

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ**

ΤΟΥ

**Ευάγγελου Φινδανή**



Επιβλέπων καθηγητής: Κ. Χρήστος Ευαγγελίδης

ΑΕΜ: 5123

Ακαδημαϊκό έτος: 2014-2015

ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI  
FACULTY OF ENGINEERING  
SCHOOL OF RURAL AND SURVEYING ENGINEERING  
Dissertation  
**SOFTWARE FOR CALCULATING IRRIGATION NETWORKS**  
Of  
**Evangelos Findanis**



Supervisor Professor: Dr. Evangelidis Christos

Registration code: 5123

Academic year: 2014-2015

## Περίληψη

Ο ρόλος των αρδευτικών δικτύων είναι ουσιώδης για την ανάπτυξη καλλιεργειών και συνεπώς για την οικονομική ευημερία μίας χώρας καθώς ο πρωτογενής τομέας βασίζεται κατ' ένα μεγάλο μέρος στην γεωργία. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικός ο σωστός σχεδιασμός τους και η αποτελεσματική λειτουργία τους. Συνεπώς, ο υδραυλικός μηχανικός πρέπει να συλλέξει δεδομένα σχετικά με την καλλιέργεια και το έδαφος της υπό άρδευση περιοχής ώστε να μπορέσει να σχεδιάσει το δίκτυο που αρδεύει αποτελεσματικά την περιοχή αυτή. Ο σχεδιασμός απαιτεί υπολογισμό πολλών μεταβλητών καθώς και λογικούς ελέγχους, γεγονός που μπορεί να τον χαρακτηρίζει ως μία χρονοβόρα και επίπονη διαδικασία.

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός λογισμικού για τον γρήγορο υπολογισμό όλων των μεταβλητών ενός αρδευτικού δικτύου και για την πραγματοποίηση όλων των αναγκαίων λογικών ελέγχων που απαιτούνται για την ορθή και αποτελεσματική λειτουργία του. Ως γλώσσα προγραμματισμού χρησιμοποιήθηκε η Visual Basic καθώς έχει απλή δομή και φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον. Το προκύπτον λογισμικό επεξεργάζεται γρήγορα τα δεδομένα που εισάγονται από τον μηχανικό, τα ελέγχει για την ορθότητα τους και εξάγει ως αποτέλεσμα μεταβλητές όπως η διάρκεια άρδευσης, το εύρος άρδευσης και η απαιτούμενη παροχή του δικτύου.

Συγκεκριμένα, ο μηχανικός χρησιμοποιώντας το προκύπτον λογισμικό μπορεί να επιλέξει μεταξύ της άρδευσης με εκτοξευτήρες και της στάγδην άρδευσης. Έπειτα, εισάγοντας σε αυτό τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του δικτύου, μπορεί να δημιουργήσει ένα σύνολο από πιθανά αρδευτικά δίκτυα που να ανταποκρίνονται στην καλλιέργεια και στο έδαφος της υπό άρδευση περιοχής. Στην συνέχεια, εξετάζοντας το κάθε δίκτυο μπορεί να επιλέξει ως τελική λύση αυτό που έχει τα καλύτερα χαρακτηριστικά. Ως εκ τούτου, η διαδικασία υπολογισμού και σχεδιασμού ενός αρδευτικού δικτύου αυτοματοποιείται, εξαλείφεται η πιθανότητα λάθους κατά τον υπολογισμό και ο μηχανικός μπορεί εύκολα να συγκρίνει διαφορετικές λύσεις.

## Abstract

Irrigation networks are of significant importance to the development of cultivation and consequently to the economic prosperity of a country because the primary sector is greatly based upon agriculture. Thus, it is important that these are designed correctly and operate efficiently. As a result, a hydraulics engineer has to collect data about the cultivation and the soil of the irrigated area in order to design a network which irrigates the area efficiently. Designing an irrigation network requires calculating many variables and performing logical tests, a fact that may be characterized as a time consuming and laborious task.

The objective of the present dissertation is the development of software which quickly calculates all the variables of an irrigation network and performs all the necessary logical tests required for its proper and effective operation. The programming language which was used is Visual Basic due to its simple structure and user friendly interface. The resulting software rapidly processes the data imported by the engineer, tests their validity and exports variables like the duration of the irrigation, the range of the irrigation and the required volume flow rate of the network.

