36	26,18	105	158,8	180	1,82	0,018	2,24	71,86	67	9	62,9	2.748,90
L1222	18	16,32	210	123,6	140	1,5	0,02	4,2	67,65	66,2	8,2	59,5	3.427,20
s131	180	141,45	200	397	450	1,45	0,015	0,91	76,44	67	9	67,4	28.290,00
s132	180	141,45	280	397	450	1,45	0,015	1,27	75,17	66,9	8,9	66,3	39.606,00
s133	180	141,45	415	397	450	1,45	0,015	1,88	73,29	12	7	66,3	58.701,75
s141	63	58,69	200	220,6	250	1,65	0,017	2,36	70,93	10	5	65,9	11.738,00
L1411	27	20,54	95	141,2	160	1,72	0,019	2,12	68,8	63,5	5,5	63,3	1.951,30
L1412	18	16,32	220	123,6	140	1,5	0,02	4,48	64,32	63,8	5,8	58,5	3.590,40
L1421	36	26,18	90	158,8	180	1,82	0,018	1,92	69,01	64	6	63	2.356,20
L1422	18	16,32	185	123,6	140	1,5	0,02	3,7	65,31	65	7	58,3	3.019,20
s151	144	172,85	105	441,2	500	0,94	0,016	0,18	73,11	64	6	67,1	18.149,25
s152	144	172,85	220	441,2	500	0,94	0,016	0,39	72,72	63	5	67,7	38.027,00
s153	135	172,85	105	441,2	500	0,88	0,016	0,16	72,56	9	4	68,6	18.149,25
L1511	54	38,44	170	198,6	225	1,74	0,017	2,53	70,03	61,5	3,5	66,5	6.534,80
L1512	45	38,44	280	198,6	225	1,45	0,018	2,94	67,1	61	3	64,1	10.763,20
L1513	36	31,8	235	176,4	200	1,47	0,018	2,97	64,13	60,5	2,5	61,6	7.473,00
L1514	27	31,8	215	176,4	200	1,1	0,019	1,54	62,59	60	2	60,6	6.837,00
L1515	18	20,54	230	141,2	160	1,15	0,02	2,36	60,23	59,5	1,5	58,7	4.724,20
L1516	9	16,32	220	123,6	140	0,75	0,021	1,19	59,04	59	1	58	3.590,40
s161	108	172,85	235	441,2	500	0,71	0,016	0,24	72,32	62,5	4,5	67,8	40.619,75
s162	108	114,45	405	353	400	1,1	0,016	1,25	71,07	62	4	67,1	46.352,25
s163	99	114,45	305	353	400	1,01	0,016	0,8	70,27	61,8	3,8	66,5	34.907,25
s164	90	114,45	180	353	400	0,92	0,016	0,4	69,87	63,5	5,5	64,4	20.601,00
s165	90	114,45	160	353	400	0,92	0,016	0,35	69,52	11	6	63,5	18.312,00
L1611	9	10,62	230	97	110	1,22	0,021	4,19	65,33	65	7	58,3	2.442,60
L1621	18	16,32	230	123,6	140	1,5	0,02	4,6	64,92	63	5	59,9	3.753,60
s171	90	114,45	110	353	400	0,92	0,016	0,24	69,28	63	5	64,3	12.589,50
s172	72	114,45	230	353	400	0,74	0,017	0,34	68,94	9	4	64,9	26.323,50
L1711	36	31,8	100	176,4	200	1,47	0,018	1,24	67,7	61	3	64,7	3.180,00
L1712	18	20,54	165	141,2	160	1,15	0,02	1,69	66,01	66	8	58	3.389,10
L1721	36	26,18	110	158,8	180	1,82	0,018	2,34	66,6	66	8	58,6	2.879,80
L1722	18	16,32	160	123,6	140	1,5	0,02	3,2	63,4	61	3	60,4	2.611,20
s181	351	172,85	130	500	500	1,79	0,017	0,78	79,55	70	12	67,6	22.470,50
s182	342	172,85	280	500	500	1,74	0,017	1,58	77,97	67,6	9,6	68,4	48.398,00
s183	333	172,85	320	500	500	1,7	0,017	1,73	76,24	12,7	7,7	68,5	55.312,00
L1811	63	58,69	95	220,6	250	1,65	0,017	1,12	75,12	65,2	7,2	67,9	5.575,55
L1812	45	31,8	250	176,4	200	1,84	0,018	4,78	70,34	63,8	5,8	64,5	7.950,00
L1813	27	20,54	180	141,2	160	1,72	0,019	3,97	66,37	63	5	61,4	3.697,20
L1814	18	16,32	120	123,6	140	1,5	0,02	2,4	63,96	62	4	60	1.958,40
s191	90	59,32	305	247	280	1,88	0,016	4,04	72,21	65,5	7,5	64,7	18.092,60
s192	81	59,32	140	247	280	1,69	0,017	1,51	70,7	12,8	7,8	62,9	8.304,80
L1911	36	26,18	180	158,8	180	1,82	0,018	3,94	66,76	64,5	6,5	60,3	4.712,40
L1912	27	26,18	17	158,8	180	1,36	0,019	2,04	64,72	64	6	58,7	445,06
		20,54	83	141,2	160	1,72	0,019						1.704,82
L1913	18	20,54	265	141,2	160	1,15	0,02	2,72	62	62	4	58	5.443,10
s201	45	59,32	203	247	280	0,94	0,018	1,17	69,53	65,5	7,5	62	12.041,96
		58,69	72	220,6	250	1,18	0,018						4.225,68
s202	36	38,44	130	198,6	225	1,16	0,018	0,91	68,62	12	7	61,6	4.997,20
L2011	18	20,54	183	141,2	160	1,15	0,02	6,12	62,5	62,5	4,5	58	3.758,82
		16,32	212	123,6	140	1,5	0,02						3.459,84
L2021	18	16,32	100	123,6	140	1,5	0,02	2	66,62	64	6	60,6	1.632,00
L2022	9	10,62	195	97	110	1,22	0,021	3,56	63,07	63	5	58,1	2.070,90
s211	270	172,85	450	441,2	500	1,77	0,015	2,63	73,61	65,8	7,8	65,8	77.782,50
s212	261	172,85	170	441,2	500	1,71	0,015	0,93	72,68	65	7	65,7	29.384,50

s213	252	172,85	265	441,2	500	1,65	0,015	1,35	71,33	11,5	6,5	64,8	45.805,25
L2111	45	38,44	36	198,6	225	1,45	0,018	2,94	68,39	65	7	61,4	1.383,84
		31,8	134	176,4	200	1,84	0,018						4.261,20
L2112	27	31,8	125	176,4	200	1,1	0,019	1,44	66,94	65,5	7,5	59,4	3.975,00
		26,18	45	158,8	180	1,36	0,019						1.178,10
L2113	18	26,18	130	158,8	180	0,91	0,02	0,74	66,2	66,2	8,2	58	3.403,40
s221	234	172,85	105	441,2	500	1,53	0,015	0,46	70,86	64	6	64,9	18.149,25
s222	225	172,85	115	441,2	500	1,47	0,015	0,47	70,39	10,5	5,5	64,9	19.877,75
L2211	36	26,18	90	158,8	180	1,82	0,018	1,92	68,47	63	5	63,5	2.356,20
L2212	18	16,32	205	123,6	140	1,5	0,02	4,1	64,37	61,5	3,5	60,9	3.345,60
s231	207	172,85	255	441,2	500	1,35	0,015	0,89	69,5	62,8	4,8	64,7	44.076,75
s232	198	172,85	165	441,2	500	1,3	0,015	0,53	68,97	63,5	5,5	63,5	28.520,25
s233	189	172,85	80	441,2	500	1,24	0,015	0,24	68,73	10,9	5,9	62,8	13.828,00
L2311	63	172,85	135	441,2	500	0,41	0,017	0,05	68,68	64,1	6,1	62,6	23.334,75
L2312	54	172,85	192	441,2	500	0,35	0,018	0,16	68,53	65	7	61,5	33.187,20
		92,08	68	313,2	355	0,7	0,017						6.261,44
L2313	36	92,08	235	313,2	355	0,47	0,018	0,17	68,36	67	9	59,4	21.638,80
L2314	18	59,32	235	247	280	0,38	0,02	0,15	68,2	68,2	10,2	58	13.940,20
s241	162	172,85	145	441,2	500	1,06	0,015	0,32	68,42	11	6	62,4	25.063,25
L2411	36	31,8	110	176,4	200	1,47	0,018	1,37	67,05	63	5	62,1	3.498,00
L2412	27	31,8	54	176,4	200	1,1	0,019	2,9	64,15	61	3	61,2	1.717,20
		26,18	206	158,8	180	1,36	0,019						5.393,08
L2413	18	26,18	230	158,8	180	0,91	0,02	2,75	61,4	60,2	2,2	59,2	6.021,40
		20,54	140	141,2	160	1,15	0,02						2.875,60
L2414	9	20,54	200	141,2	160	0,57	0,021	0,57	60,83	60,8	2,8	58	4.108,00
s251	144	172,85	65	441,2	500	0,94	0,016	0,11	68,3	11	6	62,3	11.235,25
L2511	18	20,54	280	141,2	160	1,15	0,02	3,57	64,73	61,5	3,5	61,2	5.751,20
		16,32	35	123,6	140	1,5	0,02						571,20
L2512	9	16,32	275	123,6	140	0,75	0,021	3,72	61,01	61	3	58	4.488,00
		13,31	230	110,2	125	0,94	0,021						3.061,30
s261	135	172,85	75	441,2	500	0,88	0,016	0,12	68,19	63,8	5,8	62,4	12.963,75
s262	126	114,45	185	353	400	1,29	0,016	0,77	67,41	63,6	5,6	61,8	21.173,25
s263	117	114,45	135	353	400	1,2	0,016	0,49	66,92	64,1	6,1	60,8	15.450,75
s264	108	114,45	130	353	400	1,1	0,016	0,4	66,52	11,9	6,9	59,6	14.878,50
L2611	36	31,8	185	176,4	200	1,47	0,018	4,49	62,03	62	4	58	5.883,00
		26,18	100	158,8	180	1,82	0,018						2.618,00
L2612	18	26,18	180	158,8	180	0,91	0,02	1,03	61	61	3	58	4.712,40
s271	45	92,08	215	313,2	355	0,58	0,018	0,23	66,29	65,3	7,3	59	19.797,20
s272	27	92,08	65	313,2	355	0,35	0,019	0,03	66,26	12,5	7,5	58,8	5.985,20
L2711	18	73,07	90	278	315	0,3	0,02	0,28	65,99	65,6	7,6	58,4	6.576,30
		58,69	220	220,6	250	0,47	0,02						12.911,80
L2712	9	31,8	195	176,4	200	0,37	0,022	0,18	65,8	65,8	7,8	58	6.201,00
L2721	9	26,18	170	158,8	180	0,45	0,022	0,26	66	66	8	58	4.450,60
s281	90	73,07	130	278	315	1,48	0,016	0,94	65,58	64	6	59,6	9.499,10
s282	72	73,07	60	278	315	1,19	0,017	0,29	65,29	10,8	5,8	59,5	4.384,20
L2811	18	26,18	260	158,8	180	0,91	0,02	1,48	63,81	62	4	59,8	6.806,80
L2812	9	16,32	375	123,6	140	0,75	0,021	2,81	61	61	3	58	6.120,00
		13,31	80	110,2	125	0,94	0,021						1.064,80
s291	54	73,07	145	278	315	0,89	0,017	0,4	64,89	63,6	5,6	59,3	10.595,15
s292	36	73,07	224	278	315	0,59	0,018	0,54	64,35	63,5	5,5	58,9	16.367,68

		38,44	36	198,6	225	1,16	0,018						1.383,84
s293	18	38,44	130	198,6	225	0,58	0,02	0,24	64,11	10	5	59,1	4.997,20
L2911	9	20,54	200	141,2	160	0,57	0,021	0,55	63,56	62,5	4,5	59,1	4.108,00
L2921	9	31,8	225	176,4	200	0,37	0,022	0,2	63,91	63,9	5,9	58	7.155,00

Συνολικό Κόστος δικτύου  $P_{\Delta} = 2.412.388,18 \text{ €}$

## 9.7. Υπολογισμός του συνολικού ετήσιου κόστους του δικτύου

Σύμφωνα με την ανάλυση που γίνεται στην παράγραφο 7.5.2, το συνολικό ετήσιο κόστος του έργου ανηγμένο σε αρχικό κεφάλαιο είναι :

$$P_{ET} = 0,110589P_{\Delta} + 1693,94H_{man} \text{ [€].}$$

Είναι  $P_{\Delta} = 2.412.388,18 \text{ €}$  και  $H_{man} = 81,63 - 12,00 = 69,63 \text{ m}$

Επομένως,  $P_{ET} = 393.549,45 \text{ €}$ .

# 10

## Βελτιστοποίηση με την τροποποιημένη μέθοδο του Μ. Θεοχάρη

### 10.1. Γενικά

Ισχύουν τα γεωμετρικά και υδραυλικά στοιχεία των αγωγών του δικτύου, οι παράμετροι  $\Phi_i$  του πραγματικού και του ιδεατού δικτύου και ο προσδιορισμός της πλήρους διαδρομής με την ελάχιστη μέση κλίση, τα οποία υπολογίστηκαν στις παραγράφους 9.2, 9.3 και 9.4.

### 10.2. Κατάστρωση του συστήματος

Στη συνέχεια, παρατίθενται ο συγκεντρωτικός πίνακας ο οποίος περιλαμβάνει τις θεωρητικές τιμές των διαμέτρων των αγωγών, καθώς επίσης και τα κόστη των επιμέρους τμημάτων των αγωγών. Οι παρακάτω υπολογισμοί αντιστοιχούν στο βέλτιστο πιεζομετρικό φορτίο της δεξαμενής  $H_{\Delta} = 91,39 \text{ m}$ .

Στη συνέχεια, παρατίθεται ο συγκεντρωτικός πίνακας ο οποίος περιλαμβάνει τις θεωρητικές τιμές των διαμέτρων των αγωγών, καθώς επίσης και τα κόστη των επιμέρους τμημάτων των αγωγών. Οι παρακάτω υπολογισμοί αντιστοιχούν στο βέλτιστο πιεζομετρικό φορτίο της δεξαμενής  $H_{\Delta} = 91,39 \text{ m}$ .

Το σύστημα που πρόκειται να επιλυθεί είναι :

$$\left[ \frac{\Phi_i}{\Delta H_i} \right]^{\omega} = \sum \left[ \frac{\Phi_{\pi_j}}{\Delta H_{\pi_j}} \right]^{\omega} \quad \begin{array}{l} \text{όπου } i \text{ είναι τυχόν τροφοδοτών κλάδος και όπου το άθροισμα} \\ \Sigma \text{ περιλαμβάνει όλους τους τροφοδοτούμενους κλάδους κατάντη} \\ \text{του κόμβου } i. \end{array}$$

και  $\Delta H_{\pi_j} = (H_A - H_{\pi_j}) - \Sigma \Delta H_i$  όπου  $i$  είναι τυχόν τροφοδοτών κλάδος και όπου το άθροισμα  $\Sigma$  νοείται κατά μήκος της πλήρους διαδρομής  $A - \pi_j$ .

Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες 9.2 -9.17. Η συμπλήρωση του πίνακα γίνεται ως εξής;

- Στις στήλες 2 και 3 δίνεται το μήκος και η ιδεατή παροχή,  $Q_f$ , του κάθε αγωγού της πλήρους διαδρομής. Η ιδεατή τιμή της παροχής προκύπτει αν θεωρηθεί ότι καταργούνται οι τροφοδοτούμενοι κλάδοι που δεν ανήκουν σε αυτή τη διαδρομή και επομένως η παροχή τροφοδοτώντα κλάδου ταυτίζεται με αυτή της ζήτησης του εξεταζόμενου τροφοδοτούμενου κλάδου.

- Στη στήλη 4 δίνεται το ελάχιστο απαιτούμενο πιεζομετρικό φορτίο,  $H_i$ , του κάθε κόμβου.

- Στη στήλη 5 υπολογίζεται η μέση κλίση της διαδρομής από τη σχέση  $S_{\mu_j} = \frac{H_A - H_{\pi_j}}{\sum L_{\pi_j}}$ .

- Στη στήλη 6 υπολογίζονται οι κλίσεις  $S_m = \frac{H_A - H_m}{\sum_{i=AI} \Sigma L_i}$  όλων των διαδρομών της πλήρους

διαδρομής και ελέγχεται αν  $S_m > S_{\mu}$  για κάθε m, ώστε να είναι δυνατή η εξέταση του δικτύου ως ενιαίου.

- Στη στήλη 7 από τα δεδομένα του προβλήματος υπολογίζονται οι συντελεστές

$$z = \frac{v}{y.v + 2 + x}, \quad \omega = \frac{y.v + 2 + x}{2 + x} \quad \text{και} \quad C_0 = \frac{1,6465}{f^{0,2}} \quad \text{και η συνάρτηση} \quad \phi_i = \left[ \frac{A}{C_0^v} \right]^{1/\omega} L_i Q_i^z \quad \text{η οποία}$$

ισχύει για κάθε αγωγό του δικτύου.

- Στη στήλη 8, θεωρώντας ότι όλοι οι αγωγοί της πλήρους διαδρομής έχουν τον ίδιο συντελεστή τριβών f, υπολογίζεται για κάθε αγωγό της πλήρους διαδρομής η ποσότητα :

$$w_i = \frac{\phi_i}{\Sigma \phi_i}. \quad \text{Είναι} \quad 0 \leq w \leq 1 \quad \text{και} \quad \sum_0^n w_i = 1.$$

- Στη στήλη 9 υπολογίζονται οι συνολικές διαθέσιμες απώλειες φορτίου κάθε αγωγού από τη σχέση  $\Delta h_i = w_i (H_{\Delta} - H_{\pi_i})$ .

- Στη στήλη 10 υπολογίζεται ο συντελεστής τριβών, f, του κάθε αγωγού, όπου από το συνδυασμό των εξισώσεων συνεχείας, Darcy – Weisbach και της εξίσωση των Colebrook – White (Θεοχάρης, 2005) προκύπτει:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,879 \cdot \log \left[ 0,602 \cdot \frac{K^{1,009} \cdot \Delta h^{0,2018}}{Q^{0,4036} \cdot L^{0,2018}} + \frac{2,287 \cdot v \cdot L^{0,2}}{Q^{0,6} \cdot \Delta h^{0,2}} \right]$$

λαμβάνοντας τιμές για την τραχύτητα για τους χαλύβδινους αγωγούς  $K = 0,00020$  m, για τους PVC  $K = 0,000075$  m, και για την κινηματική συνεκτικότητα (για νερό θερμοκρασίας  $10^{\circ}\text{C}$ )  $v = 1,31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .

- Στη στήλη 11 υπολογίζεται η ποσότητα  $\phi'_i = \phi_i \cdot f^{\frac{\omega-1}{\omega}}$  για κάθε αγωγό της πλήρους διαδρομής.

- Στη στήλη 12 υπολογίζεται για κάθε αγωγό η νέα βελτιωμένη τιμή της ποσότητας  $w_i$  από

$$\text{τη σχέση:} \quad w_i = \frac{\phi'_i}{\Sigma \phi'_i}. \quad \text{Είναι} \quad 0 \leq w \leq 1 \quad \text{και} \quad \sum_0^n w_i = 1.$$

- Στη στήλη 13 υπολογίζονται οι βελτιωμένες απώλειες κάθε αγωγού από τη σχέση:  $\Delta h_i = w_i (H_{\Delta} - H_{\pi_i})$ .

- Στη στήλη 13 υπολογίζεται οι βελτιωμένες τιμές του συντελεστή τριβών,  $f_i$ , του κάθε αγωγού οι οποίες, αν ταυτίζονται με τις τιμές της στήλης 11, είναι και οι οριστικές. Σε αντίθετη περίπτωση επαναλαμβάνεται η διαδικασία των στηλών 13 έως 15.

- Στη στήλη 14 δίδεται η πραγματική τιμή της παροχής του αγωγού,  $Q_i$ , όπως αυτή υπολογίστηκε από την εξίσωση του Clement.

- Στη στήλη 15 υπολογίζονται οι διάμετροι των αγωγών από τη σχέση:

$$D_i = 0,607329 \left[ \frac{f_i L_i Q_i^2}{\Delta h'_{f_i}} \right]^{1/5}$$

• Στη στήλη 16 από τη σχέση (2.18) του Mandry  $\delta = AD_{\text{εσσοτ.}}^y$  [€ / m] υπολογίζεται το κόστος των αγωγών καθώς και το συνολικό κόστος της πλήρους διαδρομής από τη σχέση. Η στήλη 16 προέκυψε βάσει της σχέσης η οποία σύμφωνα με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, έδωσε για τους χαλύβδινους αγωγούς  $A = 479,71$  και  $v = 1,5380$  απ' όπου προκύπτει  $\omega = 1,3076$  και για τους PVC  $A = 796,95$  και  $v = 1,8525$  απ' όπου προκύπτει  $\omega = 1,3705$ .

Πίνακας 10.1. Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής sΔ00 -L1712 (ελάχιστη μέση κλίση).

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο Η [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόκλιση φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόκλιση φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
s(Δ)00	1		91,39												
s011	1350	36	82,00	17647,67	0,70	0,23	5,86	0,02	7192,89	0,26	6,50	0,02	729	726,22	395941,61
s012	140	36	23,0	1830,13	4,59	0,02	0,61	0,02	732,95	0,03	0,66	0,02	729	717,83	40333,59
s021	170	36	75,0	2222,30	0,99	0,03	0,74	0,02	890,99	0,03	0,80	0,02	729	689,08	45992,72
s022	120	36	20,8	1568,68	3,96	0,02	0,52	0,02	627,72	0,02	0,57	0,02	657	688,21	32401,98
s031	150	36	73,2	1960,85	0,94	0,03	0,65	0,02	785,60	0,03	0,71	0,02	657	681,15	39865,14
s032	150	36	20,0	1960,85	3,43	0,03	0,65	0,02	785,60	0,03	0,71	0,02	639	681,15	39865,14
s(A)001	90	36	72,5	1176,51	0,87	0,02	0,39	0,02	470,12	0,02	0,42	0,02	639	672,23	23439,15
s(A)002	255	36	17,0	3333,45	3,07	0,04	1,11	0,02	1339,84	0,05	1,21	0,02	621	674,84	66808,92
s071	125	36	70,6	1634,04	0,81	0,02	0,54	0,02	654,02	0,02	0,59	0,02	621	653,02	31134,43
s072	85	36	17,8	1111,15	2,79	0,01	0,37	0,02	443,88	0,02	0,40	0,02	576	652,19	21130,07
s081	160	36	70,5	1769,61	0,75	0,02	0,59	0,02	594,47	0,02	0,54	0,02	576	501,14	26523,92
s082	135	36	17,2	1493,11	2,53	0,02	0,50	0,02	500,63	0,02	0,45	0,02	270	500,62	22343,79
s101	70	36	17,0	774,21	2,48	0,01	0,26	0,02	257,86	0,01	0,23	0,02	270	471,05	10550,00
s111	30	36	69,8	331,80	0,71	0,00	0,11	0,02	109,73	0,00	0,10	0,02	234	454,44	4278,58
s112	205	36	68,3	2267,32	0,71	0,03	0,75	0,02	763,88	0,03	0,69	0,02	216	451,33	28929,71
s113	35	36	15,2	387,10	2,33	0,01	0,13	0,02	128,17	0,00	0,12	0,02	207	447,06	4867,47
s131	200	36	67,0	2212,02	0,70	0,03	0,73	0,02	745,03	0,03	0,67	0,02	207	426,72	25892,28
s132	280	36	66,9	3096,82	0,65	0,04	1,03	0,02	1047,41	0,04	0,95	0,02	180	427,70	36377,05
s133	415	36	12,0	4589,93	1,91	0,06	1,52	0,02	1560,62	0,06	1,41	0,02	180	428,94	54155,96
s151	105	36	64,0	1161,31	0,64	0,02	0,39	0,02	388,34	0,01	0,35	0,02	180	388,75	11778,33
s152	220	36	63,0	2433,22	0,63	0,03	0,81	0,02	820,47	0,03	0,74	0,02	144	390,53	24852,27
s153	105	36	9,0	1161,31	1,79	0,02	0,39	0,02	388,34	0,01	0,35	0,02	144	378,84	11319,85
s161	235	36	62,5	2599,12	0,60	0,03	0,86	0,02	877,13	0,03	0,79	0,02	135	348,23	22255,95
s162	405	36	62,0	4479,33	0,56	0,06	1,49	0,02	1522,50	0,05	1,38	0,02	108	349,60	38587,61
s163	305	36	61,8	3373,32	0,53	0,04	1,12	0,02	1142,19	0,04	1,03	0,02	108	336,94	27456,60
s164	180	36	63,5	1990,81	0,49	0,03	0,66	0,02	669,69	0,02	0,61	0,02	99	323,17	15197,17
s165	160	36	11,0	1769,61	1,37	0,02	0,59	0,02	594,47	0,02	0,54	0,02	90	322,93	13493,13
s171	110	36	63,0	1216,61	0,47	0,02	0,40	0,02	407,03	0,01	0,37	0,02	90	322,21	9244,62
s172	230	36	9,0	2543,82	1,32	0,03	0,84	0,02	858,24	0,03	0,78	0,02	90	296,05	16969,82
L1711	100	36	61,00	1106,01	0,48	0,01	0,37	0,02	369,66	0,01	0,33	0,02	72	223,22	4778,86
L1712	165	36	66,00	1254,53	0,39	0,02	0,42	0,02	428,51	0,02	0,39	0,02	36	184,52	5883,30

Πίνακας 10.2.α) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s04 -L0524.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδατιά Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή παραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
s041	115	36	24,5	1271,91	51,94	0,11	0,71	0,02	428,37	0,11	0,71	0,02	99	297,75	8559,56
s051	120	36	77,0	1327,21	3,08	0,12	0,75	0,02	447,20	0,12	0,74	0,02	90	286,68	8426,31
s052	235	36	79,0	2599,12	1,11	0,23	1,46	0,02	882,66	0,23	1,46	0,02	90	287,92	16611,05
s053	210	36	78,5	2322,62	0,84	0,20	1,30	0,02	787,66	0,20	1,31	0,02	90	287,70	14826,45
s054	85	36	25,2	940,11	7,72	0,08	0,53	0,02	315,64	0,08	0,52	0,02	81	274,31	13779,01
L0521	270	36	77,80	2986,22	0,62	0,26	1,68	0,02	1015,91	0,26	1,68	0,02	36	199,76	10877,49
Ανοδος πιεζομετρικής γραμμής.															
L0522	180	27	76,50	1704,04	0,72	1,00	1,30	0,02	582,90	1,00	1,30	0,02	27	173,61	5844,00
Ανοδος πιεζομετρικής γραμμής.															
L0523	200	18	75,00	1520,64	0,75	1,00	1,50	0,02	527,75	1,00	1,50	0,02	18	148,08	5084,48
Ανοδος πιεζομετρικής γραμμής.															
L0524	240	9	73,00	1254,44	0,83	1,00	2,00	0,02	447,19	1,00	2,00	0,02	9	112,09	3975,61

Πίνακας 10.2.β) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s04 -L0412.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδατιά Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή παραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L0411	105	27	76,20	994,02	6,97	0,33	2,62	0,02	343,04	0,32	2,58	0,02	27	136,80	2363,14
L0412	270	18	75,50	2052,87	2,14	0,67	5,40	0,02	724,46	0,68	5,44	0,02	18	123,04	5161,94

Πίνακας 10.3. Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s05 -L0515.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδατιά Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή παραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L0511	75	45	77,80	935,87	2,25	0,31	0,77	0,02	313,69	0,30	0,76	0,02	45	196,15	2937,91
L0512	190	36	77,00	2101,41	0,94	0,69	1,72	0,02	715,00	0,70	1,73	0,02	36	185,30	6819,12
Ανοδος πιεζομετρικής γραμμής.															
L0513	220	27	74,20	2082,71	1,27	0,43	2,12	0,02	716,80	0,43	2,10	0,02	27	164,88	6597,84
L0514	200	18	73,50	1520,64	0,83	0,32	1,55	0,02	527,97	0,32	1,55	0,02	18	147,18	5037,12
L0515	230	9	72,10	1202,17	0,75	0,25	1,23	0,02	425,78	0,25	1,25	0,02	9	121,55	4315,70



Πίνακας 10.4. Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s02 -L0212.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L0211	115	36	73,50	1271,91	8,14	0,41	3,72	0,02	436,99	0,40	3,66	0,02	36	145,21	2836,92
L0212	240	18	73,80	1824,77	2,55	0,59	5,34	0,02	643,74	0,60	5,40	0,02	18	120,35	4435,44

Πίνακας 10.5. Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s03 -L0312.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L0311	130	36	72,40	1437,81	6,95	0,43	3,98	0,02	494,33	0,42	3,92	0,02	36	146,88	3263,78
L0312	250	18	72,20	1900,81	2,43	0,57	5,26	0,02	670,48	0,58	5,32	0,02	18	121,68	4698,88

Πίνακας 10.6. Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής sA00-L0612 & L0622.

Πίνακας 10.6.α) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής sA00-L0612.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
s061	140	36	69,6	1548,41	7,29	0,28	2,70	0,02	529,81	0,28	2,69	0,02	90	231,07	7055,89
s062	75	36	16,8	829,51	29,30	0,15	1,45	0,02	281,95	0,15	1,43	0,02	72	210,57	3276,66
L0611	155	36	69,50	1714,31	2,78	0,31	2,99	0,02	587,26	0,31	2,98	0,02	36	160,27	4450,16
L0612	185	18	70,20	1406,60	1,73	0,26	2,46	0,02	491,18	0,26	2,50	0,02	18	132,30	3954,74

Πίνακας 10.6.β) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s06 -L0622.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L0621	100	36	69,00	1106,01	6,68	0,43	3,42	0,02	379,66	0,43	3,37	0,02	36	143,50	2422,33
L0622	190	18	67,80	1444,61	2,72	0,57	4,46	0,02	508,32	0,57	4,51	0,02	18	118,82	3442,94

Πίνακας 10.7. Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s07 -L2314.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο Η [m]	Ποσότητα Φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα Φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή παραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
s181	130	63	70,0	1945,84	6,78	0,04	0,46	0,02	641,61	0,04	0,46	0,02	351	544,69	24497,64
s182	280	63	67,6	4191,04	2,73	0,09	0,99	0,02	1393,52	0,09	0,99	0,02	342	541,54	52294,55
s183	320	63	12,7	4789,76	9,06	0,11	1,13	0,02	1595,16	0,11	1,13	0,02	333	536,26	58872,32
s211	450	63	65,8	6735,60	1,10	0,15	1,59	0,02	2252,87	0,15	1,60	0,02	270	494,28	73032,96
s212	170	63	65,0	2544,56	1,02	0,06	0,60	0,02	841,35	0,06	0,60	0,02	261	484,55	26759,75
s213	265	63	11,5	3966,52	4,17	0,09	0,94	0,02	1318,02	0,09	0,94	0,02	252	479,10	40993,55
s221	105	63	64,0	1571,64	0,86	0,03	0,37	0,02	517,16	0,03	0,37	0,02	234	462,62	15391,54
s222	115	63	10,5	1721,32	3,72	0,04	0,41	0,02	566,90	0,04	0,40	0,02	225	455,63	16467,56
s231	255	63	62,8	3816,84	0,77	0,08	0,90	0,02	1267,71	0,08	0,90	0,02	207	442,74	34937,27
s232	165	63	63,5	2469,72	0,68	0,05	0,58	0,02	816,34	0,05	0,58	0,02	198	433,79	21907,50
s233	80	63	10,9	1197,44	2,91	0,03	0,28	0,02	393,05	0,03	0,28	0,02	189	424,16	10261,57
L2311	135	63	64,10	2020,68	0,60	0,04	0,48	0,02	666,54	0,04	0,47	0,02	63	274,07	8845,74
L2312	260	54	65,00	3580,47	0,51	0,08	0,85	0,02	1193,66	0,08	0,85	0,02	54	263,54	16040,20
L2313	235	36	67,00	2599,12	0,40	0,06	0,61	0,02	873,60	0,06	0,62	0,02	36	235,18	12168,83
L2314	235	18	68,20	1786,76	0,33	0,04	0,42	0,02	610,60	0,04	0,43	0,02	18	193,86	9040,75

Πίνακας 10.8. Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s08-L0922.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο Η [m]	Ποσότητα Φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα Φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή παραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
s091	70	36	70,8	774,21	10,03	0,14	0,23	0,02	257,59	0,14	0,23	0,02	72	294,38	5119,82
s092	125	36	18,0	1382,51	30,68	0,26	0,42	0,02	462,66	0,26	0,42	0,02	63	279,96	8462,92
L0921	110	36	72,00	1216,61	1,91	0,23	0,37	0,02	406,59	0,23	0,37	0,02	36	223,64	5272,18
L0922	260	18	71,20	1976,84	1,17	0,37	0,60	0,02	678,56	0,38	0,61	0,02	18	185,38	9337,67

**Πίνακας 10.9.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s09 -L0912.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L0911	250	27	70,50	2366,72	2,67	0,69	4,66	0,02	822,65	0,68	4,63	0,02	27	145,53	6188,12
L0912	205	9	70,40	1071,50	1,49	0,31	2,11	0,02	382,11	0,32	2,15	0,02	9	107,11	3166,70

**Πίνακας 9.10.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s10 -L1013.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L1011	120	45	69,00	1497,40	7,16	0,33	3,05	0,02	509,77	0,32	3,01	0,02	45	165,42	3617,01
L1012	140	36	68,50	1548,41	3,50	0,34	3,15	0,02	530,79	0,34	3,13	0,02	36	155,58	3839,97
L1013	200	18	68,30	1520,64	2,02	0,33	3,09	0,02	532,60	0,34	3,14	0,02	18	128,59	4092,43

**Πίνακας 10.11.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s011-L1211 & L1221.

**Πίνακας 10.11. α)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s011-L1211.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
s121	170	45	14,8	2121,31	36,40	0,49	4,77	0,02	725,89	0,49	4,73	0,02	45	162,66	4993,35
L1211	195	9	67,00	1019,23	2,65	0,24	2,29	0,02	363,84	0,24	2,37	0,02	9	104,08	2882,31

**Πίνακας 10.11. β)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s012-L1222.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L1221	105	36	67,00	1161,31	2,06	0,27	2,61	0,02	397,32	0,27	2,59	0,02	36	152,39	2789,75
L1222	210	18	66,20	1596,68	1,61	1,00	3,39	0,02	559,90	1,00	3,39	0,02	18	128,03	4268,27

**Πίνακας 10.12.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s13-L1422 & L1412.

**Πίνακας 10.12. α)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s13-L1422.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ισοαπτή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή παραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
s141	200	36	10,0	2212,02	31,83	0,48	4,15	0,02	760,76	0,48	4,14	0,02	63	198,20	7960,67
L1421	90	36	64,00	995,41	3,33	0,22	1,87	0,02	339,25	0,21	1,84	0,02	36	157,66	2519,52
L1422	185	18	65,00	1406,60	1,82	0,30	2,64	0,02	491,62	0,31	2,67	0,02	18	130,58	3875,77

**Πίνακας 10.12. β)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s13-L1412.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ισοαπτή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή παραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L1411	95	27	63,50	899,35	4,39	0,35	1,35	0,02	307,91	0,35	1,34	0,02	27	152,01	2514,40
L1412	220	18	63,80	1672,71	1,23	0,65	2,52	0,02	584,39	0,65	2,54	0,02	18	136,56	4937,59

**Πίνακας 10.13.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s15 -L1516.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ισοαπτή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή παραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L1511	170	54	61,50	2341,08	6,30	0,18	2,31	0,02	789,83	0,17	2,28	0,02	54	200,39	6881,81
L1512	280	45	61,00	3493,92	2,49	0,26	3,45	0,02	1190,92	0,26	3,43	0,02	45	191,07	10534,76
L1513	235	36	60,50	2599,12	1,71	0,19	2,57	0,02	888,71	0,19	2,56	0,02	36	179,34	8020,19
L1514	215	27	60,00	2035,38	1,36	0,15	2,01	0,02	700,03	0,15	2,02	0,02	27	165,42	6480,59
L1515	230	18	59,50	1748,74	1,12	0,13	1,73	0,02	608,09	0,13	1,75	0,02	18	147,85	5832,95
L1516	220	9	59,00	1149,90	0,98	0,09	1,14	0,02	406,83	0,09	1,17	0,02	9	121,92	4147,64

**Πίνακας 10.14.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s16 -L1611 & L1621.

**Πίνακας 10.14. α)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s16 -L1611.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Qf [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L1611	230	9	65,00	1202,17	1,25	1,00	2,87	0,02	430,56	1,00	2,87	0,02	9	103,76	3383,32

**Πίνακας 10.14. β)** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s16 -L1621.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Qf [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L1621	230	18	63,00	1748,74	2,12	1,00	4,87	0,02	616,15	1,00	4,87	0,02	18	121,68	4323,07

**Πίνακας 10.15.** Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s17 -L1722.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Qf [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L1721	110	36	66,00	1824,91	0,44	1,00	0,73	0,02	614,57	1,00	0,73	0,02	36	212,61	7316,46
Άνοδος πεζομετρικής γραμμής.															
L1722	160	18	61,00	1216,52	3,13	1,00	5,00	0,02	428,63	1,00	5,00	0,02	18	112,57	2667,85

Πίνακας 10.16. Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s07 – τέλος.

Πίνακας 10.16. α) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s18-L2011.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>t</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
s191	305	36	65,5	2318,98	3,52	0,24	3,36	0,02	813,61	0,25	3,37	0,02	90	262,99	18756,74
s192	140	36	12,8	1064,45	14,25	0,11	1,54	0,02	369,49	0,11	1,53	0,02	81	250,67	7996,80
s201	275	36	65,5	2090,89	1,49	0,22	3,03	0,02	732,47	0,22	3,03	0,02	45	199,15	11026,52
s202	130	36	12,0	988,42	7,56	0,10	1,43	0,02	342,78	0,10	1,42	0,02	36	181,13	4505,35
L2011	395	18	62,50	3003,27	1,10	0,32	4,36	0,02	1057,84	0,32	4,38	0,02	18	138,45	9055,06

Πίνακας 10.16. β) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s20-L2022.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>t</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L2021	100	18	64,00	760,32	2,88	0,43	1,66	0,02	264,19	0,42	1,63	0,02	18	126,83	2003,35
L2022	195	9	63,00	1019,23	1,32	0,57	2,22	0,02	363,69	0,58	2,25	0,02	9	105,13	2926,95

Πίνακας 10.16. γ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s19-L1913.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>t</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L1911	180	36	64,50	1990,81	3,80	0,40	3,75	0,02	683,84	0,40	3,72	0,02	36	158,33	5072,25
L1912	100	27	64,00	946,69	2,62	0,19	1,78	0,02	325,19	0,19	1,77	0,02	27	145,58	2476,54
L1913	265	18	62,00	2014,85	1,71	0,41	3,80	0,02	707,81	0,41	3,85	0,02	18	130,94	5575,43

Πίνακας 10.16. δ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s18 - L1814.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L1811	95	63	65,20	1421,96	11,61	0,20	2,83	0,02	479,16	0,20	2,78	0,02	63	182,17	3321,31
L1812	250	45	63,80	3119,57	3,60	0,44	6,20	0,02	1070,88	0,44	6,20	0,02	45	166,82	7633,47
L1813	180	27	63,00	1704,04	2,52	0,24	3,39	0,02	589,82	0,24	3,42	0,02	27	144,37	4400,57
L1814	120	18	62,00	912,39	2,21	0,13	1,81	0,02	317,35	0,13	1,84	0,02	18	128,60	2455,62

Πίνακας 10.16. ε) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s21 - L2113.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L2111	170	45	65,00	2121,31	4,77	0,45	3,10	0,02	722,10	0,45	3,08	0,02	45	176,56	5664,32
L2112	170	27	65,50	1609,37	2,24	0,34	2,35	0,02	554,54	0,34	2,36	0,02	27	153,12	4550,13
L2113	130	18	66,20	988,42	1,47	0,21	1,45	0,02	342,81	0,21	1,46	0,02	18	136,52	2916,57

Πίνακας 10.16. στ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s22 - L2212.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L2211	90	36	63,00	995,41	10,37	0,39	4,22	0,02	342,65	0,38	4,15	0,02	36	135,03	1985,29
L2212	205	18	61,50	1558,66	3,67	0,61	6,61	0,02	551,28	0,62	6,68	0,02	18	111,95	3389,57

Πίνακας 10.16. ζ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s23 - L2271.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
s241	145	9	11,0	757,89	41,09	0,12	0,56	0,02	265,53	0,12	0,56	0,02	162	410,14	17662,13
s251	65	9	11,0	339,74	28,37	0,05	0,25	0,02	117,83	0,05	0,25	0,02	144	389,09	7301,16
s261	75	9	63,8	392,01	2,38	0,06	0,29	0,02	136,18	0,06	0,29	0,02	135	379,53	8107,98
s262	185	9	63,6	966,96	1,48	0,16	0,71	0,02	339,95	0,16	0,72	0,02	126	371,62	19362,71

s263	135	9	64,1	705,62	1,07	0,11	0,52	0,02	246,98	0,11	0,52	0,02	117	359,89	13449,43
s264	130	9	11,9	679,49	7,98	0,11	0,50	0,02	237,71	0,11	0,50	0,02	108	348,45	12323,68
s271	215	9	65,3	1123,77	0,56	0,18	0,83	0,02	395,95	0,18	0,83	0,02	45	246,47	11966,12
s272	65	9	12,5	339,74	5,72	0,05	0,25	0,02	117,83	0,05	0,25	0,02	27	199,18	2607,01
L2721	170	9	66,00	888,56	0,39	0,14	0,66	0,02	312,01	0,14	0,66	0,02	9	129,23	3505,09

Πίνακας 9.16. η) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s24 - L2414.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή $Q_t$ [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα $\phi_i$	Μέση κλίση $Sm_i$ [%]	Ποσότητα $w_i$	Απώλεια φορτίου $\Delta h_i$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Ποσότητα $\phi_i'$	Ποσότητα $w_i'$	Απώλεια φορτίου $\Delta h_i'$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Παροχή πραγματ. $Q_r$ [l/h]	Διάμετρος $D_i$ [mm]	Κόστος $P_i$ [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L2411	110	36	63,00	1216,61	6,38	0,16	1,49	0,02	413,37	0,16	1,45	0,02	36	171,74	3512,50
L2412	260	27	61,00	2461,39	2,44	0,33	3,01	0,02	850,93	0,32	2,99	0,02	27	159,42	7403,87
L2413	370	18	60,20	2813,19	1,33	0,37	3,44	0,02	987,72	0,38	3,47	0,02	18	142,84	8898,56
L2414	200	9	60,80	1045,36	0,98	0,14	1,28	0,02	370,34	0,14	1,30	0,02	9	117,25	3550,70

Πίνακας 9.16. θ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s25 - L2512.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή $Q_t$ [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα $\phi_i$	Μέση κλίση $Sm_i$ [%]	Ποσότητα $w_i$	Απώλεια φορτίου $\Delta h_i$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Ποσότητα $\phi_i'$	Ποσότητα $w_i'$	Απώλεια φορτίου $\Delta h_i'$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Παροχή πραγματ. $Q_r$ [l/h]	Διάμετρος $D_i$ [mm]	Κόστος $P_i$ [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L2511	315	18	61,50	2395,02	2,62	0,48	4,17	0,02	842,65	0,47	4,11	0,02	18	133,88	6857,54
L2512	505	9	61,00	2639,54	1,07	0,52	4,60	0,02	953,82	0,53	4,65	0,02	9	110,97	8237,99

Πίνακας 9.16. ι) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s26- L2921.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή $Q_t$ [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα $\phi_i$	Μέση κλίση $Sm_i$ [%]	Ποσότητα $w_i$	Απώλεια φορτίου $\Delta h_i$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Ποσότητα $\phi_i'$	Ποσότητα $w_i'$	Απώλεια φορτίου $\Delta h_i'$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Παροχή πραγματ. $Q_r$ [l/h]	Διάμετρος $D_i$ [mm]	Κόστος $P_i$ [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
s281	130	9	64,0	679,49	2,88	0,14	0,53	0,02	237,85	0,14	0,52	0,02	90	321,27	10876,49
s282	60	9	10,8	313,61	29,97	0,06	0,24	0,02	108,73	0,06	0,24	0,02	72	292,29	4340,67
s291	145	9	63,6	757,89	1,24	0,15	0,59	0,02	265,69	0,15	0,58	0,02	54	262,11	8871,13
s292	260	9	63,5	1358,97	0,71	0,27	1,05	0,02	480,50	0,28	1,06	0,02	36	223,92	12485,18
s293	130	9	10,0	679,49	7,96	0,14	0,53	0,02	237,85	0,14	0,52	0,02	18	168,76	4040,94
L2921	225	9	63,90	1176,03	0,40	0,24	0,91	0,02	414,90	0,24	0,91	0,02	9	128,45	4596,26