In particular, an engineer who uses the resulting software is able to select between irrigation based on water guns and irrigation based on drippers. Afterwards, by importing the desirable characteristics of the network, they can create a set of potential irrigation networks which correspond to the cultivation and the soil of the irrigated area. Then, by examining every network, they can select as their final solution the network which has the best characteristics. Thus, the calculation process of an irrigation network is automatized, the possibility of an error occurring during the calculation is eliminated and the engineer can easily contrast the various solutions.

# Περιεχόμενα

Κατάλογος Πινάκων	4
Κατάλογος Σχημάτων	5
Κατάλογος Εικόνων	6
1. Εισαγωγή	7
2. Σκοπός της εργασίας	7
3. Επίλυση αρδευτικών δικτύων	8
3.1. Άρδευση με εκτοξευτήρες	8
3.2 Άρδευση με σταλακτήρες	23
4. Το περιβάλλον του προγράμματος	29
4.1 Άρδευση με εκτοξευτήρες	29
4.2 Άρδευση με σταλακτήρες	38
5. Παραδείγματα χρήσης του προγράμματος	46
6. Συμπεράσματα	56
Παράρτημα Α	57
Παράρτημα Β	58
Παράρτημα Γ	59
Βιβλιογραφικές αναφορές	85

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1 .....	σελ 13
Πίνακας 3.2 .....	σελ 17
Πίνακας 3.3 .....	σελ 18
Πίνακας 3.4 .....	σελ 18
Πίνακας 3.5 .....	σελ 18
Πίνακας 3.6 .....	σελ 25
Πίνακας 3.7 .....	σελ 26
Πίνακας 3.8 .....	σελ 26
Πίνακας 3.9 .....	σελ 27
Πίνακας 3.10 .....	σελ 27
Πίνακας Γ.1 .....	σελ 57
Πίνακας Γ.2 .....	σελ 57

## Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 3.1 .....	σελ 9
Σχήμα 3.2 .....	σελ 10
Σχήμα 3.3 .....	σελ 14
Σχήμα 3.4 .....	σελ 17
Σχήμα 3.5 .....	σελ 20
Σχήμα 3.6 .....	σελ 23

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 4.1 .....	σελ 29
Εικόνα 4.2 .....	σελ 29
Εικόνα 4.3 .....	σελ 30
Εικόνα 4.4 .....	σελ 31
Εικόνα 4.5 .....	σελ 32
Εικόνα 4.6 .....	σελ 32
Εικόνα 4.7 .....	σελ 33
Εικόνα 4.8 .....	σελ 34
Εικόνα 4.9 .....	σελ 35
Εικόνα 4.10 .....	σελ 35
Εικόνα 4.11 .....	σελ 36
Εικόνα 4.12 .....	σελ 36
Εικόνα 4.13 .....	σελ 37
Εικόνα 4.14 .....	σελ 39
Εικόνα 4.15 .....	σελ 40
Εικόνα 4.16 .....	σελ 41
Εικόνα 4.17 .....	σελ 41
Εικόνα 4.18 .....	σελ 42
Εικόνα 4.19 .....	σελ 43
Εικόνα 4.20 .....	σελ 44
Εικόνα 4.21 .....	σελ 45



## 1. Εισαγωγή

Η επιστήμη των αρδεύσεων είναι συνδεδεμένη με την ανάπτυξη υψηλών πολιτισμών (Αίγυπτος, Μεσοποταμία, Ινδία κτλ). Παρόλα αυτά στην Ελλάδα δεν είχαν αναπτυχθεί αρδευτικές τεχνικές καθώς δεν υπήρχε αρκετή ποσότητα νερού για την εφαρμογή αυτών των τεχνικών. Έτσι, η πρώτη προσπάθεια για την εφαρμογή ενός προγράμματος εκτελέσεως μεγάλων παραγωγικών έργων σε Κρατικό επίπεδο έγινε το 1925. Αυτή την περίοδο ήρθαν 1.500.000 πρόσφυγες εξαιτίας της Μικρασιατικής καταστροφής και το κράτος έπρεπε να βρει μία λύση για την αποκατάστασή τους. Καθώς οι Έλληνες μηχανικοί δεν είχαν εμπειρία στις αρδεύσεις κλήθηκαν ξένες εταιρίες να εκτελέσουν έργα στην Μακεδονία όπου συγκεντρώθηκαν οι περισσότεροι μετανάστες. Τα έργα αυτά βοήθησαν:

1. Στην αποξήρανση εκτάσεων όπου υπήρχαν νερά ώστε να καλλιεργηθούν
2. Στην προστασία εκτάσεων που κατακλύζονταν περιοδικά από νερά πλημμυρών.
3. Στην βελτίωση των συνθηκών υγιεινής αφού αυτόν τον καιρό η ελονοσία έπληγε τον πληθυσμό.
4. Στην αύξηση του γεωργικού κλήρου και στην βελτίωση των κοινωνικών και δημογραφικών συνθηκών.

Αυτά τα πρώτα έργα ήταν πολύ ενθαρρυντικά αφού αύξησαν το γεωργικό εισόδημα και αποτέλεσαν τον πυρήνα για τη μελλοντική πολιτική των αρδεύσεων στην χώρα μας (Τζιμόπουλος 1982).

Ο λόγος για τον οποίο η άρδευση είναι σημαντική για την ανάπτυξη των φυτών μίας καλλιέργειας είναι γιατί τα φυτά χάνουν νερό μέσω της εξατμισοδιαπνοής. Έτσι σε περιπτώσεις που η φυσική βροχόπτωση είναι ανεπαρκής, επιβάλλεται άρδευση των φυτών ώστε να καλυφθεί η ανάγκη τους σε νερό. Αυτός είναι ο σκοπός των αρδευτικών δικτύων, δηλαδή η αναπλήρωση της ποσότητας νερού που χάνουν τα φυτά κατά την διάρκεια της εξατμισοδιαπνοής.

## 2. Σκοπός της εργασίας

Η εργασία αυτή είναι η δημιουργία ενός λογισμικού σε περιβάλλον VB6 το οποίο θα έχει την δυνατότητα να προσδιορίζει τα στοιχεία ενός αρδευτικού δικτύου βάσει των δεδομένων που εισάγει ο χρήστης. Συγκεκριμένα, μελετήθηκαν δύο τρόποι άρδευσης. Ο πρώτος είναι η άρδευση με εκτοξευτήρες και ο δεύτερος η στάγδην άρδευση. Στις μέρες μας, η στάγδην άρδευση τείνει να γίνει ο κυρίαρχος τρόπος άρδευσης καθώς περιορίζει την σπατάλη νερού με απευθείας πότισμα των φυτών στην ρίζα τους.

Για κάθε τρόπο άρδευσης εισάγονται δεδομένα σχετικά με το έδαφος της υπό άρδευσης περιοχής, με την καλλιέργεια που ενδιαφέρει τον χρήστη, την διαθέσιμη παροχή νερού και τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του αρδευτικού δικτύου. Βάσει αυτών των δεδομένων το λογισμικό δίνει τα εξής στοιχεία για το αρδευτικό δίκτυο:

1. Αν ο τρόπος άρδευσης που έχει επιλεγθεί είναι η άρδευση με εκτοξευτήρες τότε το λογισμικό υπολογίζει τον αριθμό των γραμμών διανομής, τις διαμέτρους αγωγών κατά Bresse, τον αριθμό των θέσεων πάνω στον κεντρικό αγωγό, τον αριθμό των εκτοξευτήρων πάνω σε κάθε γραμμή διανομής, την απαιτούμενη πίεση στην κεφαλή του δικτύου, την απαιτούμενη παροχή, την διάρκεια άρδευσης και το εύρος άρδευσης.
2. Αν ο τρόπος άρδευσης που έχει επιλεγθεί είναι η στάγδην άρδευση τότε το λογισμικό υπολογίζει το εύρος άρδευσης, τον αριθμό σταλακτήρων ανά φυτό, την διάρκεια άρδευσης, την απαιτούμενη παροχή του δικτύου και τις στάσεις που απαιτούνται στην περίπτωση που η διαθέσιμη παροχή δεν επαρκεί.