Πίνακας 10.16. δ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s18 -L1814.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L1811	95	63	65,20	1421,96	11,61	0,20	2,83	0,02	479,16	0,20	2,78	0,02	63	182,17	3321,31
L1812	250	45	63,80	3119,57	3,60	0,44	6,20	0,02	1070,88	0,44	6,20	0,02	45	166,82	7633,47
L1813	180	27	63,00	1704,04	2,52	0,24	3,39	0,02	589,82	0,24	3,42	0,02	27	144,37	4400,57
L1814	120	18	62,00	912,39	2,21	0,13	1,81	0,02	317,35	0,13	1,84	0,02	18	128,60	2455,62

Πίνακας 10.16. ε) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s21 - L2113.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L2111	170	45	65,00	2121,31	4,77	0,45	3,10	0,02	722,10	0,45	3,08	0,02	45	176,56	5664,32
L2112	170	27	65,50	1609,37	2,24	0,34	2,35	0,02	554,54	0,34	2,36	0,02	27	153,12	4550,13
L2113	130	18	66,20	988,42	1,47	0,21	1,45	0,02	342,81	0,21	1,46	0,02	18	136,52	2916,57

Πίνακας 10.16. στ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s22 - L2212.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L2211	90	36	63,00	995,41	10,37	0,39	4,22	0,02	342,65	0,38	4,15	0,02	36	135,03	1985,29
L2212	205	18	61,50	1558,66	3,67	0,61	6,61	0,02	551,28	0,62	6,68	0,02	18	111,95	3389,57

Πίνακας 10.16. ζ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s23 - L2721.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση Sm <sub>i</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απώλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
s241	145	9	11,0	757,89	41,09	0,12	0,56	0,02	265,53	0,12	0,56	0,02	9	410,14	17662,13
s251	65	9	11,0	339,74	28,37	0,05	0,25	0,02	117,83	0,05	0,25	0,02	9	389,09	7301,16
s261	75	9	63,8	392,01	2,38	0,06	0,29	0,02	136,18	0,06	0,29	0,02	9	379,53	8107,98
s262	185	9	63,6	966,96	1,48	0,16	0,71	0,02	339,95	0,16	0,72	0,02	9	371,62	19362,71

s263	135	9	64,1	705,62	1,07	0,11	0,52	0,02	246,98	0,11	0,52	0,02	117	359,89	13449,43
s264	130	9	11,9	679,49	7,98	0,11	0,50	0,02	237,71	0,11	0,50	0,02	108	348,45	12323,68
s271	215	9	65,3	1123,77	0,56	0,18	0,83	0,02	395,95	0,18	0,83	0,02	45	246,47	11966,12
s272	65	9	12,5	339,74	5,72	0,05	0,25	0,02	117,83	0,05	0,25	0,02	27	199,18	2607,01
L2721	170	9	66,00	888,56	0,39	0,14	0,66	0,02	312,01	0,14	0,66	0,02	9	129,23	3505,09

Πίνακας 9.16. η) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s24 - L2414.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή $Q_r$ [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα $\phi_i$	Μέση κλίση $Sm_i$ [%]	Ποσότητα $w_i$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Ποσότητα $\phi_i'$	Ποσότητα $w_i'$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i'$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Παροχή πραγματ. $Q_r$ [l/h]	Διάμετρος $D_i$ [mm]	Κόστος $P_i$ [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L2411	110	36	63,00	1216,61	6,38	0,16	1,49	0,02	413,37	0,16	1,45	0,02	36	171,74	3512,50
L2412	260	27	61,00	2461,39	2,44	0,33	3,01	0,02	850,93	0,32	2,99	0,02	27	159,42	7403,87
L2413	370	18	60,20	2813,19	1,33	0,37	3,44	0,02	987,72	0,38	3,47	0,02	18	142,84	8898,56
L2414	200	9	60,80	1045,36	0,98	0,14	1,28	0,02	370,34	0,14	1,30	0,02	9	117,25	3550,70

Πίνακας 9.16. θ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s25 - L2512.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή $Q_r$ [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα $\phi_i$	Μέση κλίση $Sm_i$ [%]	Ποσότητα $w_i$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Ποσότητα $\phi_i'$	Ποσότητα $w_i'$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i'$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Παροχή πραγματ. $Q_r$ [l/h]	Διάμετρος $D_i$ [mm]	Κόστος $P_i$ [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L2511	315	18	61,50	2395,02	2,62	0,48	4,17	0,02	842,65	0,47	4,11	0,02	18	133,88	6857,54
L2512	505	9	61,00	2639,54	1,07	0,52	4,60	0,02	953,82	0,53	4,65	0,02	9	110,97	8237,99

Πίνακας 9.16. ι) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s26- L2921.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή $Q_r$ [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα $\phi_i$	Μέση κλίση $Sm_i$ [%]	Ποσότητα $w_i$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Ποσότητα $\phi_i'$	Ποσότητα $w_i'$	Απόλεια φορτίου $\Delta h_i'$ [m]	Συντελεστής τριβών $f_i$	Παροχή πραγματ. $Q_r$ [l/h]	Διάμετρος $D_i$ [mm]	Κόστος $P_i$ [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
s281	130	9	64,0	679,49	2,88	0,14	0,53	0,02	237,85	0,14	0,52	0,02	90	321,27	10876,49
s282	60	9	10,8	313,61	29,97	0,06	0,24	0,02	108,73	0,06	0,24	0,02	72	292,29	4340,67
s291	145	9	63,6	757,89	1,24	0,15	0,59	0,02	265,69	0,15	0,58	0,02	54	262,11	8871,13
s292	260	9	63,5	1358,97	0,71	0,27	1,05	0,02	480,50	0,28	1,06	0,02	36	223,92	12485,18
s293	130	9	10,0	679,49	7,96	0,14	0,53	0,02	237,85	0,14	0,52	0,02	18	168,76	4040,94
L2921	225	9	63,90	1176,03	0,40	0,24	0,91	0,02	414,90	0,24	0,91	0,02	9	128,45	4596,26



Πίνακας 9.16. ια) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s26- L2612.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L2611	285	36	62,00	3152,12	2,01	0,70	4,70	0,02	1085,98	0,69	4,68	0,02	36	166,11	8645,75
L2612	180	18	61,00	1368,58	1,45	0,30	2,04	0,02	476,77	0,31	2,06	0,02	18	136,52	4038,10

Πίνακας 9.16. ιβ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s28- L2812.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L2811	260	18	62,00	1976,84	1,91	0,45	2,71	0,02	691,47	0,45	2,67	0,02	18	139,82	6051,15
L2812	455	9	61,00	2378,20	0,84	0,55	3,26	0,02	855,07	0,55	3,31	0,02	9	115,95	7940,55

Πίνακας 9.16. ιγ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s29- L2911.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L2911	200	9	62,50	1045,36	0,70	1,00	1,40	0,02	370,78	1,00	1,40	0,02	9	115,63	3475,47

Πίνακας 9.16. ιδ) Υπολογισμός των αγωγών της πλήρους διαδρομής s27- L2721.

Κόμβος ή Αγωγός	Μήκος L [m]	Παροχή ιδεατή Q <sub>r</sub> [l/h]	Υψόμετρο H [m]	Ποσότητα φ <sub>i</sub>	Μέση κλίση S <sub>m</sub> [%]	Ποσότητα w <sub>i</sub>	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Ποσότητα φ <sub>i</sub> '	Ποσότητα w <sub>i</sub> '	Απόλεια φορτίου Δh <sub>i</sub> ' [m]	Συντελεστής τριβών f <sub>i</sub>	Παροχή πραγματ. Q <sub>r</sub> [l/h]	Διάμετρος D <sub>i</sub> [mm]	Κόστος P <sub>i</sub> [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L2711	310	18	65,60	2357,00	0,34	0,70	0,60	0,02	809,30	0,70	0,60	0,02	18	192,83	11828,73
L2712	195	9	65,80	1019,23	0,17	0,30	0,26	0,02	353,79	0,30	0,26	0,02	9	158,45	5501,28

Σύνολο 2.213.792,29 €

### 10.3. Επιλογή των οικονομικών διαμέτρων του δικτύου

Από τις θεωρητικές τιμές των διαμέτρων του δικτύου, που υπολογίστηκαν παραπάνω, επιλέγονται οι διάμετροι του εμπορίου με κριτήριο την οικονομικότητα του έργου και την πλήρη αξιοποίηση του διαθέσιμου πιεζομετρικού φορτίου κάθε κόμβου. Έτσι, προέκυψαν τα αποτελέσματα του επόμενου πίνακα 9.5. Στον πίνακα υπολογίζονται επίσης η ταχύτητα ροής, οι συνολικές απώλειες τριβών, τα επιβαλλόμενα πιεζομετρικά φορτία καθώς και το ύψος πίεσης στους κόμβους του δικτύου.

Πίνακας 10.2. Τελικά αποτελέσματα της βέλτιστης λύσης

Αγωγός	Μήκος	Παροχή	Κόστος ωγίων (εξίσωση)	Διάμετρος εκλεγόμενη		Ταχύτητα Ροής	Συντελεστής τριβών	Συνολικές απώλειες	Πιεζομετρικό φορτίο		Υψόμ. εδάφους	Υψος πίεσης	Κόστος αγωγού
				Εσωτ.	Εξωτ.				Επιβαλλόμενο	Απαιτούμενο			
A/A	$L_i$ [m]	$Q_i$ $m^3/s$	$\delta_i$ [€/m]	$D_{\text{εσωτ.}}$ [mm]	$D_{\text{εξωτ.}}$ [mm]	$V_i$ [m/s]	$F$	$1,1 \cdot \Delta h$ [m]	$h_i$ [m]	$H_i$ [m]	$z_i$ [m]	$p_i/\gamma$ [m]	$P_{\text{τελ.}}$ [€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
s011	1350	729	329,57	800,0	800,0	1,45	0,013	2,65	88,74	82,00	24,0	64,7	444.919,50
s012	140	729	329,57	800,0	800,0	1,45	0,013	0,27	88,46	23,0	18,0	70,5	46.139,80
s021	170	657	273,80	700,0	700,0	1,71	0,013	0,54	87,93	75,0	17,0	70,9	46.546,00
s022	120	657	273,80	700,0	700,0	1,71	0,013	0,38	87,55	20,8	15,8	71,8	32.856,00
L0211	115	36	26,18	158,8	180,0	1,82	0,018	2,47	85,08	73,50	15,5	69,6	3.010,70
L0212	240	18	16,32	123,6	140,0	1,50	0,020	4,81	80,27	73,80	15,8	64,5	3.916,80
s031	150	639	273,80	700,0	700,0	1,66	0,013	0,45	87,10	73,2	15,2	71,9	41.070,00
s032	150	639	273,80	700,0	700,0	1,66	0,013	0,45	86,66	20,0	15,0	71,7	41.070,00
L0311	130	36	26,18	158,8	180,0	1,82	0,018	2,79	83,87	72,40	14,4	69,5	3.403,40
L0312	250	18	16,32	123,6	140,0	1,50	0,020	5,01	78,86	72,20	14,2	64,7	4.080,00
s(A)001	90	621	273,80	700,0	700,0	1,61	0,014	0,25	86,40	72,5	14,5	71,9	24.642,00
s(A)002	255	621	273,80	700,0	700,0	1,61	0,014	0,72	85,69	17,0	12,0	73,7	69.819,00
s041	115	99	92,08	313,2	355,0	1,28	0,016	0,55	87,92	24,5	19,5	68,4	10.589,20
L0411	105	27	20,54	141,2	160,0	1,72	0,019	2,32	85,60	76,20	18,2	67,4	2.156,70
L0412	270	18	16,32	123,6	140,0	1,50	0,020	5,40	80,19	75,50	17,5	62,7	4.406,40
s051	120	90	92,08	313,2	355,0	1,17	0,016	0,48	87,44	77,0	19,0	68,4	11.049,60
s052	235	90	92,08	313,2	355,0	1,17	0,016	0,94	86,49	79,0	21,0	65,5	21.638,80
s053	210	90	92,08	313,2	355,0	1,17	0,016	0,84	85,65	78,5	20,5	65,2	19.336,80
s054	85	81	73,07	278,0	315,0	1,33	0,017	0,50	85,15	25,2	20,2	65,0	6.210,95
L0511	75	45	38,44	198,6	225,0	1,45	0,018	0,79	84,36	77,80	19,8	64,6	2.883,00
L0512	190	36	38,44	198,6	225,0	1,16	0,018	1,30	83,06	77,00	19,0	64,1	7.303,60
L0513	220	27	31,80	176,4	200,0	1,10	0,019	1,58	81,48	74,20	16,2	65,3	6.996,00
L0514	200	18	26,18	158,8	180,0	0,91	0,020	1,14	80,34	73,50	15,5	64,8	5.236,00
L0515	230	9	16,32	123,6	140,0	0,75	0,021	1,24	79,09	72,10	14,1	65,0	3.753,60
L0521	270	36	58,69	220,6	250,0	0,94	0,018	1,09	84,05	77,80	19,8	64,3	15.846,30
L0522	180	27	31,80	176,4	200,0	1,10	0,019	1,29	82,76	76,50	18,5	64,3	5.724,00
L0523	200	18	26,18	158,8	180,0	0,91	0,020	1,14	81,62	75,00	17,0	64,6	5.236,00
L0524	240	9	16,32	123,6	140,0	0,75	0,021	1,30	80,33	73,00	15,0	65,3	3.916,80
s061	140	90	59,32	247,0	280,0	1,88	0,017	1,86	83,83	69,6	11,6	72,2	8.304,80
s062	75	72	58,69	220,6	250,0	1,88	0,017	1,14	82,69	16,8	11,8	70,9	4.401,75
L0611	155	36	31,80	176,4	200,0	1,47	0,018	1,94	80,75	69,50	11,5	69,3	4.929,00
L0612	185	18	20,54	141,2	160,0	1,15	0,020	1,90	78,85	70,20	12,2	66,7	3.799,90
L0621	100	36	26,18	158,8	180,0	1,82	0,018	2,15	80,54	69,00	11,0	69,5	2.618,00
L0622	190	18	16,32	123,6	140,0	1,50	0,020	3,81	76,73	67,80	9,8	66,9	3.100,80



s071	125	576	273.80	700.0	700.0	1.50	0.014	0.31	85.38	70.6	12.6	72.8	34.225.00
s072	85	576	273.80	700.0	700.0	1.50	0.014	0.21	85.17	17.8	12.8	72.4	23.273.00
s081	160	270	221.86	600.0	600.0	0.95	0.015	0.20	84.98	70.5	12.5	72.5	35.497.60
s082	135	270	221.86	600.0	600.0	0.95	0.015	0.17	84.81	17.2	12.2	72.6	29.951.10
s091	70	72	92.08	313.2	355.0	0.93	0.017	0.18	84.63	70.8	12.8	71.8	6.445.60
s092	125	63	92.08	313.2	355.0	0.82	0.017	0.26	84.37	18.0	13.0	71.4	11.510.00
L0911	250	27	26.18	158.8	180.0	1.36	0.019	3.06	81.31	70.50	12.5	68.8	6.545.00
L0912	205	9	13.31	110.2	125.0	0.94	0.021	1.95	79.36	70.40	12.4	67.0	2.728.55
L0921	110	36	59.32	247.0	280.0	0.75	0.018	0.25	84.12	72.00	14.0	70.1	6.525.20
L0922	260	18	38.44	198.6	225.0	0.58	0.020	0.48	83.63	76.20	18.2	65.4	9.994.40
s101	70	234	172.85	500.0	500.0	1.19	0.015	0.16	84.64	17.0	12.0	72.6	12.099.50
L1011	120	45	31.80	176.4	200.0	1.84	0.018	2.31	82.34	69.00	11.0	71.3	3.816.00
L1012	140	36	26.18	158.8	180.0	1.82	0.018	2.99	79.35	68.50	10.5	68.9	3.665.20
L1013	200	18	20.54	141.2	160.0	1.15	0.020	2.06	77.30	68.30	10.3	67.0	4.108.00
s111	30	216	172.85	500.0	500.0	1.10	0.015	0.06	84.58	69.8	11.8	72.8	5.185.50
s112	205	207	172.85	500.0	500.0	1.05	0.015	0.38	84.20	68.3	10.3	73.9	35.434.25
s113	35	207	172.85	500.0	500.0	1.05	0.015	0.06	84.14	15.2	10.2	73.9	6.049.75
s121	170	45	31.80	176.4	200.0	1.84	0.018	3.27	80.87	14.8	9.8	71.1	5.406.00
L1211	195	9	13.31	110.2	125.0	0.94	0.021	1.85	79.01	67.00	9.0	70.0	2.595.45
L1221	105	36	26.18	158.8	180.0	1.82	0.018	2.24	78.62	67.00	9.0	69.6	2.748.90
L1222	210	18	20.54	141.2	160.0	1.15	0.020	2.16	76.46	66.20	8.2	68.3	4.313.40
s131	200	180	172.85	441.2	500.0	1.18	0.015	0.54	83.60	67.0	9.0	74.6	34.570.00
s132	280	180	172.85	441.2	500.0	1.18	0.015	0.75	82.84	66.9	8.9	73.9	48.398.00
s133	415	180	172.85	441.2	500.0	1.18	0.015	1.12	81.73	12.0	7.0	74.7	71.732.75
s141	200	63	38.44	198.6	225.0	2.03	0.017	4.00	77.73	10.0	5.0	72.7	7.688.00
L1411	95	27	26.18	158.8	180.0	1.36	0.019	1.16	76.57	63.50	5.5	71.1	2.487.10
L1412	220	18	20.54	141.2	160.0	1.15	0.020	2.26	74.31	63.80	5.8	68.5	4.518.80
L1421	90	36	26.18	158.8	180.0	1.82	0.018	1.92	75.81	64.00	6.0	69.8	2.356.20
L1422	185	18	20.54	141.2	160.0	1.15	0.020	1.90	73.91	65.00	7.0	66.9	3.799.90
s151	105	144	141.45	397.0	450.0	1.16	0.016	0.31	81.42	64.0	6.0	75.4	14.852.25
s152	220	144	141.45	397.0	450.0	1.16	0.016	0.65	80.76	63.0	5.0	75.8	31.119.00
s153	105	135	141.45	397.0	450.0	1.09	0.016	0.28	80.49	9.0	4.0	76.5	14.852.25
L1511	170	54	58.69	220.6	250.0	1.41	0.017	1.49	79.00	61.50	3.5	75.5	9.977.30
L1512	280	45.0	38.44	198.6	225.0	1.45	0.018	2.94	76.05	61.00	3.0	73.1	10.763.20
L1513	235	36	38.44	198.6	225.0	1.16	0.018	1.62	74.44	60.50	2.5	71.9	9.033.40
L1514	215	27	31.80	176.4	200.0	1.10	0.019	1.54	72.90	60.00	2.0	70.9	6.837.00
L1515	230	18	26.18	158.8	180.0	0.91	0.020	1.31	71.58	59.50	1.5	70.1	6.021.40
L1516	220	9	16.32	123.6	140.0	0.75	0.021	1.19	70.40	59.00	1.0	69.4	3.590.40
s161	235	108	114.45	353.0	400.0	1.10	0.016	0.72	79.76	62.5	4.5	75.3	26.895.75
s162	405	108	114.45	353.0	400.0	1.10	0.016	1.25	78.52	62.0	4.0	74.5	46.352.25
s163	305	99	114.45	353.0	400.0	1.01	0.016	0.80	77.72	61.8	3.8	73.9	34.907.25
s164	180	90	114.45	353.0	400.0	0.92	0.016	0.40	77.32	63.5	5.5	71.8	20.601.00
s165	160	90	114.45	353.0	400.0	0.92	0.016	0.35	76.97	11.0	6.0	71.0	18.312.00
L1611	230	9	13.31	110.2	125.0	0.94	0.021	2.19	74.78	65.00	7.0	67.8	3.061.30
L1621	230	18	16.32	123.6	140.0	1.50	0.020	4.61	72.36	63.00	5.0	67.4	3.753.60
s171	110	90	114.45	353.0	400.0	0.92	0.016	0.24	76.73	63.0	5.0	71.7	12.589.50
s172	230	72	92.08	313.2	355.0	0.93	0.017	0.60	76.13	9.0	4.0	72.1	21.178.40
L1711	100	36	59.32	247.0	280.0	0.75	0.018	0.23	75.90	61.00	3.0	72.9	5.932.00
L1712	165	18	38.44	198.6	225.0	0.58	0.020	0.31	75.59	66.00	8.0	67.6	6.342.60
L1721	110	36	58.69	220.6	250.0	0.94	0.018	0.45	75.68	66.00	8.0	67.7	6.455.90
L1722	160	18	16.32	123.6	140.0	1.50	0.020	3.22	72.46	61.00	3.0	69.5	2.611.20
s181	130	351	221.86	600.0	600.0	1.24	0.014	0.27	84.91	70.0	12.0	72.9	28.841.80
s182	280	342	221.86	600.0	600.0	1.21	0.014	0.55	84.36	67.6	9.6	74.8	62.120.80
s183	320	333	221.86	600.0	600.0	1.18	0.014	0.60	83.76	12.7	7.7	76.1	70.995.20
L1811	95	63	38.44	198.6	225.0	2.03	0.017	1.91	81.85	65.20	7.2	74.7	3.651.80
L1812	250	45	31.80	176.4	200.0	1.84	0.018	4.80	77.05	63.80	5.8	71.3	7.950.00
L1813	180	27	26.18	158.8	180.0	1.36	0.019	2.21	74.84	63.00	5.0	69.8	4.712.40
L1814	120	18	20.54	141.2	160.0	1.15	0.020	1.23	73.61	62.00	4.0	69.6	2.464.80
s191	305	90	73.07	278.0	315.0	1.48	0.016	2.21	81.55	65.5	7.5	74.1	22.286.35
s192	140	81	73.07	278.0	315.0	1.33	0.017	0.83	80.72	12.8	7.8	72.9	10.229.80
L1911	180	36	26.18	158.8	180.0	1.82	0.018	3.84	76.88	64.50	6.5	70.4	4.712.40



L1912	100	27	26.18	158.8	180.0	1.36	0.019	1.22	75.66	64.00	6.0	69.7	2.618.00
L1913	265	18	20.54	141.2	160.0	1.15	0.020	2.72	72.94	62.00	4.0	68.9	5.443.10
s201	275	45	58.69	220.6	250.0	1.18	0.018	1.72	79.00	65.5	7.5	71.5	16.139.75
s202	130	36	38.44	198.6	225.0	1.16	0.018	0.89	78.10	12.0	7.0	71.1	4.997.20
L2011	395	18	20.54	141.2	160.0	1.15	0.020	4.05	74.05	62.50	4.5	69.6	8.113.30
L2021	100	18	20.54	141.2	160.0	1.15	0.020	1.03	77.08	64.00	6.0	71.1	2.054.00
L2022	195	9	13.31	110.2	125.0	0.94	0.021	1.85	75.22	63.00	5.0	70.2	2.595.45
s211	450	270	172.85	500.0	500.0	1.38	0.015	1.41	82.36	65.8	7.8	74.6	77.782.50
s212	170	261	172.85	500.0	500.0	1.33	0.015	0.50	81.86	65.0	7.0	74.9	29.384.50
s213	265	252	172.85	500.0	500.0	1.28	0.015	0.72	81.14	11.5	6.5	74.6	45.805.25
L2111	170	45	38.44	198.6	225.0	1.45	0.018	1.79	79.35	65.00	7.0	72.4	6.534.80
L2112	170	27	26.18	158.8	180.0	1.36	0.019	2.08	77.27	65.50	7.5	69.8	4.450.60
L2113	130	18	20.54	141.2	160.0	1.15	0.020	1.33	75.94	66.20	8.2	67.7	2.670.20
s221	105	234	172.85	500.0	500.0	1.19	0.015	0.25	80.90	64.0	6.0	74.9	18.149.25
s222	115	225	172.85	500.0	500.0	1.15	0.015	0.25	80.64	10.5	5.5	75.1	19.877.75
L2211	90	36	20.54	141.2	160.0	2.30	0.018	3.49	77.15	63.00	5.0	72.2	1.848.60
L2212	205	18	16.32	123.6	140.0	1.50	0.020	4.13	73.02	61.50	3.5	69.5	3.345.60
s231	255	207	172.85	500.0	500.0	1.05	0.015	0.47	80.17	62.8	4.8	75.4	44.076.75
s232	165	198	172.85	441.2	500.0	1.30	0.015	0.53	79.63	63.5	5.5	74.1	28.520.25
s233	80	189	172.85	441.2	500.0	1.24	0.015	0.24	79.40	10.9	5.9	73.5	13.828.00
L2311	135	63	73.07	278.0	315.0	1.04	0.017	0.50	78.90	64.10	6.1	72.8	9.864.45
L2312	260	54	73.07	278.0	315.0	0.89	0.017	0.72	78.18	65.00	7.0	71.2	18.998.20
L2313	235	36	59.32	247.0	280.0	0.75	0.018	0.54	77.64	67.00	9.0	68.6	13.940.20
L2314	235	18	38.44	198.6	225.0	0.58	0.020	0.44	77.20	68.20	10.2	67.0	9.033.40
s241	145	162	172.85	441.2	500.0	1.06	0.015	0.32	79.08	11.0	6.0	73.1	25.063.25
L2411	110	36	31.80	176.4	200.0	1.47	0.018	1.37	77.71	63.00	5.0	72.7	3.498.00
L2412	260	27	31.80	176.4	200.0	1.10	0.019	1.87	75.84	61.00	3.0	72.8	8.268.00
L2413	370	18	26.18	158.8	180.0	0.91	0.020	2.11	73.73	60.20	2.2	71.5	9.686.60
L2414	200	9	16.32	123.6	140.0	0.75	0.021	1.08	72.65	60.80	2.8	69.9	3.264.00
s251	65	144	141.45	397.0	450.0	1.16	0.016	0.19	78.89	11.0	6.0	72.9	9.194.25
L2511	315	18	20.54	141.2	160.0	1.15	0.020	3.23	75.65	61.50	3.5	72.2	6.470.10
L2512	505	9	16.32	123.6	140.0	0.75	0.021	2.73	72.93	61.00	3.0	69.9	8.241.60
s261	75	135	141.45	397.0	450.0	1.09	0.016	0.20	78.69	63.8	5.8	72.9	10.608.75
s262	185	126	141.45	397.0	450.0	1.02	0.016	0.43	78.26	63.6	5.6	72.7	26.168.25
s263	135	117	141.45	397.0	450.0	0.95	0.016	0.27	77.99	64.1	6.1	71.9	19.095.75
s264	130	108	114.45	353.0	400.0	1.10	0.016	0.40	77.58	11.9	6.9	70.7	14.878.50
L2611	285	36	31.80	176.4	200.0	1.47	0.018	3.56	74.03	62.00	4.0	70.0	9.063.00
L2612	180	18	20.54	141.2	160.0	1.15	0.020	1.85	72.18	61.00	3.0	69.2	3.697.20
s271	215	45	59.32	247.0	280.0	0.94	0.018	0.76	76.82	65.3	7.3	69.5	12.753.80
s272	65	27	58.69	220.6	250.0	0.71	0.019	0.16	76.67	12.5	7.5	69.2	3.814.85
L2711	310	18	38.44	198.6	225.0	0.58	0.020	0.58	76.09	65.60	7.6	68.5	11.916.40
L2712	195	9	26.18	158.8	180.0	0.45	0.021	0.30	75.79	65.80	7.8	68.0	5.105.10
L2721	170	9	20.54	141.2	160.0	0.57	0.021	0.47	76.20	66.00	8.0	68.2	3.491.80
s281	130	90	114.45	353.0	400.0	0.92	0.016	0.29	77.30	64.0	6.0	71.3	14.878.50
s282	60	72	92.08	313.2	355.0	0.93	0.017	0.16	77.14	10.8	5.8	71.3	5.524.80
L2811	260	18	20.54	141.2	160.0	1.15	0.020	2.67	74.48	62.00	4.0	70.5	5.340.40
L2812	455	9	16.32	123.6	140.0	0.75	0.021	2.46	72.02	61.00	3.0	69.0	7.425.60
s291	145	54	73.07	278.0	315.0	0.89	0.017	0.40	76.74	63.6	5.6	71.1	10.595.15
s292	260	36	59.32	247.0	280.0	0.75	0.018	0.60	76.14	63.5	5.5	70.6	15.423.20
s293	130	18	31.80	176.4	200.0	0.74	0.020	0.44	75.70	10.0	5.0	70.7	4.134.00
L2911	200	9	16.32	123.6	140.0	0.75	0.021	1.08	74.62	62.50	4.5	70.1	3.264.00
L2921	225	9	20.54	141.2	160.0	0.57	0.021	0.62	75.09	63.90	5.9	69.2	4.621.50

Συνολικό Κόστος δικτύου P<sub>Δ</sub> = 2.538.141,10 €

#### 10.4. Τροποποίηση της λύσης

Από τον πίνακα 10.2 διαπιστώνεται ότι, με τις διαμέτρους που επιλέχθηκαν, προκύπτει σε πολλούς κόμβους διαθέσιμο φορτίο πίεσης αρκετά μεγαλύτερο από τα απαιτούμενα 58 m. Με στόχο την οικονομικότητα του δικτύου τροποποιούνται οι επιλεγείσες διάμετροι των αγωγών ως εξής:

Πίνακας 10.3. Τελικά αποτελέσματα της τροποποιημένης λύσης.

Αγωγός	Παροχή	Κόστος αγωγών (εξίσωση)	Μήκος	Διάμετρος εκλεγόμενη		Ταχύτητα Ροής	Συντελεστής τριβών	Συνολικές απώλειες	Πιεζομετρικό φορτίο		Υψόμ. εδάφους	Ύψος πίεσης	Κόστος αγωγού
				Εσωτ.	Εξωτ.				Επιβαλλόμενο	Απαιτούμενο			
	$Q_i$	$\delta_i$	$L_i$	$D_{iεσωτ.}$	$D_{iεξωτ.}$	$V_i$	$F$	$l, 1, \Delta h$	$h_i$	$H_i$	$z_i$	$p_i/\gamma$	$P_{iεξ.}$
A/A	m <sup>3</sup> /s	[€/m]	[m]	[mm]	[mm]	[m/s]		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[€]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
s011	729	329,57	1350	800,0	800	1,45	0,013	2,64	88,75	82,00	24,0	64,8	444.919,50
s012	729	329,57	140	800,0	800	1,45	0,013	0,27	88,47	23,0	18,0	70,5	46.139,80
s021	657	329,57	170	800,0	800	1,31	0,013	0,27	88,20	75,0	17,0	71,2	56.026,90
s022	657	329,57	120	800,0	800	1,31	0,013	0,19	88,01	20,8	15,8	72,2	39.548,40
L0211	36	26,18	115	158,8	180	1,82	0,018	2,45	85,56	73,50	15,5	70,1	3.010,70
L0212	18	16,32	240	123,6	140	1,50	0,020	4,80	80,75	73,80	15,8	65,0	3.916,80
s031	639	329,57	150	800,0	800	1,27	0,013	0,23	87,78	73,2	15,2	72,6	49.435,50
s032	639	329,57	150	800,0	800	1,27	0,013	0,23	87,55	20,0	15,0	72,6	49.435,50
L0311	36	26,18	130	158,8	180	1,82	0,018	2,77	84,78	72,40	14,4	70,4	3.403,40
L0312	18	16,32	250	123,6	140	1,50	0,020	5,00	79,78	72,20	14,2	65,6	4.080,00
s(A)001	621	329,57	90	800,0	800	1,24	0,013	0,13	87,42	72,5	14,5	72,9	29.661,30
s(A)002	621	329,57	255	800,0	800	1,24	0,013	0,37	87,05	17,0	12,0	75,1	84.040,35
s041	99	73,07	115	278,0	315	1,63	0,016	1,00	87,47	24,5	19,5	68,0	8.403,05
L0411	27	20,54	105	141,2	160	1,72	0,019	2,32	85,15	76,20	18,2	67,0	2.156,70
L0412	18	16,32	270	123,6	140	1,50	0,020	5,40	79,75	75,50	17,5	62,3	4.406,40
s051	90	59,32	120	247,0	280	1,88	0,016	1,59	85,88	77,0	19,0	66,9	7.118,40
s052	90	59,32	235	247,0	280	1,88	0,016	3,11	82,77	79,0	21,0	61,8	13.940,20
s053	90	59,32	210	247,0	280	1,88	0,016	2,78	80,00	78,5	20,5	59,5	12.457,20
s054	81	59,32	85	247,0	280	1,69	0,017	0,92	79,08	25,2	20,2	58,9	5.042,20
L0511	45	59,32	6	247,0	280	0,94	0,018	0,74	78,33	77,80	19,8	58,5	355,92
		38,44	69	198,6	225	1,45	0,018						2.652,36
L0512	36	38,44	190	198,6	225	1,16	0,018	1,30	77,03	77,00	19,0	58,0	7.303,60
L0513	27	31,80	60	176,4	200	1,10	0,019	2,38	74,65	74,20	16,2	58,5	1.908,00
		26,18	160	158,8	180	1,36	0,019						4.188,80
L0514	18	26,18	200	158,8	180	0,91	0,020	1,14	73,51	73,50	15,5	58,0	5.236,00
L0515	9	16,32	230	123,6	140	0,75	0,021	1,24	72,27	72,10	14,1	58,2	3.753,60
L0521	36	58,69	210	220,6	250	0,94	0,018	1,27	77,81	77,80	19,8	58,0	12.324,90
		38,44	60	198,6	225	1,17	0,018						2.306,40
L0522	27	31,80	180	176,4	200	1,10	0,019	1,29	76,52	76,50	18,5	58,0	5.724,00
L0523	18	26,18	118	158,8	180	0,91	0,020	1,51	75,01	75,00	17,0	58,0	3.089,24
		20,54	82	141,2	160	1,15	0,020						1.684,28
L0524	9	20,54	48	141,2	160	0,58	0,021	1,96	73,04	73,00	15,0	58,0	985,92
		13,31	192	110,2	125	0,94	0,021						2.555,52
s061	90	59,32	140	247,0	280	1,88	0,016	1,85	85,20	69,6	11,6	73,6	8.304,80
s062	72	58,69	75	220,6	250	1,88	0,017	1,14	84,06	16,8	11,8	72,3	4.401,75
L0611	36	26,18	155	158,8	180	1,82	0,018	3,30	80,76	69,50	11,5	69,3	4.057,90
L0612	18	16,32	185	123,6	140	1,50	0,020	3,70	77,05	70,20	12,2	64,9	3.019,20
L0621	36	26,18	100	158,8	180	1,82	0,018	2,13	81,93	69,00	11,0	70,9	2.618,00
L0622	18	16,32	190	123,6	140	1,50	0,020	3,80	78,12	67,80	9,8	68,3	3.100,80
s071	576	221,86	125	600,0	600	2,04	0,016	0,77	86,28	70,6	12,6	73,7	27.732,50
s072	576	221,86	85	600,0	600	2,04	0,016	0,53	85,75	17,8	12,8	73,0	18.858,10
s081	270	172,85	160	441,2	500	1,77	0,015	0,94	84,81	70,5	12,5	72,3	27.656,00
s082	270	172,85	135	441,2	500	1,77	0,015	0,79	84,02	17,2	12,2	71,8	23.334,75
s091	72	58,69	70	220,6	250	1,88	0,017	1,06	82,96	70,8	12,8	70,2	4.108,30
s092	63	58,69	125	220,6	250	1,65	0,017	1,48	81,49	18,0	13,0	68,5	7.336,25
L0911	27	20,54	250	141,2	160	1,72	0,019	5,52	75,97	70,50	12,5	63,5	5.135,00
L0912	9	10,62	205	97,0	110	1,22	0,021	3,74	72,23	70,40	12,4	59,8	2.177,10



L0921	36	26.18	110	158.8	180	1.82	0.018	2.34	79.14	72.00	14.0	65.1	2.879,80
L0922	18	20.54	260	141.2	160	1.15	0.020	2.66	76.48	76.20	18,2	58,3	5.340,40
s101	234	141.45	70	397.0	450	1.89	0.015	0.53	83.50	17,0	12,0	71,5	9.901,50
L1011	45	31.80	120	176.4	200	1.84	0.018	2.30	81.20	69.00	11,0	70,2	3.816,00
L1012	36	26.18	140	158.8	180	1.82	0.018	2.98	78.22	68.50	10,5	67,7	3.665,20
L1013	18	16.32	200	123.6	140	1.50	0.020	4.00	74.22	68.30	10,3	63,9	3.264,00
s111	216	141.45	30	397.0	450	1.74	0.015	0.19	83.31	69,8	11,8	71,5	4.243,50
s112	207	141.45	205	397.0	450	1.67	0.015	1.22	82.09	68,3	10,3	71,8	28.997,25
s113	207	141.45	35	397.0	450	1.67	0.015	0.21	81.88	15,2	10,2	71,7	4.950,75
s121	45	31.80	170	176.4	200	1.84	0.018	3.25	78.63	14,8	9,8	68,8	5.406,00
L1211	9	10.62	195	97.0	110	1.22	0.021	3.56	75.07	67.00	9,0	66,1	2.070,90
L1221	36	26.18	105	158.8	180	1.82	0.018	2.24	76.39	67.00	9,0	67,4	2.748,90
L1222	18	16.32	210	123.6	140	1.50	0.020	4.20	72.19	66.20	8,2	64,0	3.427,20
s131	180	114.45	200	353.0	400	1.84	0.015	1.65	80.23	67,0	9,0	71,2	22.890,00
s132	180	114.45	280	353.0	400	1.84	0.015	2.31	77.93	66,9	8,9	69,0	32.046,00
s133	180	114.45	415	353.0	400	1.84	0.015	3.42	74.51	12,0	7,0	67,5	47.496,75
s141	63	58.69	200	220.6	250	1.65	0.017	2.36	72.14	10,0	5,0	67,1	11.738,00
L1411	27	20.54	95	141.2	160	1.72	0.019	2.10	70.05	63.50	5,5	64,6	1.951,30
L1412	18	16.32	220	123.6	140	1.50	0.020	4.40	65.64	63.80	5,8	59,8	3.590,40
L1421	36	26.18	90	158.8	180	1.82	0.018	1.92	70.23	64.00	6,0	64,2	2.356,20
L1422	18	16.32	185	123.6	140	1.50	0.020	3.70	66.52	65.00	7,0	59,5	3.019,20
s151	144	114.45	105	353.0	400	1.47	0.016	0.56	73.94	64,0	6,0	67,9	12.017,25
s152	144	114.45	220	353.0	400	1.47	0.016	1.18	72.76	63,0	5,0	67,8	25.179,00
s153	135	114.45	105	353.0	400	1.38	0.016	0.50	72.27	9,0	4,0	68,3	12.017,25
L1511	54	38.44	170	198.6	225	1.74	0.017	2.53	69.74	61.50	3,5	66,2	6.534,80
L1512	45,0	38.44	190	198.6	225	1.45	0.018	3.74	66.00	61.00	3,0	63,0	7.303,60
		31.80	90	176.4	200	1.85	0.018						2.862,00
L1513	36	31.80	235	176.4	200	1.47	0.018	2.92	63.08	60.50	2,5	60,6	7.473,00
L1514	27	31.80	215	176.4	200	1.10	0.019	1.54	61.54	60.00	2,0	59,5	6.837,00
L1515	18	26.18	230	158.8	180	0.91	0.020	1.31	60.23	59.50	1,5	58,7	6.021,40
L1516	9	20.54	220	141.2	160	0.57	0.021	0.60	59.62	59.00	1,0	58,6	4.518,80
s161	108	92.08	235	313.2	355	1.40	0.016	1.33	70.94	62,5	4,5	66,4	21.638,80
s162	108	114.45	405	353.0	400	1.10	0.016	1.25	69.69	62,0	4,0	65,7	46.352,25
s163	99	114.45	305	353.0	400	1.01	0.016	0.80	68.89	61,8	3,8	65,1	34.907,25
s164	90	114.45	180	353.0	400	0.92	0.016	0.40	68.50	63,5	5,5	63,0	20.601,00
s165	90	114.45	160	353.0	400	0.92	0.016	0.35	68.14	11,0	6,0	62,1	18.312,00
L1611	9	13.31	230	110.2	125	0.94	0.021	2.19	65.96	65.00	7,0	59,0	3.061,30
L1621	18	16.32	230	123.6	140	1.50	0.020	4.60	63.54	63.00	5,0	58,5	3.753,60
s171	90	92.08	110	313.2	355	1.17	0.016	0.44	67.70	63,0	5,0	62,7	10.128,80
s172	72	92.08	230	313.2	355	0.94	0.017	0.61	67.09	9,0	4,0	63,1	21.178,40
L1711	36	38.44	100	198.6	225	1.16	0.018	0.69	66.41	61.00	3,0	63,4	3.844,00
L1712	18	38.44	165	198.6	225	0.58	0.020	0.31	66.10	66.00	8,0	58,1	6.342,60
L1721	36	38.44	50	198.6	225	1.16	0.018	1.09	66.00	66.00	8,0	58,0	1.922,00
		31.80	60	176.4	200	1.47	0.018						1.908,00
L1722	18	16.32	160	123.6	140	1.50	0.020	3.20	62.80	61.00	3,0	59,8	2.611,20
s181	351	172.85	130	500.0	500	1.79	0.017	0.78	84.97	70,0	12,0	73,0	22.470,50
s182	342	172.85	280	500.0	500	1.74	0.017	1.58	83.39	67,6	9,6	73,8	48.398,00
s183	333	172.85	320	500.0	500	1.70	0.017	1.73	81.67	12,7	7,7	74,0	55.312,00
L1811	63	58.69	95	220.6	250	1.65	0.017	1.12	80.54	65.20	7,2	73,3	5.575,55
L1812	45	31.80	250	176.4	200	1.84	0.018	4.78	75.76	63.80	5,8	70,0	7.950,00
L1813	27	20.54	180	141.2	160	1.72	0.019	3.97	71.79	63.00	5,0	66,8	3.697,20
L1814	18	16.32	120	123.6	140	1.50	0.020	2.40	69.39	62.00	4,0	65,4	1.958,40
s191	90	59.32	305	247.0	280	1.88	0.016	4.04	77.63	65,5	7,5	70,1	18.092,60
s192	81	59.32	140	247.0	280	1.69	0.017	1.51	76.12	12,8	7,8	68,3	8.304,80
L1911	36	26.18	180	158.8	180	1.82	0.018	3.83	72.29	64.50	6,5	65,8	4.712,40
L1912	27	20.54	100	141.2	160	1.72	0.019	2.21	70.08	64.00	6,0	64,1	2.054,00
L1913	18	16.32	265	123.6	140	1.50	0.020	5.30	64.78	62.00	4,0	60,8	4.324,80
s201	45	31.80	275	176.4	200	1.84	0.018	5.26	70.86	65,5	7,5	63,4	8.745,00
s202	36	26.18	130	158.8	180	1.82	0.018	2.77	68.09	12,0	7,0	61,1	3.403,40
L2011	18	20.54	240	141.2	160	1.15	0.020	5.56	62.53	62.50	4,5	58,0	4.929,60
		16.32	155	123.6	140	1.50	0.020						2.529,60