Σε παρακάτω ενότητα θα αναλύσουμε πλήρως την σχέση των ποσοτήτων που διέπουν ένα αρδευτικό δίκτυο και τα επιμέρους προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν ώστε να έχουμε ένα δίκτυο για αποτελεσματική άρδευση.

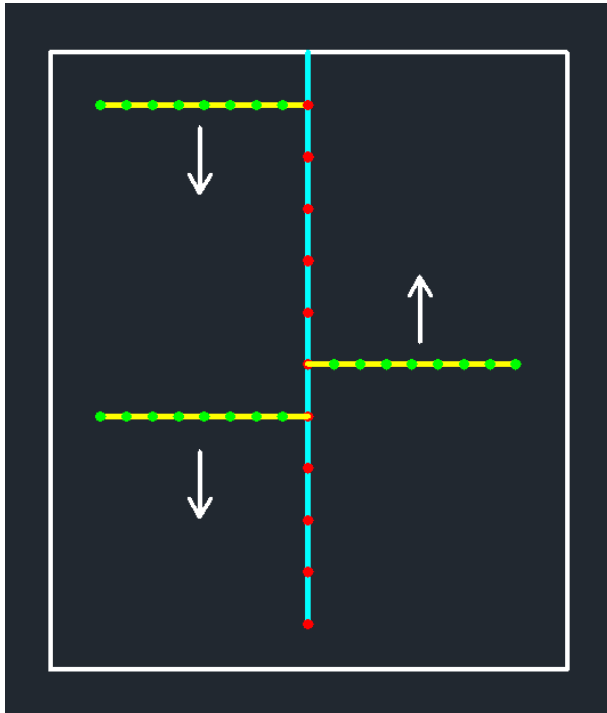
### 3. Επίλυση αρδευτικών δικτύων

Η επίλυση ενός αρδευτικού δικτύου αποτελείται από επιμέρους βήματα. Θα δούμε αναλυτικά ποια είναι αυτά τα βήματα ώστε να μπορέσουμε να τα υλοποιήσουμε μέσα στο περιβάλλον της VB6.

#### 3.1. Άρδευση με εκτοξευτήρες

Ένα αρδευτικό δίκτυο με εκτοξευτήρες αποτελείται από τον κεντρικό αγωγό και τις γραμμές διανομής, οι οποίες αρδεύουν τα διάφορα τμήματα του αγροτεμαχίου στο οποίο είναι εγκαταστημένο το αρδευτικό δίκτυο. Η άρδευση επιτυγχάνεται με την βοήθεια των εκτοξευτήρων που υπάρχουν πάνω στις γραμμές διανομής. Οι γραμμές διανομής κινούνται πάνω στον κεντρικό αγωγό και μόλις αρδεύσουν πλήρως κάποια περιοχή του αγροτεμαχίου προχωράνε στην επόμενη περιοχή. Στο **σχήμα 3.1** μπορούμε να διακρίνουμε ένα τέτοιο δίκτυο. Με κυανή γραμμή φαίνεται ο κεντρικός αγωγός, με κίτρινες γραμμές φαίνονται οι γραμμές διανομής, με κόκκινα σημεία οι θέσεις πάνω στον κεντρικό αγωγό και με πράσινα σημεία οι εκτοξευτήρες πάνω στις γραμμές διανομής. Έτσι οι γραμμές διανομής κινούνται είτε αριστερόστροφα είτε δεξιόστροφα όλες μαζί πηγαίνοντας από την μία θέση στην άλλη.

Δηλαδή όταν τελειώσουν την άρδευση μίας περιοχής του αγροτεμαχίου πηγαίνουν στην επόμενη θέση ώστε να αρδεύσουν την επόμενη περιοχή.



Σχήμα 3.1, η μορφή ενός αρδευτικού δικτύου με εκτοξευτήρες.