L2021	18	16.32	100	123.6	140	1.50	0.020	2.00	66.09	64.00	6.0	60.1	1.632,00
L2022	9	13.31	195	110.2	125	0.94	0.021	1.85	64.24	63.00	5.0	59.2	2.595,45
s211	270	172.85	450	441.2	500	1.77	0.015	2.63	79.03	65.8	7.8	71.2	77.782,50
s212	261	172.85	170	441.2	500	1.71	0.015	0.93	78.10	65.0	7.0	71.1	29.384,50
s213	252	141.45	265	397.0	450	2.04	0.015	2.31	75.79	11.5	6.5	69.3	37.484,25
L2111	45	31.80	170	176.4	200	1.84	0.018	3.25	72.54	65.00	7.0	65.5	5.406,00
L2112	27	20.54	170	141.2	160	1.72	0.019	3.75	68.79	65.50	7.5	61.3	3.491,80
L2113	18	20.54	2	141.2	160	1.15	0.020	2.58	66.21	66.20	8.2	58.0	41,08
		16.32	128	123.6	140	1.50	0.020						2.088,96
s221	234	141.45	105	397.0	450	1.89	0.015	0.79	75.00	64.0	6.0	69.0	14.852,25
s222	225	141.45	115	397.0	450	1.82	0.015	0.81	74.20	10.5	5.5	68.7	16.266,75
L2211	36	26.18	90	158.8	180	1.82	0.018	1.92	72.28	63.00	5.0	67.3	2.356,20
L2212	18	16.32	205	123.6	140	1.50	0.020	4.10	68.18	61.50	3.5	64.7	3.345,60
s231	207	141.45	255	397.0	450	1.67	0.015	1.51	72.68	62.8	4.8	67.9	36.069,75
s232	198	141.45	165	397.0	450	1.60	0.015	0.90	71.78	63.5	5.5	66.3	23.339,25
s233	189	141.45	80	397.0	450	1.53	0.015	0.40	71.38	10.9	5.9	65.5	11.316,00
L2311	63	73.07	80	278.0	315	1.04	0.017	0.66	70.72	64.10	6.1	64.6	5.845,60
		59.32	55	247.0	280	1.31	0.017						3.262,60
L2312	54	59.32	260	247.0	280	1.13	0.017	1.30	69.42	65.00	7.0	62.4	15.423,20
L2313	36	58.69	235	220.6	250	0.94	0.018	0.95	68.46	67.00	9.0	59.5	13.792,15
L2314	18	58.69	235	220.6	250	0.47	0.020	0.26	68.20	68.20	10.2	58.0	13.792,15
s241	162	141.45	145	397.0	450	1.31	0.015	0.54	70.84	11.0	6.0	64.8	20.510,25
L2411	36	26.18	110	158.8	180	1.82	0.018	2.34	68.49	63.00	5.0	63.5	2.879,80
L2412	27	26.18	260	158.8	180	1.36	0.019	3.17	65.32	61.00	3.0	62.3	6.806,80
L2413	18	26.18	78	158.8	180	0.91	0.020	3.44	61.88	60.20	2.2	59.7	2.042,04
		20.54	292	141.2	160	1.15	0.020						5.997,68
L2414	9	16.32	200	123.6	140	0.75	0.021	1.08	60.80	60.80	2.8	58.0	3.264,00
s251	144	114.45	65	353.0	400	1.47	0.016	0.35	70.49	11.0	6.0	64.5	7.439,25
L2511	18	16.32	315	123.6	140	1.50	0.020	6.30	64.18	61.50	3.5	60.7	5.140,80
L2512	9	16.32	395	123.6	140	0.75	0.021	3.18	61.00	61.00	3.0	58.0	6.446,40
		13.31	110	110.2	125	0.94	0.021						1.464,10
s261	135	114.45	75	353.0	400	1.38	0.016	0.36	70.13	63.8	5.8	64.3	8.583,75
s262	126	114.45	185	353.0	400	1.29	0.016	0.77	69.36	63,6	5,6	63,8	21.173,25
s263	117	114.45	135	353.0	400	1.20	0.016	0.49	68.87	64.1	6.1	62.8	15.450,75
s264	108	92.08	130	313.2	355	1.40	0.016	0.73	68.14	11.9	6.9	61.2	11.970,40
L2611	36	31.80	90	176.4	200	1.47	0.018	5.27	62.86	62.00	4.0	58.9	2.862,00
		26.18	195	158.8	180	1.82	0.018						5.105,10
L2612	18	20.54	180	141.2	160	1.15	0.020	1.84	61.02	61.00	3.0	58.0	3.697,20
s271	45	59.32	106	247.0	280	0.94	0.018	1.05	67.08	65.3	7.3	59.8	6.287,92
		58.69	109	220.6	250	1.18	0.018						6.397,21
s272	27	58.69	65	220.6	250	0.71	0.019	0.16	66.93	12.5	7.5	59.4	3.814,85
L2711	18	58.69	310	220.6	250	0.47	0.020	0.34	66.58	65.60	7.6	59.0	18.193,90
L2712	9	26.18	195	158.8	180	0.45	0.022	0.30	66.28	65.80	7.8	58.5	5.105,10
L2721	9	16.32	170	123.6	140	0.75	0.021	0.92	66.01	66.00	8.0	58.0	2.774,40
s281	90	92.08	130	313.2	355	1.17	0.016	0.52	67.61	64.0	6.0	61.6	11.970,40
s282	72	73.07	60	278.0	315	1.19	0.017	0.29	67.33	10.8	5.8	61.5	4.384,20
L2811	18	20.54	137	141.2	160	1.15	0.020	3.87	63.46	62.00	4.0	59.5	2.813,98
		16.32	123	123.6	140	1.50	0.020						2.007,36
L2812	9	16.32	455	123.6	140	0.75	0.021	2.46	61.00	61.00	3.0	58.0	7.425,60
s291	54	58.69	145	220.6	250	1.41	0.017	1.27	66.06	63.6	5.6	60.5	8.510,05
s292	36	58.69	180	220.6	250	0.94	0.018	1.28	64.78	63.5	5.5	59.3	10.564,20
		38.44	80	198.6	225	1.16	0.018						3.075,20
s293	18	38.44	130	198.6	225	0.58	0.020	0.24	64.54	10.0	5.0	59.5	4.997,20
L2911	9	13.31	200	110.2	125	0.95	0.021	1.95	62.59	62.50	4.5	58.1	2.662,00
L2921	9	20.54	225	141.2	160	0.57	0.021	0.62	63.92	63.90	5.9	58.0	5.237,70

Συνολικό κόστος δικτύου P<sub>Δ</sub> = 2.314.640,37 €



## 10.5. Υπολογισμός του συνολικού ετήσιου κόστους του δικτύου

Σύμφωνα με την ανάλυση που γίνεται στην παράγραφο 7.5.2, το συνολικό ετήσιο κόστος του έργου ανηγμένο σε αρχικό κεφάλαιο είναι :

$$P_{ET} = 0,110589P_{\Delta} + 1693,94H_{man} \text{ [€]}.$$

Είναι  $P_{\Delta} = 2.314.640,37 \text{ €}$  και,  $H_{man} = 87,05 - 12,00 = 75,05 \text{ m}$

Επομένως,  $P_{ET} = 382.713,21 \text{ €}$ .

# 11

## Σύγκριση μεθόδων - Συμπεράσματα

### 11.1. Γενικά

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων της μεθόδου του Labye που πραγματοποιήθηκε κατά την οριστική μελέτη του έργου στο δίκτυο Λάμαρης του νομού Πρεβέζης και την εφαρμογή των μεθόδων βελτιστοποίησης του γραμμικού προγραμματισμού, της απλοποιημένης μεθόδου και της τροποποιημένης μεθόδου του Μ. Θεοχάρη, οδηγούν στο γενικό συμπέρασμα ότι οι διαφορές των τεσσάρων μεθόδων είναι πολύ μικρές.

Παρ' όλα αυτά επιδιώκεται μια λεπτομερής συγκριτική αξιολόγηση των τεσσάρων μεθόδων βελτιστοποίησης στο συγκεκριμένο ολοκληρωμένο αρδευτικό δίκτυο βαρύτητας και η διεξαγωγή .

Επιπλέον επιδιώκεται, εφόσον κάποια από τις νέες απλοποιημένες μεθόδους βελτιστοποίησης δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα, μελλοντικά, να αποτελέσει εργαλείο για τη μόρφωση ειδικού υπολογιστικού προγράμματος που θα είναι ικανό να αντιμετωπίζει εξολοκλήρου το σχεδιασμό και τη διερεύνηση των συνθηκών της ροής του νερού μέσα σε δίκτυα με κλειστούς υπό πίεση αγωγούς, πράγμα που ήταν πολύ δύσκολο με τις επικρατούσες μεθόδους.

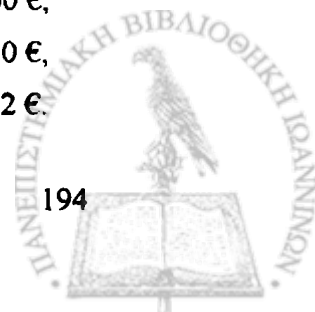
### 11.2. Σύγκριση αποτελεσμάτων

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή των μεθόδων βελτιστοποίησης του γραμμικού προγραμματισμού, της απλοποιημένης μεθόδου και της τροποποιημένης μεθόδου του Μ. Θεοχάρη, έγινε με τις επεξεργασμένες τελικές τιμές, καθώς η απλοποιημένη και τροποποιημένη μέθοδος δίνουν τυχαίες τιμές των διαμέτρων των αγωγών και χρειάζεται επεξεργασία ώστε να επιλεγούν τυποποιημένες τιμές τους.

#### 11.2.1. Το συνολικό κόστος του δικτύου

Από τις προκύπτουσες διαμέτρους και τα αντίστοιχα μήκη των αγωγών παρατηρείται ότι, το συνολικό κόστος του δικτύου της Λάμαρης στην περιοχή της Πρέβεζας είναι:

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| i) με τη μέθοδο του Labye, όπως αυτή εφαρμόστηκε από την εγκεκριμένη μελέτη του έργου: | $P = 2.450.276,09 \text{ €}$ , |
| ii) με την ασυνεχή μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού:                               | $P = 2.300.218,60 \text{ €}$ , |
| iii) με την απλοποιημένη μέθοδο του Μ. Θεοχάρη:  | $P = 2.407.935,30 \text{ €}$ , |
| iv) με την τροποποιημένη μέθοδο του Μ. Θεοχάρη:  | $P = 2.315.164,92 \text{ €}$ . |



Οι αντίστοιχες διαφορές έχουν ως εξής:

α) Το συνολικό κόστος που προέκυψε με τη μέθοδο του **Labye** είναι κατά **6,5 % αυξημένο** έναντι αυτού που προέκυψε με την εφαρμογή του **γραμμικού προγραμματισμού** (2.450.276,09 € έναντι 2.300.218,60 €). το οποίο οφείλεται στις μικρές διαφορές των παροχών των αγωγών.

Η σχετικά μεγάλη απόκλιση της μεθόδου του **Labye** οφείλεται στο γεγονός ότι κατά την εφαρμογή της οι παροχές σημαντικού αριθμού αγωγών δεν είναι αυτές που προκύπτουν από τον τύπο του **Cleman**.

β) Το συνολικό κόστος που προέκυψε με τη μέθοδο του **Labye** είναι κατά **2,1 % αυξημένο** έναντι αυτού που προέκυψε με την εφαρμογή της **απλοποιημένης μεθόδου** (2.450.276,09 € έναντι 2.407.935,30 €).

γ) Το συνολικό κόστος που προέκυψε με τη μέθοδο του **Labye** είναι κατά **5,9 % αυξημένο** έναντι αυτού που προέκυψε με την εφαρμογή της **τροποποιημένης μεθόδου** (2.450.276,09 € έναντι 2.315.164,92 €).

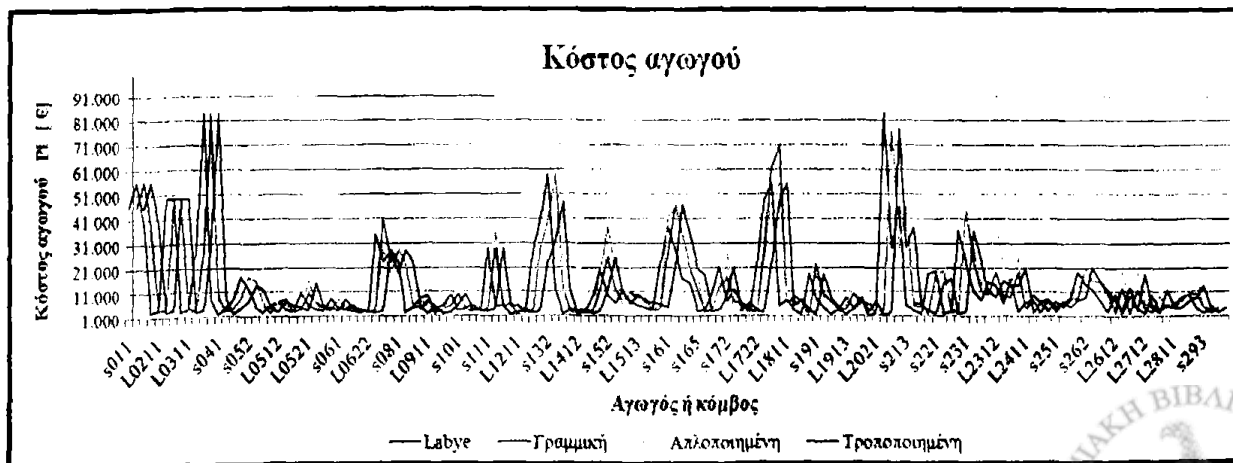
β) Το συνολικό κόστος που προέκυψε με την μέθοδο της **απλοποιημένης μεθόδου του Μ. Θεοχάρη** είναι κατά **4,5 % αυξημένο** έναντι αυτού που προέκυψε με την εφαρμογή του **γραμμικού προγραμματισμού** (2.407.935,30 € έναντι 2.300.218,60 €) το οποίο οφείλεται στην εμπειρική βελτίωση των διαμέτρων των αγωγών.

γ) Το συνολικό κόστος που προέκυψε με την μέθοδο της **τροποποιημένης μεθόδου του Μ. Θεοχάρη** είναι κατά **0,6 % αυξημένο** έναντι αυτού που προέκυψε με την εφαρμογή του **γραμμικού προγραμματισμού** (2.315.164,92 € έναντι 2.300.218,60 €) το οποίο συνεπάγεται ουσιαστικά ταύτιση.

δ) Το συνολικό κόστος που προέκυψε με τη μέθοδο της **απλοποιημένης μεθόδου του Μ. Θεοχάρη** είναι κατά **3,9 % αυξημένο** έναντι αυτού που προέκυψε με την εφαρμογή της **τροποποιημένης μεθόδου του Μ. Θεοχάρη** (2.407.935,30 € έναντι 2.315.164,92 €).

**Πίνακας 11.1.** Σύγκριση του συνολικού κόστους των μεθόδων στο αρδευτικό έργο στην περιοχή Λάμαρης Πρέβεζα.

Μέθοδος	Παροχή [l/s]	Πιεζομετρικό φορτίο	Τελικό κόστος [€]	Απόκλιση
Labye	720	91,39	2.450.276,09	6,5 %
Γραμμικού προγραμματισμού	729	91,39	2.300.218,60	0,0 %
Απλοποιημένη μέθοδο του Μ. Θεοχάρη	729	91,39	2.407.935,30	4,5 %
Τροποποιημένη μέθοδο του Μ. Θεοχάρη	729	91,39	2.315.164,92	0,6 %



**Σχήμα 11.1.** Το κόστος των αγωγών του δικτύου που προκύψαν από τις τέσσερις μεθόδους.

Στο σχήμα 11.1 παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις του κόστους των διαμέτρων του δικτύου που προκύψαν από τις τέσσερις μεθόδους. Παρατηρείται πως αν και οι διαφορές στο συνολικό κόστος κυμαίνονται από 0,6 % - 6,5 %, η διαμόρφωση του συνολικού δικτύου ακολουθεί την ίδια γραμμή τάσης.

Τα οικονομικότερα αποτελέσματα προκύπτουν από την εφαρμογή της γραμμικής μεθόδου, πράγμα αναμενόμενο, αφού οι υπολογιζόμενες διάμετροι μπορούν να έχουν οποιαδήποτε τιμή και όχι τις τυποποιημένες διαμέτρους του εμπορίου.

### 11.2.2. Το συνολικό ετήσιο κόστος του δικτύου

Από τα προκύπτοντα κόστη παρατηρείται ότι, το συνολικό ετήσιο κόστος για το δίκτυο της Λάμαρης στην περιοχή της Πρέβεζας είναι:

- i) με τη μέθοδο του Labye (παράγραφος 2.6):  $P_{ET} = 392.650,90 \text{ €}$
- ii) με τη μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού:  $P_{ET} = 381.114,42 \text{ €}$ ,
- iii) με την απλοποιημένη μέθοδο του Μ. Θεοχάρη:  $P_{ET} = 393.549,45 \text{ €}$ ,
- iv) με την τροποποιημένη μέθοδο του Μ. Θεοχάρη:  $P_{ET} = 382.713,21 \text{ €}$ .

Από τον πίνακα 11.2 και τη σύγκριση των τελικών αποτελεσμάτων διαπιστώνεται ότι οι διαφορές των τριών μεθόδων σε σχέση με το αποτέλεσμα της γραμμικής μεθόδου είναι πολύ μικρές και κυμαίνονται από 3,3 % έως 0,4 %.

**Πίνακας 11.2.** Σύγκριση του ετήσιου κόστους των μεθόδων στο αρδευτικό έργο στην περιοχή Λάμαρης Πρέβεζα.

Μέθοδος	Παροχή [l/s]	Πιεζομετρικό φορτίο	Τελικό κόστος [€]	Απόκλιση
Labye	720	91,39	392.650,90	-3,0 %
Γραμμικού προγραμματισμού	729	91,39	381.114,42	0,0 %
Απλοποιημένη μέθοδο του Μ. Θεοχάρη	729	91,39	393.549,45	-3,3 %
Τροποποιημένη μέθοδο του Μ. Θεοχάρη	729	91,39	382.713,21	-0,4 %

### 11.2.3. Οι διάμετροι των αγωγών του δικτύου

Στο σχήμα 11.2 παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις των διαμέτρων των αγωγών του δικτύου που προκύψαν από τις τέσσερις μεθόδους. Παρατηρείται πως σε κάθε μέθοδο τουλάχιστον το 33,7 % των διαμέτρων των αγωγών είναι οι ίδιες σ' όλες τις μεθόδους σύγκριση και η διαμόρφωση του συνολικού δικτύου ακολουθεί την ίδια γραμμή τάσης.



**Σχήμα 11.2.** Οι διάμετροι των αγωγών του δικτύου που προκύψαν από τις τέσσερις μεθόδους.

Από τον πίνακα 11.2 και τη σύγκριση των τελικών αποτελεσμάτων διαπιστώνεται ότι οι διαφορές της απλοποιημένης μεθόδου σε σχέση με τις άλλες είναι δεν είναι σημαντικές αλλά οι τιμές της τροποποιημένης ταυτίζονται στους περισσότερους αγωγούς.

Πίνακας 11.2. Οι διάμετροι των αγωγών του δικτύου καθώς και η μεταξύ τους μεταβολή.

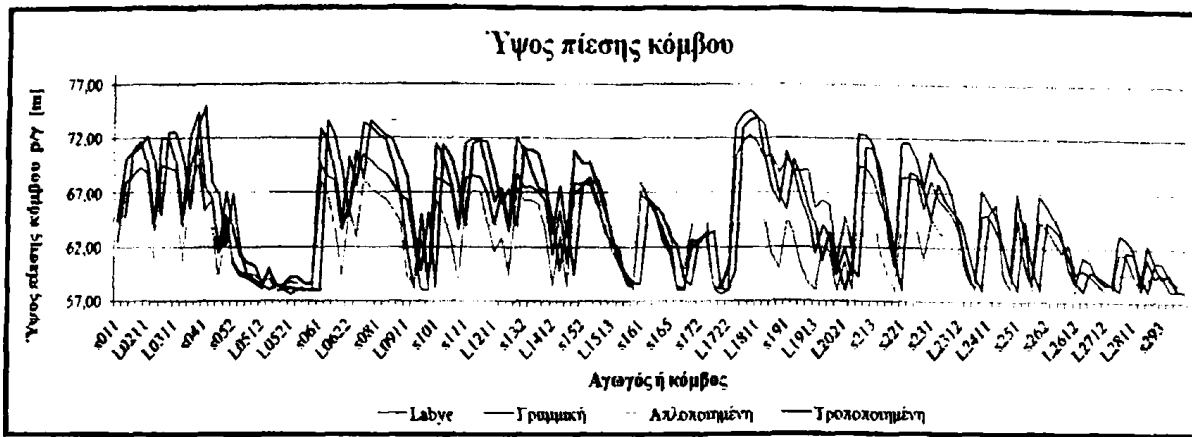
Αγωγός ή Κόμβος		Μέθοδος Labye (L)		Γραμμική μέθοδος (Γ)		Απλοπ. Μέθοδος (Α)		Τροποπ. μέθοδος (Τ)		Μεταβολή					
		D <sub>i</sub>	L <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	L <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	L <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	L <sub>i</sub>	L - Γ	L - Α	L - Τ	Γ - Α	Γ - Τ	Α - Τ
		[mm]	[m]	[mm]	[m]	[mm]	[m]	[mm]	[m]	%	%	%	%	%	%
Y2	s011	800.0	1350	800.0	1350	700.00	1350	800.0	1350	0.0	14.3	0.0	14.3	0.0	-12.5
K3	s012	800.0	140	800.0	140	700.00	140	800.0	140	0.0	14.3	0.0	14.3	0.0	-12.5
Y20	s021	800.0	170	800.0	170	700.00	170	800.0	170	0.0	14.3	0.0	14.3	0.0	-12.5
K21	s022	800.0	120	800.0	120	700.00	120	800.0	120	0.0	14.3	0.0	14.3	0.0	-12.5
Y22	L0211	198.6	115	158.8	115	158.80	115	158.8	115	25.1	25.1	25.1	0.0	0.0	0.0
Y23	L0212	123.6	240	123.6	240	123.60	240	123.6	240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y24	s031	800.0	150	800.0	150	700.00	150	800.0	150	0.0	14.3	0.0	14.3	0.0	-12.5
K25	s032	800.0	150	800.0	150	700.00	150	800.0	150	0.0	14.3	0.0	14.3	0.0	-12.5
Y26	L0311	198.6	130	158.8	130	158.80	130	158.8	130	25.1	25.1	25.1	0.0	0.0	0.0
Y27	L0312	123.6	250	123.6	250	123.60	250	123.6	250	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y28	s <sub>(A)</sub> 001	800.0	90	800.0	90	700.00	90	800.0	90	0.0	14.3	0.0	14.3	0.0	-12.5
K29	s <sub>(A)</sub> 002	800.0	255	800.0	255	700.00	255	800.0	255	0.0	14.3	0.0	14.3	0.0	-12.5
K4	s041	278.0	115	278.0	115	313.20	115	278.0	115	0.0	-11.2	0.0	-11.2	0.0	12.7
Y19	L0411	198.6	105	141.2	105	141.20	105	141.2	105	40.7	40.7	40.7	0.0	0.0	0.0
Y18	L0412	123.6	270	123.6	270	123.60	270	123.6	270	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y5	s051	278.0	120	278.0	120	278.00	120	247.0	120	0.0	0.0	12.6	0.0	12.6	12.6
Y6	s052	278.0	235	278.0	235	278.00	235	247.0	235	0.0	0.0	12.6	0.0	12.6	12.6
Y7	s053	278.0	210	247.0	210	278.00	210	247.0	210	12.6	0.0	12.6	-11.2	0.0	12.6
K8	s054	278.0	85	247.0	85	278.00	85	247.0	85	12.6	0.0	12.6	-11.2	0.0	12.6
Y9	L0511	198.6	75	198.6	75	220.60	75	247.0	6	0.0	-10.0	-19.6	-10.0	-19.6	-10.7
								198.6	69						
Y10	L0512	198.6	190	176.4	190	198.60	190	198.6	190	12.6	0.0	0.0	-11.2	-11.2	0.0
Y11	L0513	198.6	220	176.4	220	158.80	220	176.4	60	12.6	25.1	12.6	11.1	0.0	-10.0
								158.8	160						
Y12	L0514	141.2	135	141.2	200	158.80	73	158.8	200	0.0	-11.1	-11.1	-11.1	-11.1	0.0
		123.6	65			141.2	127				-12.5				
Y13	L0515	123.6	230	110.2	60	123.60	192	123.6	230	12.2	0.0	0.0	-10.8	-10.8	0.0
				123.6	170	110.2	38						12.2		
Y14	L0521	198.6	270	198.6	270	220.60	270	220.6	210	0.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	0.0
								198.6	60						
Y15	L0522	198.6	180	176.4	180	176.40	165	176.4	180	12.6	12.6	12.6	0.0	0.0	0.0
						141.2	15								
Y16	L0523	198.6	61	141.2	200	141.20	200	158.8	118	40.7	40.7	25.1	0.0	-11.1	-11.1
		141.2	139					141.2	82			0.0			
Y17	L0524	123.6	192	110.2	168	123.60	66	141.2	48	12.2	0.0	-12.5	-10.8	-22.0	-12.5
		97.0	48	123.6	72	110.2	174	110.2	192	-21.5	-12.0	-12.0	12.2	12.2	0.0
Y30	s061	220.6	140	247.0	140	247.00	140	247.0	140	-10.7	-10.7	-10.7	0.0	0.0	0.0
K31	s062	220.6	75	220.6	75	220.60	75	220.6	75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y32	L0611	198.6	155	158.8	155	158.80	155	158.8	155	25.1	25.1	25.1	0.0	0.0	0.0
Y33	L0612	123.6	185	123.6	185	123.60	185	123.6	185	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y34	L0622	123.6	190	158.8	100	158.80	100	158.8	100	-22.2	-22.2	-22.2	0.0	0.0	0.0
Y35	L0621	198.6	100	123.6	190	123.60	190	123.6	190	60.7	60.7	60.7	0.0	0.0	0.0
Y36	s071	800.0	125	700.0	125	600.00	125	600.0	125	14.3	33.3	33.3	16.7	16.7	0.0
K37	s072	700.0	85	700.0	85	600.00	85	600.0	85	0.0	16.7	16.7	16.7	16.7	0.0
Y40	s081	441.2	160	441.2	160	441.20	160	441.2	160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K47	s082	441.2	135	441.2	135	441.20	135	441.2	135	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y46	s091	278.0	70	198.6	70	278.00	70	220.6	70	40.0	0.0	26.0	-28.6	-10.0	26.0

K43	s092	278,0	92	198,6	125	247,00	125	220,6	125	40,0	12,6	26,0	-19,6	-10,0	12,0
		220,6	33												
Y44	L0911	198,6	250	141,2	250	141,20	250	141,2	250	40,7	40,7	40,7	0,0	0,0	0,0
Y45	L0912	97,0	205	97,0	205	123,60	205	97,0	205	0,0	-21,5	0,0	-21,5	0,0	27,4
Y42	L0921	198,6	110	198,6	110	247,00	4	158,8	110	0,0	-19,6	25,1	-19,6	25,1	55,5
						198,6	106								
Y41	L0922	141,2	260	141,2	260	198,60	260	141,2	260	0,0	-28,9	0,0	-28,9	0,0	40,7
K48	s101	397,0	70	397,0	70	441,20	70	397,0	70	0,0	-10,0	0,0	-10,0	0,0	11,1
Y50	L1011	198,6	120	176,4	120	176,40	120	176,4	120	12,6	12,6	12,6	0,0	0,0	0,0
Y51	L1012	198,6	140	158,8	140	158,80	140	158,8	140	25,1	25,1	25,1	0,0	0,0	0,0
Y52	L1013	123,6	200	123,6	200	123,60	200	123,6	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Y49	s111	397,0	30	397,0	30	441,20	30	397,0	30	0,0	-10,0	0,0	-10,0	0,0	11,1
Y58	s112	397,0	205	397,0	205	441,20	205	397,0	205	0,0	-10,0	0,0	-10,0	0,0	11,1
K57	s113	397,0	35	397,0	35	441,20	35	397,0	35	0,0	-10,0	0,0	-10,0	0,0	11,1
K54	s121	198,6	170	176,4	170	176,40	170	176,4	170	12,6	12,6	12,6	0,0	0,0	0,0
Y53	L1211	97,0	195	97,0	195	97,00	195	110,2	195	0,0	0,0	-12,0	0,0	-12,0	-12,0
Y55	L1221	198,6	105	158,8	105	158,80	105	158,8	105	25,1	25,1	25,1	0,0	0,0	0,0
Y56	L1222	123,6	210	123,6	210	123,60	210	123,6	210	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Y59	s131	397,0	200	397,0	200	397,00	200	353,0	200	0,0	0,0	12,5	0,0	12,5	12,5
Y60	s132	397,0	280	397,0	280	397,00	280	353,0	280	0,0	0,0	12,5	0,0	12,5	12,5
K61	s133	397,0	415	397,0	415	397,00	415	353,0	415	0,0	0,0	12,5	0,0	12,5	12,5
K62	s141	220,6	200	220,6	200	220,60	200	220,6	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Y63	L1411	198,6	95	141,2	95	141,20	95	141,2	95	40,7	40,7	40,7	0,0	0,0	0,0
Y64	L1412	123,6	220	123,6	220	123,60	220	123,6	220	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Y65	L1421	198,6	90	158,8	90	158,80	90	158,8	90	25,1	25,1	25,1	0,0	0,0	0,0
Y66	L1422	123,6	185	123,6	185	123,60	185	123,6	185	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Y67	s151	353,0	105	313,2	105	441,20	105	353,0	105	12,7	-20,0	0,0	-29,0	-11,3	25,0
Y68	s152	353,0	220	313,2	220	441,20	220	353,0	220	12,7	-20,0	0,0	-29,0	-11,3	25,0
K69	s153	353,0	105	313,2	105	441,20	105	353,0	105	12,7	-20,0	0,0	-29,0	-11,3	25,0
Y88	L1511	198,6	170	198,6	170	198,60	170	198,6	170	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Y87	L1512	198,6	280	198,6	280	198,60	280	198,6	190	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
							176,4	90							
Y86	L1513	198,6	235	176,4	235	176,40	235	176,4	235	12,6	12,6	12,6	0,0	0,0	0,0
Y85	L1514	198,6	215	158,8	215	176,40	215	176,4	215	25,1	12,6	12,6	-10,0	-10,0	0,0
Y84	L1515	141,2	85	141,2	230	141,20	230	158,8	230	0,0	0,0	-11,1	0,0	-11,1	-11,1
		123,6	130												
Y83	L1516	123,6	220	123,6	220	123,60	220	141,2	220	0,0	0,0	-12,5	0,0	-12,5	-12,5
Y70	s161	353,0	235	313,2	235	441,20	235	313,2	235	12,7	-20,0	12,7	-29,0	0,0	40,9
Y71	s162	353,0	405	313,2	405	353,00	405	353,0	405	12,7	0,0	0,0	-11,3	-11,3	0,0
Y72	s163	353,0	305	313,2	305	353,00	305	353,0	305	12,7	0,0	0,0	-11,3	-11,3	0,0
Y73	s164	353,0	180	313,2	180	353,00	180	353,0	180	12,7	0,0	0,0	-11,3	-11,3	0,0
K74	s165	278,0	160	313,2	160	353,00	160	353,0	160	-11,2	-21,2	-21,2	-11,3	-11,3	0,0
Y75	L1611	123,6	115	110,2	230	97,00	230	110,2	230	12,2	27,4	12,2	13,6	0,0	-12,0
		97,0	115												
Y76	L1621	123,6	230	141,2	36	123,60	230	123,6	230	-12,5	0,0	0,0	14,2	14,2	0,0
				123,6	194										
Y77	s171	353,0	110	313,2	110	353,00	110	313,2	110	12,7	0,0	12,7	-11,3	0,0	12,7
K78	s172	278,0	230	313,2	230	353,00	230	313,2	230	-11,2	-21,2	-11,2	-11,3	0,0	12,7
Y79	L1711	278,0	100	278,0	100	176,40	100	198,6	100	0,0	57,6	40,0	57,6	40,0	-11,2
Y80	L1712	198,6	165	278,0	165	141,20	165	198,6	165	-28,6	40,7	0,0	96,9	40,0	-28,9
Y81	L1721	198,6	110	247,0	110	158,80	110	198,6	50	-19,6	25,1	0,0	55,5	24,4	-20,0
							176,4	60							
Y82	L1722	123,6	160	123,6	160	123,60	160	123,6	160	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Y38	s181	600,0	130	500,0	130	500,00	130	500,0	130	20,0	20,0	20,0	0,0	0,0	0,0
Y39	s182	600,0	280	500,0	280	500,00	280	500,0	280	20,0	20,0	20,0	0,0	0,0	0,0
K99	s183	600,0	320	500,0	320	500,00	320	500,0	320	20,0	20,0	20,0	0,0	0,0	0,0
Y100	L1811	220,6	95	220,6	95	220,60	95	220,6	95	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Y101	L1812	198,6	250	176,4	250	176,40	250	176,4	250	12,6	12,6	12,6	0,0	0,0	0,0



Y102	L1813	198,6	180	141,2	180	141,20	180	141,2	180	40,7	40,7	40,7	0,0	0,0	0,0
Y103	L1814	123,6	120	123,6	120	123,60	120	123,6	120	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Y98	s191	278,0	305	247,0	305	247,00	305	247,0	305	12,6	12,6	12,6	0,0	0,0	0,0
K94	s192	278,0	140	247,0	140	247,00	140	247,0	140	12,6	12,6	12,6	0,0	0,0	0,0
Y95	L1911	198,6	180	158,8	180	158,80	180	158,8	180	25,1	25,1	25,1	0,0	0,0	0,0
Y96	L1912	198,6	100	141,2	100	158,80	17	141,2	100	40,7	25,1	40,7	-11,1	0,0	12,5
						141,2	83								
Y97	L1913	123,6	265	123,6	265	141,20	265	123,6	265	0,0	-12,5	0,0	-12,5	0,0	14,2
Y93	s201	198,6	275	176,4	275	247,00	203	176,4	275	12,6	-19,6	12,6	-28,6	0,0	40,0
						220,6	72								
K91	s202	198,6	130	176,4	130	198,60	130	158,8	130	12,6	0,0	25,1	-11,2	11,1	25,1
Y92	L2011	123,6	395	123,6	192	141,20	183	141,2	240	0,0	-12,5	-12,5	-12,5	-12,5	0,0
				141,2	203	123,6	212	123,6	155				14,2	14,2	0,0
Y90	L2021	123,6	100	123,6	100	123,60	100	123,6	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Y89	L2022	97,0	195	97,0	181	97,00	195	110,2	195	0,0	0,0	-12,0	0,0	-12,0	-12,0
				110,2	14										
Y104	s211	441,2	450	441,2	314	441,20	450	441,2	450	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
				600,0	136										
Y105	s212	441,2	170	441,2	170	441,20	170	441,2	170	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K106	s213	441,2	265	441,2	265	441,20	265	397,0	265	0,0	0,0	11,1	0,0	11,1	11,1
Y107	L2111	198,6	170	176,4	170	198,60	36	176,4	170	12,6	0,0	12,6	-11,2	0,0	12,6
						176,4	134								
Y108	L2112	198,6	170	141,2	170	176,40	125	141,2	170	40,7	12,6	40,7	-20,0	0,0	24,9
						158,8	45								
Y109	L2113	123,6	130	123,6	130	158,80	130	141,2	2	0,0	-22,2	-12,5	-22,2	-12,5	12,5
								123,6	128						
Y110	s221	441,2	105	441,2	105	441,20	105	397,0	105	0,0	0,0	11,1	0,0	11,1	11,1
K111	s222	441,2	115	441,2	115	441,20	115	397,0	115	0,0	0,0	11,1	0,0	11,1	11,1
Y112	L2211	198,6	90	158,8	90	158,80	90	158,8	90	25,1	25,1	25,1	0,0	0,0	0,0
Y113	L2212	123,6	205	123,6	205	123,60	205	123,6	205	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Y114	s231	441,2	255	397,0	255	441,20	255	397,0	255	11,1	0,0	11,1	-10,0	0,0	11,1
Y115	s232	397,0	165	397,0	165	441,20	165	397,0	165	0,0	-10,0	0,0	-10,0	0,0	11,1
K116	s233	397,0	80	397,0	80	441,20	80	397,0	80	0,0	-10,0	0,0	-10,0	0,0	11,1
Y117	L2311	278,0	135	220,6	135	441,20	135	278,0	80	26,0	-37,0	0,0	-50,0	-20,6	58,7
								247,0	55						
Y118	L2312	278,0	260	220,6	260	441,20	192	247,0	260	26,0	-37,0	12,6	-50,0	-10,7	78,6
						313,2	68								
Y119	L2313	198,6	235	220,6	235	313,20	235	220,6	235	-10,0	-36,6	-10,0	-29,6	0,0	42,0
Y120	L2314	198,6	235	176,4	38	247,00	235	220,6	235	12,6	-19,6	-10,0	-28,6	-20,0	12,0
				158,8	197										
K121	s241	397,0	95	353,0	145	441,20	145	397,0	145	12,5	-10,0	0,0	-20,0	-11,1	11,1
		353,0	50												
Y122	L2411	198,6	110	158,8	87	176,40	110	158,8	110	25,1	12,6	25,1	-10,0	0,0	11,1
				176,4	23										
Y123	L2412	198,6	260	158,8	260	176,40	54	158,8	260	25,1	12,6	25,1	-10,0	0,0	11,1
						158,8	206								
Y124	L2413	141,2	63	141,2	370	158,80	230	158,8	78	0,0	-11,1	-11,1	-11,1	-11,1	0,0
		123,6	307			141,2	140	141,2	292		-12,5	-12,5			0,0
Y125	L2414	123,6	200	110,2	200	141,20	200	123,6	200	12,2	-12,5	0,0	-22,0	-10,8	14,2
K126	s251	353,0	65	353,0	65	441,20	65	353,0	65	0,0	-20,0	0,0	-20,0	0,0	25,0
Y127	L2511	123,6	315	123,6	315	141,20	280	123,6	315	0,0	-12,5	0,0	-12,5	0,0	14,2
						123,6	35								
Y128	L2512	123,6	505	97,0	36	123,60	275	123,6	395	27,4	0,0	0,0	-21,5	-21,5	0,0
				110,2	469	110,2	230	110,2	110				0,0	0,0	0,0
Y129	s261	353,0	75	353,0	75	441,20	75	353,0	75	0,0	-20,0	0,0	-20,0	0,0	25,0
Y130	s262	353,0	185	313,2	92	353,00	185	353,0	185	12,7	0,0	0,0	-11,3	-11,3	0,0
				353,0	93										
Y131	s263	353,0	135	313,2	64	353,00	135	353,0	135	12,7	0,0	0,0	-11,3	-11,3	0,0





Σχήμα 11.3. Το κόστος των αγωγών του δικτύου που προέκυψαν από τις τέσσερις μεθόδους.

Πίνακας 11.2. Οι τιμές του ύψους πίεσης των κόμβων καθώς και η μεταξύ τους μεταβολή.

Αγωγός ή Κόμβος	Μέθοδος Labye (L)	Γραμμική μέθοδος (Γ)	Απλοπ. Μέθοδος (Α)	Τροποπ. μέθοδος (Τ)	Μεταβολή						
					L - Γ		L - Γ		L - Γ		
					[m]	[m]	%	%	%	%	
Y2	s011	62,52	64,37	61,4	64,75	-2,9	1,8	-3,4	4,8	-0,6	-5,1
K3	s012	68,02	70,06	66,8	70,47	-2,9	1,8	-3,5	4,8	-0,6	-5,2
Y20	s021	68,52	70,75	67,2	71,20	-3,2	2,0	-3,8	5,3	-0,6	-5,6
K21	s022	69,37	71,73	68,0	72,21	-3,3	2,1	-3,9	5,5	-0,7	-5,9
Y22	L0211	68,84	69,58	65,8	70,06	-1,1	4,6	-1,7	5,7	-0,7	-6,1
Y23	L0212	63,53	64,48	60,7	64,95	-1,5	4,6	-2,2	6,2	-0,7	-6,5
Y24	s031	69,56	72,07	68,1	72,58	-3,5	2,2	-4,2	5,9	-0,7	-6,2
K25	s032	69,34	72,01	67,7	72,55	-3,7	2,4	-4,4	6,3	-0,7	-6,6
Y26	L0311	69,01	69,84	65,6	70,38	-1,2	5,2	-1,9	6,5	-0,8	-6,8
Y27	L0312	63,98	65,04	60,8	65,58	-1,6	5,3	-2,4	7,0	-0,8	-7,3
Y28	s(A)001	69,61	72,36	68,0	72,92	-3,8	2,4	-4,5	6,5	-0,8	-6,8
K29	s(A)002	71,44	74,45	69,6	75,05	-4,0	2,6	-4,8	6,9	-0,8	-7,2
K4	s041	65,46	67,56	64,8	67,97	-3,1	1,1	-3,7	4,3	-0,6	-4,7
Y19	L0411	66,32	66,54	63,8	66,95	-0,3	4,0	-0,9	4,4	-0,6	-4,8
Y18	L0412	61,38	61,84	59,1	62,25	-0,7	3,9	-1,4	4,7	-0,7	-5,1
Y5	s051	65,04	67,19	64,4	66,88	-3,2	1,0	-2,8	4,3	0,5	-3,7
Y6	s052	60,48	63,49	60,7	61,77	-4,7	-0,4	-2,1	4,6	2,8	-1,7
Y7	s053	59,37	61,21	59,7	59,50	-3,0	-0,5	-0,2	2,6	2,9	0,3
K8	s054	59,14	60,59	59,5	58,88	-2,4	-0,6	0,4	1,9	2,9	1,0
Y9	L0511	58,71	60,21	59,4	58,53	-2,5	-1,2	0,3	1,3	2,9	1,5
Y10	L0512	58,14	58,64	58,9	58,03	-0,9	-1,3	0,2	-0,4	1,1	1,5
Y11	L0513	60,02	59,87	59,0	58,45	0,3	1,7	2,7	1,4	2,4	1,0
Y12	L0514	57,89	58,52	58,0	58,01	-1,1	-0,2	-0,2	0,9	0,9	0,0
Y13	L0515	58,00	58,43	58,0	58,17	-0,7	0,0	-0,3	0,7	0,4	-0,3
Y14	L0521	57,59	59,14	58,8	58,01	-2,6	-2,0	-0,7	0,6	1,9	1,3
Y15	L0522	58,14	59,15	58,6	58,02	-1,7	-0,7	0,2	1,0	1,9	0,9
Y16	L0523	58,00	58,6	58,0	58,01	-1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0
Y17	L0524	58,00	58,62	58,0	58,04	-1,1	0,0	-0,1	1,1	1,0	-0,1
Y30	s061	69,61	72,99	68,2	73,60	-4,6	2,1	-5,4	7,1	-0,8	-7,4
K31	s062	68,48	71,65	66,8	72,26	-4,4	2,5	-5,2	7,2	-0,8	-7,5
Y32	L0611	68,13	68,65	63,8	69,26	-0,8	6,8	-1,6	7,6	-0,9	-7,9
Y33	L0612	63,57	64,25	59,4	64,85	-1,1	7,0	-2,0	8,1	-0,9	-8,4
Y34	L0622	65,79	70,32	65,5	70,93	-6,4	0,5	-7,2	7,4	-0,9	-7,7
Y35	L0621	68,56	67,72	62,9	68,32	1,2	9,0	0,4	7,7	-0,9	-7,9
Y36	s071	70,56	73,49	68,3	73,68	-4,0	3,4	-4,2	7,7	-0,3	-7,4
K37	s072	69,96	73,06	67,5	72,95	-4,2	3,6	-4,1	8,2	0,2	-7,4
Y40	s081	69,28	72,42	66,9	72,31	-4,3	3,6	-4,2	8,3	0,2	-7,5
K47	s082	68,75	71,93	66,4	71,82	-4,4	3,5	-4,3	8,3	0,2	-7,5
Y46	s091	67,80	69,52	65,5	70,16	-2,5	3,6	-3,4	6,2	-0,9	-6,7



				353.0	71										
K132	s264	353.0	130	313.2	130	353.00	130	313.2	130	12.7	0.0	12.7	-11.3	0.0	12.7
Y133	L2611	198.6	285	158.8	285	176.40	185	176.4	90	25.1	12.6	12.6	-10.0	-10.0	0.0
						158.8	100	158.8	195						0.0
Y134	L2612	123.6	180	123.6	61	158.80	180	141.2	180	0.0	-22.2	-12.5	-22.2	-12.5	12.5
				141.2	119										
Y135	s271	278.0	135	198.6	122	313.20	215	247.0	106	40.0	-11.2	12.6	-36.6	-19.6	26.8
		198.6	80	247.0	93			220.6	109	-19.6		-10.0		12.0	
K136	s272	198.6	65	198.6	65	313.20	65	220.6	65	0.0	-36.6	-10.0	-36.6	-10.0	42.0
Y138	L2711	198.6	310	158.8	103	278.00	90	220.6	310	25.1	-28.6	-10.0	-42.9	-28.0	26.0
				176.4	207	220.6	220						-20.0		
Y139	L2712	141.2	195	141.2	195	176.40	195	158.8	195.0	0.0	-20.0	-11.1	-20.0	-11.1	11.1
Y137	L2721	123.6	170	110.2	170	158.80	170	123.6	170.0	12.2	-22.2	0.0	-30.6	-10.8	28.5
Y140	s281	278.0	130	278.0	130	278.00	130	313.2	130.0	0.0	0.0	-11.2	0.0	-11.2	-11.2
K141	s282	278.0	60	247.0	60	278.00	60	278.0	60.0	12.6	0.0	0.0	-11.2	-11.2	0.0
Y142	L2811	141.2	188	123.6	2	158.80	260	141.2	137.0	14.2	-11.1	0.0	-22.2	-12.5	12.5
		123.6	72	141.2	258			123.6	123.0	-12.5		0.0		14.2	
Y143	L2812	123.6	455	110.2	455	123.60	375	123.6	455.0	12.2	0.0	0.0	-10.8	-10.8	0.0
						110.2	80								
Y144	s291	278.0	145	247.0	145	278.00	145	220.6	145.0	12.6	0.0	26.0	-11.2	12.0	26.0
Y145	s292	198.6	260	198.6	260	278.00	224	220.6	180.0	0.0	-28.6	-10.0	-28.6	-10.0	26.0
						198.6	36	198.6	80.0						0.0
K146	s293	198.6	130	176.4	130	198.60	130	198.6	130.0	12.6	0.0	0.0	-11.2	-11.2	0.0
K148	L2911	123.6	131	110.2	200	141.20	200	110.2	200.0	12.2	-12.5	12.2	-22.0	0.0	28.1
		97.0	69												
Y147	L2921	141.2	225	123.6	225	176.40	225	141.2	225.0	14.2	-20.0	0.0	-29.9	-12.5	24.9

#### 11.2.4. Το ύψος πίεσης των κόμβων του δικτύου

Από τα προκύπτοντα κόσθη παρατηρείται ότι, το ύψος πίεσης του κάθε κόμβου  $p/\gamma$  είναι:

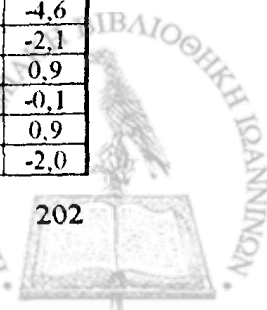
- i) με τη μέθοδο του Labye:  $\min \frac{p}{\gamma} = 57,59 \text{ m}$  και  $\max \frac{p}{\gamma} = 72,38 \text{ m}$
- ii) με τη μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού:  $\min \frac{p}{\gamma} = 58,00 \text{ m}$  και  $\max \frac{p}{\gamma} = 74,63 \text{ m}$
- iii) με την απλοποιημένη μέθοδο του Μ. Θεοχάρη:  $\min \frac{p}{\gamma} = 58,00 \text{ m}$  και  $\max \frac{p}{\gamma} = 69,63 \text{ m}$
- iv) με την τροποποιημένη μέθοδο του Μ. Θεοχάρη:  $\min \frac{p}{\gamma} = 58,00 \text{ m}$  και  $\max \frac{p}{\gamma} = 75,05 \text{ m}$ .