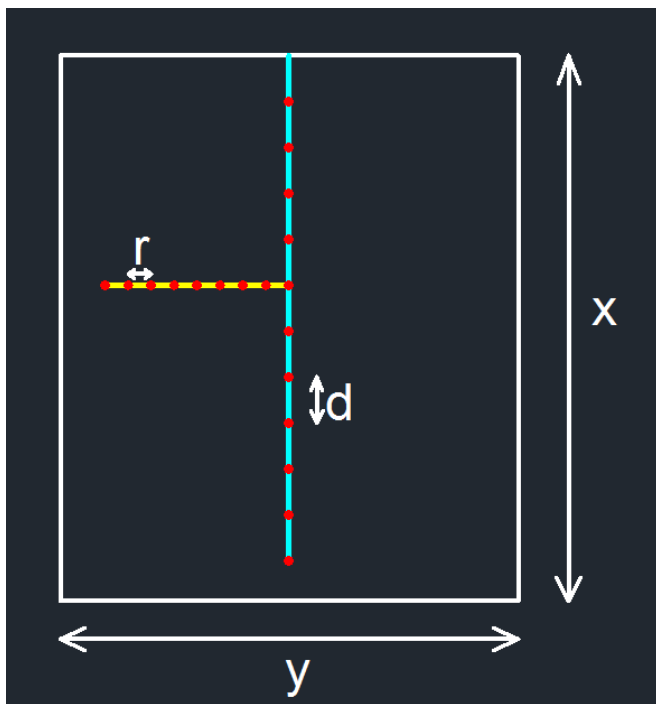
Τα βασικά βήματα της άρδευσης με εκτοξευτήρες που πρέπει να υλοποιηθούν ώστε να καθοριστούν τα στοιχεία ενός τέτοιου αρδευτικού δικτύου είναι τα εξής:

1. Υπολογισμός του αριθμού των θέσεων πάνω στον κεντρικό αγωγό του δικτύου
2. Υπολογισμός του αριθμού των εκτοξευτήρων πάνω σε κάθε γραμμή διανομής
3. Καθορισμός του αριθμού των γραμμών διανομής
4. Υπολογισμός πρακτικής δόσης άρδευσης
5. Υπολογισμός πραγματικής δόσης άρδευσης και της διάρκειας άρδευσης με την βοήθεια των συντελεστών *Kostiakov*.
6. Καθορισμός του εύρους άρδευσης, επανεκτίμηση του αριθμού των γραμμών διανομής και υπολογισμός απαιτούμενης παροχής
7. Υπολογισμός των μηκών των διάφορων τμημάτων του κεντρικού αγωγού ανάλογα με τον αριθμό των γραμμών διανομής
8. Κατάλληλη επιλογή διατομών
9. Υπολογισμός απαιτούμενης πίεσης

## Βήμα 1

Αρχικά, το πρώτο βήμα είναι να καθορίσουμε τον αριθμό των θέσεων πάνω στον κεντρικό αγωγό του δικτύου. Αυτό επιτυγχάνεται γνωρίζοντας τα γεωμετρικά στοιχεία του δικτύου και την απόσταση μεταξύ των θέσεων. Δηλαδή αν το αγροτεμάχιο μας έχει διαστάσεις  $x$  επί  $y$  (σχήμα 3.2) και η απόσταση μεταξύ των θέσεων που επιθυμούμε είναι  $d$  τότε διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:

- Αν το υπόλοιπο της διαίρεσης του  $x$  και του  $d$  είναι μηδενικό τότε ο αριθμός των θέσεων πάνω στον κεντρικό αγωγό  $k_1$  είναι  $x/d-1$ . Αυτό συμβαίνει γιατί επιλέγουμε να μην είναι δυνατή η τοποθέτηση γραμμής διανομής πάνω στο σύνορο του αγροτεμαχίου. Παραδείγματος χάριν αν  $x/d=9$  θα μπορούσαν να υπάρξουν 9 θέσεις πάνω στον κεντρικό αγωγό. Όμως εμείς επιλέγουμε να αφαιρέσουμε την τελευταία και να μην επεκτείνουμε τον αγωγό μέχρι το σύνορο του αγροτεμαχίου ώστε να μην έχουμε σπατάλη νερού. Συνεπώς, τελικά επιλέγουμε  $k_1=8$  θέσεις.
- Αν το υπόλοιπο της διαίρεσης του  $x$  και του  $d$  είναι διάφορο του μηδενός τότε ο αριθμός των θέσεων πάνω στον κεντρικό αγωγό  $k_1$  είναι το ακέραιο μέρος του αποτελέσματος της διαίρεσης  $x/d$ . Αυτό συμβαίνει καθώς ο αριθμός των θέσεων πρέπει να είναι ακέραιος. Έτσι αν παραδείγματος χάριν έχουμε  $x/d=8.5$  τότε ο αριθμός των θέσεων πάνω στον κεντρικό αγωγό θα είναι 8.