Παρατηρούμε ότι στη μέθοδο του Labye δε διατηρήθηκε ο περιορισμός της ακραίας τιμής των 58 m, γεγονός που εξηγεί ακόμα περισσότερο τη διαφορά του κόστους της μεθόδου του Labye από τις άλλες μεθόδους.

Οι συγκριτικές μεταβολές του ύψους πίεσης των κόμβων φαίνονται στο σχήμα 11.3 και οι ακραίες τιμές καθώς και η μεταξύ τους μεταβολή στον πίνακα 11.2.

Από τη σύγκριση των τελικών αποτελεσμάτων διαπιστώνεται ότι οι διαφορές των τεσσάρων μεθόδων σε σχέση με το τελικό αποτέλεσμα είναι πολύ μικρές και αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στις βελτιώσεις που γίνονται πάνω στις θεωρητικές τιμές που προέκυψαν από την εφαρμογή των μεθόδων.

K43	s092	66,83	66,82	64,4	68,49	0,0	3,7	-2,4	3,7	-2,4	-5,9
Y44	L0911	66,29	61,8	59,4	63,47	7,3	11,6	4,4	4,0	-2,6	-6,4
Y45	L0912	62,43	58,17	58,4	59,83	7,3	6,9	4,3	-0,4	-2,8	-2,4
Y42	L0921	58,04	65,07	62,7	65,14	-10,8	-7,4	-10,9	3,8	-0,1	-3,8
Y41	L0922	58,00	58,2	58,0	58,28	-0,3	0,0	-0,5	0,3	-0,1	-0,5
K48	s101	68,39	71,6	66,3	71,50	-4,5	3,2	-4,3	8,0	0,1	-7,3
Y50	L1011	68,07	70,31	65,0	70,20	-3,2	4,7	-3,0	8,2	0,2	-7,4
Y51	L1012	67,56	67,83	62,5	67,72	-0,4	8,1	-0,2	8,5	0,2	-7,7
Y52	L1013	63,58	64,02	58,7	63,92	-0,7	8,3	-0,5	9,0	0,2	-8,2
Y49	s111	68,39	71,61	66,4	71,51	-4,5	3,0	-4,4	7,9	0,1	-7,2
Y58	s112	68,60	71,89	67,2	71,79	-4,6	2,1	-4,4	7,0	0,1	-6,4
K57	s113	68,48	71,79	67,1	71,68	-4,6	2,0	-4,5	6,9	0,2	-6,3
K54	s121	67,01	68,93	64,3	68,83	-2,8	4,2	-2,6	7,2	0,1	-6,6
Y53	L1211	64,05	66,18	61,5	66,07	-3,2	4,1	-3,1	7,5	0,2	-6,9
Y55	L1221	67,05	67,5	62,9	67,39	-0,7	6,7	-0,5	7,4	0,2	-6,7
Y56	L1222	63,46	64,09	59,5	63,99	-1,0	6,7	-0,8	7,8	0,2	-7,1
Y59	s131	68,72	72,08	67,4	71,23	-4,7	1,9	-3,5	6,9	1,2	-5,3
Y60	s132	67,48	70,91	66,3	69,03	-4,8	1,8	-2,2	7,0	2,7	-4,0
K61	s133	67,58	70,93	66,3	67,51	-4,7	1,9	0,1	7,0	5,1	-1,8
K62	s141	67,11	70,57	65,9	67,14	-4,9	1,8	0,0	7,0	5,1	-1,8
Y63	L1411	66,21	67,97	63,3	64,55	-2,6	4,6	2,6	7,4	5,3	-1,9
Y64	L1412	61,31	63,27	58,5	59,84	-3,1	4,8	2,5	8,1	5,7	-2,2
Y65	L1421	65,46	67,65	63,0	64,23	-3,2	3,9	1,9	7,4	5,3	-1,9
Y66	L1422	60,59	62,95	58,3	59,52	-3,7	3,9	1,8	8,0	5,8	-2,0
Y67	s151	67,98	70,9	67,1	67,94	-4,1	1,3	0,1	5,6	4,4	-1,2
Y68	s152	67,74	69,74	67,7	67,76	-2,9	0,0	0,0	3,0	2,9	-0,1
K69	s153	68,21	69,83	68,6	68,27	-2,3	-0,5	-0,1	1,9	2,3	0,4
Y88	L1511	66,06	67,81	66,5	66,24	-2,6	-0,7	-0,3	1,9	2,4	0,4
Y87	L1512	63,47	65,37	64,1	63,00	-2,9	-1,0	0,7	2,0	3,8	1,7
Y86	L1513	62,28	62,95	61,6	60,58	-1,1	1,1	2,8	2,1	3,9	1,7
Y85	L1514	61,88	60,83	60,6	59,54	1,7	2,1	3,9	0,4	2,2	1,8
Y84	L1515	58,74	58,97	58,7	58,73	-0,4	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0
Y83	L1516	58,00	58,28	58,0	58,62	-0,5	-0,1	-1,1	0,4	-0,6	-1,0
Y70	s161	66,95	68,01	67,8	66,44	-1,6	-1,3	0,8	0,3	2,4	2,1
Y71	s162	66,13	66,23	67,1	65,69	-0,2	-1,4	0,7	-1,3	0,8	2,1
Y72	s163	65,48	64,98	66,5	65,09	0,8	-1,5	0,6	-2,2	-0,2	2,1
Y73	s164	63,37	62,55	64,4	63,00	1,3	-1,6	0,6	-2,8	-0,7	2,2
K74	s165	61,86	61,41	63,5	62,14	0,7	-2,6	-0,5	-3,3	-1,2	2,2
Y75	L1611	58,00	58,23	58,3	58,96	-0,4	-0,6	-1,6	-0,2	-1,2	-1,1
Y76	L1621	58,05	58,16	59,9	58,54	-0,2	-3,1	-0,8	-2,9	-0,6	2,4
Y77	s171	62,61	61,97	64,3	62,70	1,0	-2,6	-0,1	-3,6	-1,2	2,5
K78	s172	62,46	62,38	64,9	63,09	0,1	-3,8	-1,0	-3,9	-1,1	2,9
Y79	L1711	63,32	63,25	64,7	63,41	0,1	-2,1	-0,1	-2,2	-0,3	2,0
Y80	L1712	58,00	58,19	58,0	58,10	-0,3	0,0	-0,2	0,3	0,2	-0,2
Y81	L1721	57,66	58,12	58,6	58,00	-0,8	-1,6	-0,6	-0,8	0,2	1,0
Y82	L1722	58,00	59,92	60,4	59,80	-3,2	-4,0	-3,0	-0,8	0,2	1,0
Y38	s181	70,25	73,19	67,6	72,97	-4,0	4,0	-3,7	8,3	0,3	-7,4
Y39	s182	71,61	74,22	68,4	73,79	-3,5	4,7	-3,0	8,6	0,6	-7,3
K99	s183	72,38	74,63	68,5	73,97	-3,0	5,6	-2,1	8,9	0,9	-7,3
Y100	L1811	71,71	74,01	67,9	73,34	-3,1	5,6	-2,2	9,0	0,9	-7,4
Y101	L1812	70,35	70,63	64,5	69,96	-0,4	9,0	0,6	9,4	1,0	-7,7
Y102	L1813	70,40	67,46	61,4	66,79	4,4	14,7	5,4	9,9	1,0	-8,1
Y103	L1814	68,89	66,06	60,0	65,39	4,3	14,9	5,4	10,2	1,0	-8,3
Y98	s191	70,24	70,8	64,7	70,13	-0,8	8,5	0,2	9,4	1,0	-7,7
K94	s192	69,06	68,99	62,9	68,32	0,1	9,8	1,1	9,7	1,0	-7,9
Y95	L1911	69,07	66,45	60,3	65,79	3,9	14,6	5,0	10,3	1,0	-8,4
Y96	L1912	69,15	64,75	58,7	64,08	6,8	17,8	7,9	10,3	1,0	-8,4
Y97	L1913	65,61	61,44	58,0	60,78	6,8	13,1	7,9	5,9	1,1	-4,6
Y93	s201	66,33	64,03	62,0	63,36	3,6	6,9	4,7	3,2	1,1	-2,1
K91	s202	65,90	62,91	61,6	61,09	4,8	6,9	7,9	2,1	3,0	0,9
Y92	L2011	60,14	59,49	58,0	58,03	1,1	3,7	3,6	2,6	2,5	-0,1
Y90	L2021	64,81	61,91	60,6	60,09	4,7	6,9	7,9	2,1	3,0	0,9
Y89	L2022	62,04	59,48	58,1	59,24	4,3	6,8	4,7	2,4	0,4	-2,0



Y104	s211	69,52	72,51	65,8	71,23	-4,1	5,6	-2,4	10,2	1,8	-7,6
Y105	s212	69,34	72,38	65,7	71,10	-4,2	5,6	-2,5	10,2	1,8	-7,6
K106	s213	68,41	71,52	64,8	69,29	-4,3	5,5	-1,3	10,3	3,2	-6,4
Y107	L2111	66,04	67,77	61,4	65,54	-2,6	7,6	0,8	10,4	3,4	-6,3
Y108	L2112	64,83	63,52	59,4	61,29	2,1	9,1	5,8	6,9	3,6	-3,0
Y109	L2113	61,41	60,22	58,0	58,01	2,0	5,9	5,9	3,8	3,8	0,0
Y110	s221	68,42	71,56	64,9	69,00	-4,4	5,5	-0,8	10,3	3,7	-6,0
K111	s222	68,42	71,59	64,9	68,70	-4,4	5,4	-0,4	10,3	4,2	-5,5
Y112	L2211	68,28	70,17	63,5	67,28	-2,7	7,6	1,5	10,6	4,3	-5,7
Y113	L2212	65,49	67,57	60,9	64,68	-3,1	7,6	1,3	11,0	4,5	-5,9
Y114	s231	68,18	70,78	64,7	67,88	-3,7	5,4	0,4	9,4	4,3	-4,7
Y115	s232	66,53	69,17	63,5	66,28	-3,8	4,8	0,4	9,0	4,4	-4,2
K116	s233	65,71	68,37	62,8	65,48	-3,9	4,6	0,4	8,8	4,4	-4,0
Y117	L2311	64,99	66,58	62,6	64,62	-2,4	3,9	0,6	6,4	3,0	-3,2
Y118	L2312	63,33	63,4	61,5	62,42	-0,1	2,9	1,5	3,0	1,6	-1,4
Y119	L2313	59,64	60,45	59,4	59,46	-1,3	0,5	0,3	1,8	1,7	-0,2
Y120	L2314	57,98	58	58,0	58,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K121	s241	64,88	67,29	62,4	64,84	-3,6	3,9	0,1	7,8	3,8	-3,7
Y122	L2411	65,09	66,15	62,1	63,49	-1,6	4,9	2,5	6,6	4,2	-2,3
Y123	L2412	66,01	64,98	61,2	62,32	1,6	7,9	5,9	6,3	4,3	-1,9
Y124	L2413	59,71	61,99	59,2	59,68	-3,7	0,9	0,1	4,7	3,9	-0,8
Y125	L2414	57,98	59,49	58,0	58,00	-2,5	-0,1	0,0	2,5	2,6	0,1
K126	s251	64,52	66,94	62,3	64,49	-3,6	3,6	0,0	7,4	3,8	-3,4
Y127	L2511	60,43	63,14	61,2	60,68	-4,3	-1,3	-0,4	3,1	4,1	0,9
Y128	L2512	58,09	58,52	58,0	58,00	-0,7	0,1	0,2	0,9	0,9	0,0
Y129	s261	64,34	66,79	62,4	64,33	-3,7	3,1	0,0	7,1	3,8	-3,0
Y130	s262	63,73	65,9	61,8	63,76	-3,3	3,1	0,0	6,6	3,4	-3,1
Y131	s263	62,72	64,71	60,8	62,77	-3,1	3,1	-0,1	6,4	3,1	-3,1
K132	s264	61,49	63,18	59,6	61,24	-2,7	3,1	0,4	6,0	3,2	-2,6
Y133	L2611	62,34	60,01	58,0	58,86	3,9	7,4	5,9	3,4	2,0	-1,4
Y134	L2612	59,58	58,57	58,0	58,02	1,7	2,7	2,7	1,0	0,9	0,0
Y135	s271	59,94	61,17	59,0	59,78	-2,0	1,6	0,3	3,7	2,3	-1,3
K136	s272	59,47	60,72	58,8	59,43	-2,1	1,2	0,1	3,3	2,2	-1,1
Y138	L2711	58,76	59,32	58,4	58,98	-0,9	0,6	-0,4	1,6	0,6	-1,0
Y139	L2712	57,98	58,59	58,0	58,48	-1,0	0,0	-0,9	1,0	0,2	-0,8
Y137	L2721	58,01	58,6	58,0	58,01	-1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0
Y140	s281	61,40	63,14	59,6	61,61	-2,8	3,1	-0,3	6,0	2,5	-3,3
K141	s282	61,30	62,83	59,5	61,53	-2,4	3,0	-0,4	5,6	2,1	-3,3
Y142	L2811	59,54	61,94	59,8	59,46	-3,9	-0,5	0,1	3,6	4,2	0,6
Y143	L2812	57,98	58,62	58,0	58,00	-1,1	0,0	0,0	1,1	1,1	0,0
Y144	s291	61,08	62,3	59,3	60,46	-2,0	3,0	1,0	5,1	3,0	-1,9
Y145	s292	59,30	60,62	58,9	59,28	-2,2	0,8	0,0	3,0	2,3	-0,7
K146	s293	59,55	60,67	59,1	59,54	-1,8	0,7	0,0	2,6	1,9	-0,7
K148	L2911	57,98	59,27	59,1	58,09	-2,2	-1,8	-0,2	0,4	2,0	1,7
Y147	L2921	57,98	58,56	58,0	58,02	-1,0	-0,1	-0,1	0,9	0,9	0,0

### 11.3. Γενικά συμπεράσματα – Προτάσεις

1. Η απαιτούμενη υπολογιστική διαδικασία για την εφαρμογή της γραμμικής μεθόδου είναι τεράστια αφού:
  - α) Για την προετοιμασία της αντικειμενικής συνάρτησης και των περιορισμών δομής απαιτείται αρκετά μεγάλος όγκος δεδομένων και υπολογισμών για κάθε αγωγό χωριστά.
  - β) Η αντικειμενική συνάρτηση έχει στην προκειμένη περίπτωση 821 μεταβλητές αποφάσεων και περιορισμοί δομής είναι 296 ανισότητες.
  - γ) Για την αναγραφή και μόνο της αντικειμενικής συνάρτησης και των περιορισμών δομής απαιτούνται 41 δακτυλογραφημένες σελίδες (3 σελίδες για την

αντικειμενική συνάρτηση, 3 σελίδες για τους περιορισμούς μήκους και 35 σελίδες για τους περιορισμούς απωλειών).

- δ) Η βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης επιτυγχάνεται μόνο με ηλεκτρονικό υπολογιστή και μόνο με τη χρήση ειδικού προγράμματος π.χ. του LINDO ή του MATLAB (στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε MATLAB).

**Επομένως η εφαρμογή της γραμμικής μεθόδου είναι επίπονη και πολύ δύσκολη ενώ παράλληλα υπάρχει μεγάλος κίνδυνος λογιστικών λαθών αφού ο μελετητής δεν έχει άμεση εποπτεία της εκτελούμενης διαδικασίας.**

2. Η απαιτούμενη υπολογιστική διαδικασία για την εφαρμογή των απλοποιημένων μεθόδων είναι πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη της γραμμικής μεθόδου και η εφαρμογή της είναι εύκολη αφού δεν υπάρχει σύστημα εξισώσεων αλλά απλές εξισώσεις για την επίλυση των οποίων απαιτείται μόνο μια απλή υπολογιστική μηχανή των τεσσάρων πράξεων.

**Επομένως η εφαρμογή των απλοποιημένων μεθόδων δίνει γρήγορα αποτελέσματα, τυχόν δε λογιστικό σφάλμα αφ ενός μεν εντοπίζεται αμέσως αφ ετέρου δε δεν επηρεάζει την ορθότητα των υπολογισμών του υπολοίπου δικτύου.**

4. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν ιδιαίτερα από την τροποποιημένη απλοποιημένη μέθοδο βελτιστοποίησης, ταυτίζονται απολύτως με τα αποτελέσματα της γραμμικής μεθόδου.

Στο παραπάνω συμπέρασμα κατέληξαν και τα αποτελέσματα άλλων μελετών που διεξήχθησαν σε περιοχή της Δράμας (Μ. Θεοχάρης, 2002, 2003, 2004, 2005, 2009, 2010), στα Καβάσιλα Ημαθίας (Σ. Χονδρογιάννης, 2005, 2006) και στη Βαλανιδοράχη Πρέβεζας (Γιαννέλος, 2007, Karantounias et. Al., 2005).

**Επομένως μπορεί να χρησιμοποιείται η μέθοδος αυτή ισότιμα με τη γραμμική μέθοδο.**

5. Δεν δικαιολογείται, ύστερα από τα παραπάνω, η επιλεκτική προτίμηση από την Ελληνική Νομοθεσία (Π.Δ. 696/1974, Κεφάλαιο Β', Τεχνικά Προδιαγραφαι Μελετών Εγγειοβελτιωτικών Έργων), της μεθόδου του Labye σαν αποκλειστικής μεθόδου τεχνικοοικονομικής λύσεως στα δίκτυα διανομής των αρδευτικών έργων.
6. Η εργασία αυτή δίνει το έναυσμα για περαιτέρω ανάπτυξη της έρευνας στους παρακάτω τομείς:

- α) Κατά την εφαρμογή των απλοποιημένων μεθόδων (όπως άλλωστε και όλων των συνεχών μεθόδων βελτιστοποίησης) η εύστοχη επιλογή των τυποποιημένων διαμέτρων των αγωγών είναι μια επίπονη εργασία η οποία εξαρτάται σημαντικά από την εμπειρία του μελετητή.

Το πρόβλημα αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με διάφορους τρόπους ένας από τους οποίους είναι η συνδυασμένη χρήση των απλοποιημένων μεθόδων και της γραμμικής μεθόδου. Δηλαδή, αφού επιλυθεί το δίκτυο με μια απλοποιημένη μέθοδο να επιλέγονται οι τυποποιημένες διάμετροι με χρήση της γραμμικής μεθόδου. Στην περίπτωση αυτή ο αριθμός των μεταβλητών απόφασης θα είναι μόνο διπλάσιος από τον αριθμό των αγωγών έναντι τετραπλασίου έως πενταπλασίου αριθμού που προκύπτει κατά την εφαρμογή της γραμμικής μεθόδου.

Με την παραπάνω ενέργεια ελαχιστοποιούνται αφ ενός μεν η υποκειμενικότητα του μελετητή στη διαμόρφωση των τελικών τιμών των απλοποιημένων μεθόδων

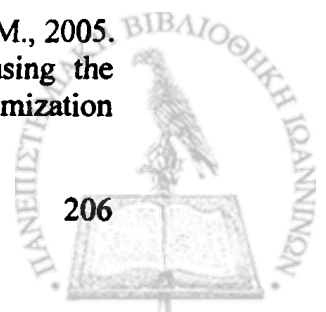


αφ' ετέρου δε το ενδεχόμενο σφάλματος κατά την αμιγή εφαρμογή της γραμμικής μεθόδου λόγω του πολύ μεγάλου αριθμού των απαιτούμενων υπολογισμών.

- β) Είναι σκόπιμο να διερευνηθεί η δυνατότητα εύρεσης του τρόπου της ακριβούς κοστολόγησης των συνδεσμολογιών και να τεθούν υπό ένα μαθηματικό τύπο.
- γ) Θεωρείται σκόπιμο η όλη διαδικασία να θεωρηθεί υπό το πρίσμα μιας ασαφούς προσέγγισης του προβλήματος (fuzzy logic) με το δεδομένο ότι ορισμένες παράμετροι στο πρόβλημα περιέχουν ασάφειες στον προσδιορισμό τους.

# **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Alperovits, E., and Shamir, U., 1977. Design of optimal water distribution systems, *Journal Water Resources Research*, Vol. 13, No 6, Dec. 1977, pp. 885-900.
- Bellman, E.R., and Dreyfous, E. S., 1962. *Applied dynamic programming*, Princeton University Press, Princeton, N.J., 1962.
- Clement, R. 1966. Calcul des debits dans les riseaux d' irrigation fonctionnant a la demande, *La Houille Blanche* No.5 - 1966 pp. 553-575.
- Clement, R., 1955. Le calcul des debits dans les canalisations d'irrigation, *Association amicale des Ingenieurs du Ginie Rural, Journees d itudes sur l' irrigation 27-30, Juin 1955, France.*
- Clement, R., et Galant, A., 1979. *Irrigation par aspersion et reseaux col lectifs de distribution sous pression*, Eyrolles Editeurs, Paris, pp. 184.
- Dantzing, G.B., and Veinott, A.F. (ED.), 1970. *Mathematics of the decision science, Part I*, American Mathematical Society, Providence Rhode Island.
- Dantzing, G.B., 1963. *Linear programming and extensions*, Princeton University Press, Princeton, N.J.
- Davis, A.L., Jeppson, R.W., 1979. Developing a computer program for distribution systems analysis, *Jour. AWWA*, May 1979, pp. 236-241
- Davis, C.V., 1952. *Handbook of applied hydraulics, C. Second Ed.* Mc Graw - Hill Book Company.
- Doorenbos, J., and Kassam, A.H., 1979. Yield response to water. *FAO Irrig. and Drain. Paper No 33*, FAO, Rome, 193 p.
- Doorenbos, J., and Pruitt, W.O., 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. *FAO Irrig. and Drain. Paper No 24, 2nd. ed.*, FAO, Rome, 179 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations), 1988. *Design and optimization of irrigation distribution networks*, FAO Irrigation and drainage paper 44, Rome.
- Fujiwara, O., Jenchaimaokoon, B., and Edirisinghe, N.C.P., 1987. A modified linear programming gradient method for optimal design of looped water distribution networks, *Journal Water Resources. Research*, Vol. 23, No 6 , pp. 977- 982.
- Hillier F.S., and Liebermann G.J., 1974. *Operations research*, 2nd edition, Holden-Day Inc.
- Karantounias, G., Giannelos, A., Tzimopoulos C. and Sakellariou – Makrantonaki, M., 2005. Comparative calculation of optimal diameters in irrigation networks using the nonlinear programming optimization method and a simplified optimization

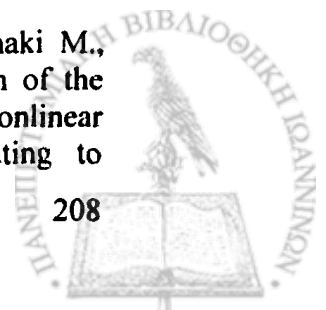


- method. Proc. 6th Int. Conf. EWRA 2005, paper No 157, p. 44, September 2005, Menton, France.
- Karmeli, D., Gadish Y., and Meyers S., 1968. Design of optimal water distribution networks, Jour. Pipeline Div., ASCE, Vol. 94, No 1, Oct. 1968, pp. 1-10
- Labye Y., 1961. Methodes permettant de determiner les caracteristiques optimales d 'un reseau de distribution d'eau - Methode discontinue, Bull. Techn. du Genie Rural, No 50, Apr. 1961
- Labye, Y., 1966. Etude des procedes de calcul ayant pour but de rendre minimal le cout d'un reseau de distribution d'eau sous pression, La Houille Blanche, No.5, May 1966, pp.577-583.
- Labye, Y., 1971 Les methodes de calcul des reseaux d'irrigation en conduites sous pression, Colloque tenu `a Athenes de 30.3.1971 `a 1.4.1971, Irrigation Par Aspersion, Edition de la chabre Technique de Grece, pp.375-420.
- Labye, Y., 1971. Etude d'un probleme de dimensionnement "optimum" des reseaux d'irrigation 'a la demande, en avenir aleatoire. Huitie mes journees Europeennes de la Comission Internationale des Irrigations et du Drainage. Colloque d'Aix en-Provence du 14 au 19 Juin 1971. France.
- Leconte R., Hughes T.C., Narayanan R., 1988. Estimating costs model of dual water supply systems, Jour. Wat. Res. Plann. & Man., ASCE, Vol. 114, No 5, Sep. 1988, pp. 541-564
- Liese W., and Usermann K.W., 1982. Ein beitrage zur berechnung von rohrnetzen von Sprinke-ranlagen, Haus - Bau-Umwelttechnik, Vol. 103, No 6, 1982, pp. 269-274
- Lomax C.C., 1966. Graphical solution for branching pipe flows, Jour. Pipeline Div., ASCE, Vol. 92, No 1, Mar. 1966, pp. 13-25
- Mandry, J.E., 1967. Design of pipe distribution for sprinkler and drainage, Proc. A.S.C.E. Journal of the irrigation and Drainage, Div. Vol. 93 Sept. 1967.
- M.E. Theocharis, C.D. Tzimopoulos, M.A. Sakellariou-Makrantonaki, S. I. Yannopoulos and I. K. Meletiou, 2005. Optimal rural water distribution design using Labye's optimization method and linear programming optimization method. Proc. 4th Int. Conf. ICCMSE 2005, ISBN: 90 – 6764-443-9, Vol. 4A, pp. 564-569, October 2005, Loutraki, Korinthos, Greece.
- Menelaos E. Theocharis, Christos D. Tzimopoulos, Stavros I. Yannopoulos and Maria A. Sakellariou-Makrantonaki, 2006. Design of optimal irrigation networks. Jour. Irrigation and Drainage, Vol. 55, Issue 1, February 2006, pp. 21-32, Published by John
- M.E. Theocharis, C.D. Tzimopoulos, M. A. Sakellariou - Makrantonaki, S. I. Yannopoulos, and I. K. Meletiou, 2010. Comparative calculation of irrigation networks using the Labye's method, the linear programming method and a simplified nonlinear method, Jour. Mathematical and Computer Modelling, , Volume 51, Issues 3-4, February 2010, ISSN 0895-7177, Pages 286-299, Elsevier's Publications.
- Morgan, D.R., and Goulter I.C., 1985. Optimal urban water distribution design, Journal Water Resources Research, Vol. 21, No. 5, May 1985, pp. 642-652.
- N. Dercas, and J.D. Valiantzas, 2011. Two explicit optimum design methods for a simple irrigation delivery system: comparative application. Jour. Irrigation and Drainage



(2011), Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/ird.632

- Robinson R.B., and Austin T.A., 1976. Cost optimization of rural water systems, Jour. Hyd. Div., ASCE, Vol. 102, No 8, Aug. 1976, pp. 1119-1134
- Shamir U., and Howard C.D.D., 1968. Water distribution systems analysis, Jour. Hydr. Div., ASCE, Vol. 94, No 1, Jan. 1968, pp. 219-234
- Shamir U., and Howard C.D.D., 1977. Engineering analysis of water distribution systems, Jour. AWWA, Sep. 1977, pp. 510-514
- Shamir U., and Howard C.D.D., 1979. An analytic approach to scheduling pipe replacement, Jour. AWWA, May 1979, PP. 248-258
- Shamir U., and Howard C.D.D., 1981. Water supply reliability theory, Jour. AWWA, July 1981, pp. 379-384
- Shamir, U., 1974. Optimal design and operation, Journal Water Resources Research, Vol.10 No1. January 1974, pp. 27-36.
- Swamee P.K., and Jain A.K., 1976. Explicit equations for pipe- flow problems, Jour. Hydr. Div. ASCE, Vol. 102, No 5, May 1976, pp. 657-664
- Swamee P.K., and Khanna P., 1974. Equivalent pipe methods for optimizing water networks-facts and fallacies, Jour. Env. Eng. Div., ASCE, Vol. 100, No 1, Feb. 1974, pp. 93-99
- Swamee P.K., Kumar V., and Khanna P., 1973. Optimization of dead end water distribution mains, Jour. Env. Eng. Div., ASCE, Vol. 99, No 2, Apr. 1973, pp. 123-134
- Smith D.V., 1972. Discussion of systems analysis of water distribution networks by Neufville de R., Schaake Jr.J., Stafford J.H., Jour. San. Eng. Div., ASCE, Vol. 98, No 5, Oct. 1972, pp. 787-789
- Smith, D.V., 1966. Minimum cost design of linearly restrained water distribution networks, M.Sc. Thesis, Dept. of Civil Eng., Mass. Inst. of Techncl., Cambridge.
- Smith, M, R.G. Alien, L.J. Monteith, A. Perrier, L. Pereira and A. Segeren, 1991. Report of the expert consultation on procedure for revision of FAO quidelines for prediction of crop water requirements. FAO, Rome, Italy, p.54.
- Stephenson, D., 1981. Pipeline design for water Engineers, Elsevier S.P.C., Amsterdam - Oxford - New York.
- Swamee P.K., and Jain A.K., 1976. Explicit equations for pipe- flow problems, Jour. Hydr. Div. ASCE, Vol. 102, No 5, May 1976, pp. 657-664
- Swamee P.K., and Khanna P., 1974. Equivalent pipe methods for optimizing water networks-facts and fallacies, Jour. Env. Eng. Div., ASCE, Vol. 100, No 1, Feb. 1974, pp. 93-99
- Swamee P.K., Kumar V., and Khanna P., 1973. Optimization of dead end water distribution mains, Jour. Env. Eng. Div., ASCE, Vol. 99, No 2, Apr. 1973, pp. 123-134
- Theocharis, M., Tzimopoulos, C., Yannopoulos, S. and Sakellariou-Makrantonaki M., 2004. Comparative Calculation of the Optimal Head of the Pump station of the Irrigation Networks using a) The Linear Programming Method and b) The Nonlinear Programming method. Proc. 1<sup>st</sup> Int. Conf. "From Scientific Computing to



Computational Engineering" (1st IC-SCCE), September 2004, CD-ROM, Athens, Greece.

- Theocharis, M., Tzimopoulos, C., Yannopoulos, S. and Sakellariou-Makrantonaki M., 2002. A Simplified Nonlinear Programming Method for Irrigation Networks. Proc. Int. Conf. Agricultural Engineering, CD-ROM, , ISBN 963-9058-12-2o, Paper Number : 02-SW-008, July 2002, Budapest.
- Theocharis, M., Tzimopoulos, C., Yannopoulos, S. and Sakellariou-Makrantonaki M., 2005. Linear programming and dynamic programming application in irrigation networks design. Proc. 1<sup>st</sup> Int. Conf. on Experiments/Process/System Modelling/Simulation/ Optimization (1st IC-EpsMso), July 2005, CD-ROM, Athens, Greece.
- Theocharis, M., Tzimopoulos, C., Yannopoulos, S. and Sakellariou-Makrantonaki M., 2005. Dynamic programming and nonlinear programming application in irrigation networks design. Proc. 6th Int. Conf. EWRA 2005, ISBN 2-906859-17-6, paper No 174, p. 39, September 2005, Menton, France.
- Theocharis, M., Tzimopoulos, C., Yannopoulos, S. and Sakellariou-Makrantonaki M., 2005. Optimal Design of Irrigation Networks Using the Dynamic Method and a Simplified Nonlinear Method. Proc. 5<sup>th</sup> WSEAS Int. Conf. on Simulation, Modelling and Optimization (WSEAS SMO '05), ISBN: 960-8457-32-7, August 2005, CD-ROM, Corfu Island, Greece.
- Theocharis, M., Tzimopoulos, C., Yannopoulos, S. and Sakellariou-Makrantonaki M., 2005. Dynamic method and a simplified nonlinear method in irrigation networks optimization. Jour. WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education, Issue 3, ISSN 1790-1979, Vol. 2, pp. 156-165, July 2005.
- Theocharis M., Dalagiorgos S., Pontikakos C., and Giannelos A., 2005. Solving Steady Flow Problems in Under Pressure Closed Pipes. Proc. of Int. Congress on Information Technology in Agriculture, Food and Environment (ITAFE'05), ISBN: 975- 487-126 - 4, Volume II, pp. 481-488, October 2005, Adana, Turkey.
- S. Ntalagiorgos, G. Karantounias, A. Sideridis and C. Pontikakos, 2005. A computer system for optimization of irrigation Networks. Proc. of Int. Congress on Information Technology in Agriculture, Food and Environment (ITAFE'05), Volume II, pp. 97-102, October 2005, Adana, Turkey.
- Vamvakeridou- Lyroudia , L.S.,(a) 1986. branched irrigation system network optimization with more than one state of operation , software for micros, Proc. 2hd Int. Conf., Hydrosoft '86, Southampton, England, Springer-Verlag, Sept. 1986, pp. 321-330.
- Vamvakeridou- Lyroudia , L.S.,(b) 1986. Sanitary sewer , storm sewer and drainage system optimization, software for micros, Proc. 2hd Int. Conf., Hydrosoft '86, Southampton , England, Springer-Verlag, Sept. 1986, pp. 525-523.
- Walters G,A., and McKechnie S.J.,1985. Determining the least- cost spanning network for a system of pipes by the use of dynamic programming, Proc. 2nd Int. Conf. on Civil & Structural Eng. Computing, London, Dec. 1985, pp. 237-243
- Yakowitz, S., 1982. Dynamic programming applications in water resources, Journal Water Resources. Research, Vol. 18, No 4, Aug. 1982, pp. 673- 696



Yang K.P., Liang T., and Wu L.P., 1975. Design of conduit systems with diverging branches. Jour. Hydr. Div., ASCE, Vol. 101, No 1, Jan. 1975, pp. 167-188

Αγρωπιώτης, Γ., 1999. Μαθηματικός προγραμματισμός, Διδασκτικές Σημειώσεις Πανεκ. Θεσσαλίας, Βόλος

Ασάλη Κωνσταντίνου. 1999. Οριστική Μελέτη των Υδραυλικών Υπολογισμών Ανάλυση Συμβούλοι Μηχανικοί Ε.Ε.

Βακαλόπουλος, Β., και Σαραφινός Χ., 1996. Πρόγραμμα βελτιστοποίησης αρδευτικών δικτύων υπό πίεση. Διπλωμ. Εργασ., Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Γκωνέας, Α., 2007. Διερεύνηση καθορισμού βέλτιστων διαμέτρων αρδευτικών δικτύων υπό πίεση με χρησιμοποίηση διαφόρων μεθόδων υπολογισμού. Μεταπτυχιακή Διατριβή, σελ. 32, 57-63, 64-79, 132-140, 141-149 και 150-151, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής Γεωκ. Παν/μιο Αθηνών.

Ευστρατιώτης, Γ.Δ., 1980. Ελαχιστοποίηση κόστους σωληνωτών δικτύων με σημεία πολλαπλής συρροής. Τεχνικά Χρονικά, Οκτ.-Νοε.-Δεκ. 1980, σελ. 66-72.

Ιωαννίδης, Δ.Α., 1992. Ανάλυση και εφαρμογή του γραμμικού προγραμματισμού σε σπλόγγα δίκτυα υπό πίεση και σύγκριση με τη μη γραμμική μέθοδο και τη μέθοδο του Labye. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Μεταπτυχιακό Τμήμα Εγγειών Βελτιώσεων Γεωπονίας Α.Π.Θ.

Θεοχάρης, Μ., 2004. Βελτιστοποίηση των Αρδευτικών Δικτύων Εύρεση των Οικονομικών Διαμέτρων. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Πολυτεχνική Σχολή.

Θεοχάρης, Μ., 2009. Συγκριτική αξιολόγηση των μεθόδων βελτιστοποίησης των αρδευτικών δικτύων. ΥΔΡΟΓΑΙΑ. Τιμητικός Τόμος στον Καθηγητή Χρήστο Τζιμόπουλο (Επιμέλεια εκδόσης Σταύρος Γιαννόπουλος), Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ., σελ. 73-86. Έκδοση Α.Π.Θ., ISBN: 978 - 960-243-659-2 Παραγωγή Π. Ζήτη & Σια ΟΕ. Θεσσαλονίκη.

Θεοχάρης Μ., Τζιμόπουλος Χ., Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., και Γιαννόπουλος Σ., 2006. Το Κόστος των Αγωγών των Αρδευτικών Δικτύων Καταπονητισμού στην Ελλάδα, Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, Ε.Υ.Ε. ISBN: 960 - 6653-14-5, Τόμος Β', σελ. 785-792. Δεκεμβρίου 2006, Ξάνθη.

Λειβαδίτης, Ε., 1972. Η ασυνεχής μέθοδος labye δια τον υπολογισμό του οικονομικού συνδυασμού διαμέτρων, σωληνωτών δικτύων αρδύσεως, Τεχνικά Χρονικά, Μάιος 1972, σελ. 393-412.

Μ. Θεοχάρης, Χ. Τζιμόπουλος, Σ. Γιαννόπουλος και Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2005. Απλοποιημένη Συνεχής Μέθοδος Βελτιστοποίησης των Αρδευτικών Δικτύων. Πρακτικά 4ου Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής της Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδας, ΕΓΜΕ, σελ. 640-648, Οκτώβριος 2005, Αθήνα.

Μ. Θεοχάρης, Χ. Τζιμόπουλος, Σ. Γιαννόπουλος και Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2003. Συγκριτική Μελέτη του Βέλτιστου Μανόμετρου Υψους των Αντλιοστασίων Αρδευτικών Δικτύων με τις Μεθόδους του Γραμμικού Προγραμματισμού και της Απλοποιημένης Μεθόδου μη Γραμμικού Προγραμματισμού. Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, Ε.Υ.Ε., ISBN 960-418-005-3, σελ. 249-256. 2-5 Απριλίου 2003, Θεσσαλονίκη.



- Μπότσογλου Πλάτων, 1998. Μελέτη Βελτίωσης Αρδευτικών Δικτύων Υψηλης Ζώνης Λάμαρης Νομού Πρεβέζης, Τεύχος Γεωργοτεχνική – Γεωργοοικονομική Μελέτη και Διερεύνηση Οικονομικών Αποτελεσμάτων
- Νουτσόπουλος, Γ., 1969. Το πρόβλημα της οικονομικής πιεζομετρικής γραμμής ακτινωτών δικτύων βαρύτητας, Τεχνικά Χρονικά, Οκτ, 1969 σελ. 661 – 676.
- Νουτσόπουλος, Γ.Κ., 1977. Μαθήματα θεωρητικής και εφαρμοσμένης υδραυλικής, τεύχος β', ροή σε κλειστούς αγωγούς υπό πίεση, Ε.Μ.Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Ξηρόκωστας, Δ.Α., 1974. Γραμμικός προγραμματισμός, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Οικολογική Πρόκληση: Κίνδυνοι και Λύσεις για έναν Πλανήτη υπό Απειλή, Εγκυκλοπαίδεια, Τόμος τρίτος
- Παυλίδου, Μ., 1972. Γραμμικός προγραμματισμός, Θεσσαλονίκη.
- Τζιμόπουλος, Χ., 1982. Γεωργική υδραυλική-Συλλογικά αρδευτικά δίκτυα με καταιονισμό, Τόμοι Ι, ΙΙ, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Τζιμόπουλος, Χ., 1991. Η Μέθοδος Labye, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Τζιμόπουλος, Χ. και Ιωαννίδης, Δ., 1997. Βελτιστοποίηση αρδευτικού δικτύου με τη μέθοδο simplex, Η γη και το σύμπαν. Τιμητικός τόμος αφιερωμένος στον καθ. Λ. Μαυρίδη, σελ. 641- 653, Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ..
- Τζιμόπουλος, Χ., Τσιάρας, Ι., και Παλληκαρά, Σ., 1990. Ελαχιστοποίηση του κόστους τηλεθέρμανσης της πόλης Πτολεμαΐδας, Διεθ. Συνεδ. Τηλεθερμ. Πόλεων, Κοζάνη.
- Τσακίρης, Γ., και Κιουντούζης, Ε., 1981. Διαστασιολόγηση των υπό πίεση αρδευτικών δικτύων με τη χρήση γραμμικού προγραμματισμού, Δ' Εθν. Συν. Εταιρ. Επιχειρ. Ερευνών, Έκδοση Σπουδαί, 1981, σελ. 711 –723.
- Τσακίρης, Γ., 1986, Μαθήματα εγγειοβελτιωτικών έργων, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- ΥΠΕΧΩΔΕ, 1997. Οδηγίες για τον Έλεγχο Σωληνωτών Αρδευτικών Δικτύων, Εγκύκλιος Δ. 22.200/30-7-1977.
- Χαλαϊδόπουλο Παύλο, 1998. Οριζοντιογραφία του δικτύου, Bilfinger Berger Baugesflischaf m.b.H.
- Χονδρογιάννης, Σ., 2005. Απλοποιημένη μη γραμμική μέθοδος βελτιστοποίησης του κόστους ενός αρδευτικού δικτύου υπό πίεση. Σύγκριση με τη μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού. Εφαρμογή στο αρδευτικό δίκτυο Καβασίων. Μεταπτυχιακή Διατριβή, σελ. 20-22, 39-40, 41-59, 72-83, 96 – 106 και 120-121, Τμήμα Αγρ. και Τοπ. Μηχ. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Χονδρογιάννης Σωκράτης, Τζιμόπουλος Χρίστος, Ευαγγελίδης Χρήστος, 2006. Εφαρμογή μιας απλοποιημένης μη γραμμικής μεθόδου βελτιστοποίησης του κόστους ενός αρδευτικού δικτύου υπό πίεση. Πρακτικά 10ου Πανελλήνιου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, Ε.Υ.Ε, σελ. 801- 807. Δεκέμβριος 2006, Ξάνθη.
- Ψωινός, Δ.Π., 1989. Ποσοτική ανάλυση, Πρώτος τόμος, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Ψωινός, Δ.Π., 1996. Ποσοτική ανάλυση, Δεύτερος τόμος, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.