Σχήμα 3.2, φαίνονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δικτύου.

## Βήμα 2

Με παρόμοιο τρόπο υπολογίζουμε τον αριθμό των εκτοξευτήρων πάνω σε κάθε γραμμή διανομής. Αν  $r$  είναι η απόσταση των εκτοξευτήρων πάνω σε μία γραμμή διανομής, διακρίνουμε πάλι δύο περιπτώσεις:

- Εάν το υπόλοιπο της διαίρεσης του  $(\gamma/2)$  με το  $r$  είναι μηδέν τότε ο αριθμός των εκτοξευτήρων πάνω στην γραμμή διανομής  $k_2$  είναι  $\gamma/(2r)-1$ . Αυτό συμβαίνει πάλι για λόγους οικονομίας νερού, δηλαδή ο λόγος που προσθέτουμε το  $-1$  είναι για να μην τοποθετηθεί εκτοξευτήρας πάνω στο σύνορο του αγροτεμαχίου. Αν παραδείγματος χάριν  $\gamma/(2r)=10$  τότε μπορούμε να τοποθετήσουμε ακριβώς 10 εκτοξευτήρες πάνω στην γραμμή διανομής. Όμως τελικά επιλέγουμε να τοποθετήσουμε 9.
- Εάν το υπόλοιπο της διαίρεσης του  $(\gamma/2)$  με το  $r$  είναι διάφορο του μηδενός τότε ο αριθμός των εκτοξευτήρων πάνω στην γραμμή διανομής  $k_2$  είναι το ακέραιο μέρος της παράστασης  $\gamma/(2r)$  ώστε να μην καταλήξουμε σε δεκαδικό αριθμό εκτοξευτήρων. Έτσι αν  $\gamma/(2r)=9.4$  τότε ο αριθμός των εκτοξευτήρων είναι 9.

## Βήμα 3

Το επόμενο βήμα είναι ο προσδιορισμός του αριθμού των γραμμών διανομής. Αυτό πολύ απλά γίνεται με την επίλυση της εξής ανισότητας:

$$Q_{\delta\alpha\theta} - q < n \cdot q \leq Q_{\delta\alpha\theta}$$

όπου  $Q_{\delta\alpha\theta}$  είναι η διαθέσιμη παροχή,  $n$  ο αριθμός των γραμμών διανομής (που αναζητούμε) και  $q$  είναι η παροχή που απαιτεί η κάθε γραμμή διανομής. Το  $q$  ισούται με το γινόμενο του αριθμού των εκτοξευτήρων  $k_2$  πάνω στην γραμμή διανομής και της παροχής του κάθε εκτοξευτήρα  $q_s$ . Ο λόγος που επιλέγουμε αυτή την ανισότητα είναι η μέγιστη εκμετάλλευση της διαθέσιμης παροχής. Παρ' όλα αυτά, η λύση αυτής της ανισότητας δεν είναι απαραίτητα ο τελικός αριθμός των γραμμών διανομής καθώς μπορεί να χρειαστούν κάποιες διορθώσεις τις οποίες θα δούμε παρακάτω.

## Βήμα 4

Ο επόμενος υπολογισμός είναι η εύρεση της μέγιστης δόσης και της πρακτικής δόσης. Για να το πετύχουμε αυτό πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε την διαθέσιμη υγρασία  $\Delta.Y$ , η οποία αντιπροσωπεύει το νερό που διατίθεται για τις ανάγκες των φυτών. Αυτή, σύμφωνα με τον Τζιμόπουλο (1982), υπολογίζεται από τον τύπο

$$\Delta.Υ. = (H_r - H_f) \frac{\rho_b}{\rho_w}$$

όπου  $H_r$  και  $H_f$  είναι η υδατοϊκανότητα και το σημείο μαράνσεως κατά βάρος αντιστοίχως και  $\rho_b$  και  $\rho_w$  είναι οι φαινόμενες πυκνότητες του εδάφους και του νερού αντιστοίχως. Έπειτα με τον τύπο

$$D_m = h \times \Delta.Υ.$$

υπολογίζουμε την μέγιστη δόση  $D_m$  άρδευσης. Ο λόγος που πολλαπλασιάζουμε την  $\Delta.Υ.$  με το  $h$  (που είναι το βάθος του ριζοστρώματος) ώστε να προκύψει η μέγιστη δόση είναι γιατί τα φυτά μπορούν να εκμεταλλευτούν την υγρασία του εδάφους μόνο μέχρι ένα συγκεκριμένο βάθος (Τζιμόπουλος 1982).

Στην συνέχεια, πολλαπλασιάζοντας την μέγιστη δόση με τον συντελεστή  $F$  παίρνουμε την πρακτική δόση άρδευσης, δηλαδή

$$D_p = F D_m$$

Ο συντελεστής  $F$  ονομάζεται ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο μείωσης της εδαφικής υγρασίας. Η αιτία που πολλαπλασιάζουμε την μέγιστη δόση με το  $F$  ώστε να προκύψει η πρακτική δόση είναι πως το έδαφος θα πρέπει να αρδευτεί πριν η υγρασία φτάσει στο σημείο μάρανσης.

## Βήμα 5

Το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός της πραγματικής δόσης άρδευσης και της συνολικής διάρκειας άρδευσης. Σύμφωνα με τον Τζιμόπουλο (1982), η πραγματική δόση  $D_r$  υπολογίζεται διαιρώντας την πρακτική δόση με τον συντελεστή απόδοσης  $e$ , οπότε

$$D_r = \frac{D_p}{e}$$

Ο συντελεστής  $e$  είναι μικρότερος της μονάδας με αποτέλεσμα η πραγματική δόση να είναι μεγαλύτερη της πρακτικής. Αυτό είναι λογικό να συμβαίνει αν λάβουμε υπόψιν μας πως η πραγματική δόση, δηλαδή η δόση που πρέπει να προσφέρουμε στα φυτά, υπόκειται απώλειες. Έτσι πρέπει το νερό της δόσης εφαρμογής να αυξηθεί κατά ένα ποσοστό ώστε το έδαφος να δεχθεί την προβλεπόμενη δόση (πρακτική δόση).

Ο συντελεστής απόδοσης  $e$  υπολογίζεται με την βοήθεια των συντελεστών  $Kostiakov$ , οι οποίοι είναι συντελεστές χαρακτηριστικοί για κάθε τύπο εδάφους. Για να καταλάβουμε την φυσική

τους σημασία πρέπει να εισάγουμε την έννοια της διηθητικότητας του εδάφους. Σύμφωνα με τον Τζιμόπουλο (1982), «διηθητικότητα του εδάφους  $i$  είναι η μέγιστη ροή που το εδαφικό προφίλ μπορεί να απορροφήσει διαμέσου της επιφάνειάς του, στην οποία βρίσκεται το νερό υπό πίεση ίση με την ατμοσφαιρική». Στην Ελλάδα ο τύπος που χρησιμοποιείται για την διηθητικότητα είναι ο

$$i = nkt^{n-1}$$

όπου  $n$  και  $k$  οι συντελεστές Kostiaκον. Οι συντελεστές αυτοί φαίνονται στον **πίνακα 3.1** (Θεοχάρης 2013).

Τύπος εδάφους	$k$	$n$
Αμμώδης πηλός	3,8	0,80
Πηλός	4,8	0,70
Αργιλοπηλός	1,2	0,54
Ίλυοπηλός	2,1	0,52
Ίλυώδης άργιλος	3,6	0,52

Πίνακας 3.1, δίνονται οι συντελεστές  $n$  και  $k$  συναρτήσει του τύπου εδάφους.

Επίσης ορίζουμε την αθροιστική διηθητικότητα ως το αόριστο ολοκλήρωμα της διηθητικότητας  $i$  ως προς τον χρόνο (Τζιμόπουλος 1982), δηλαδή

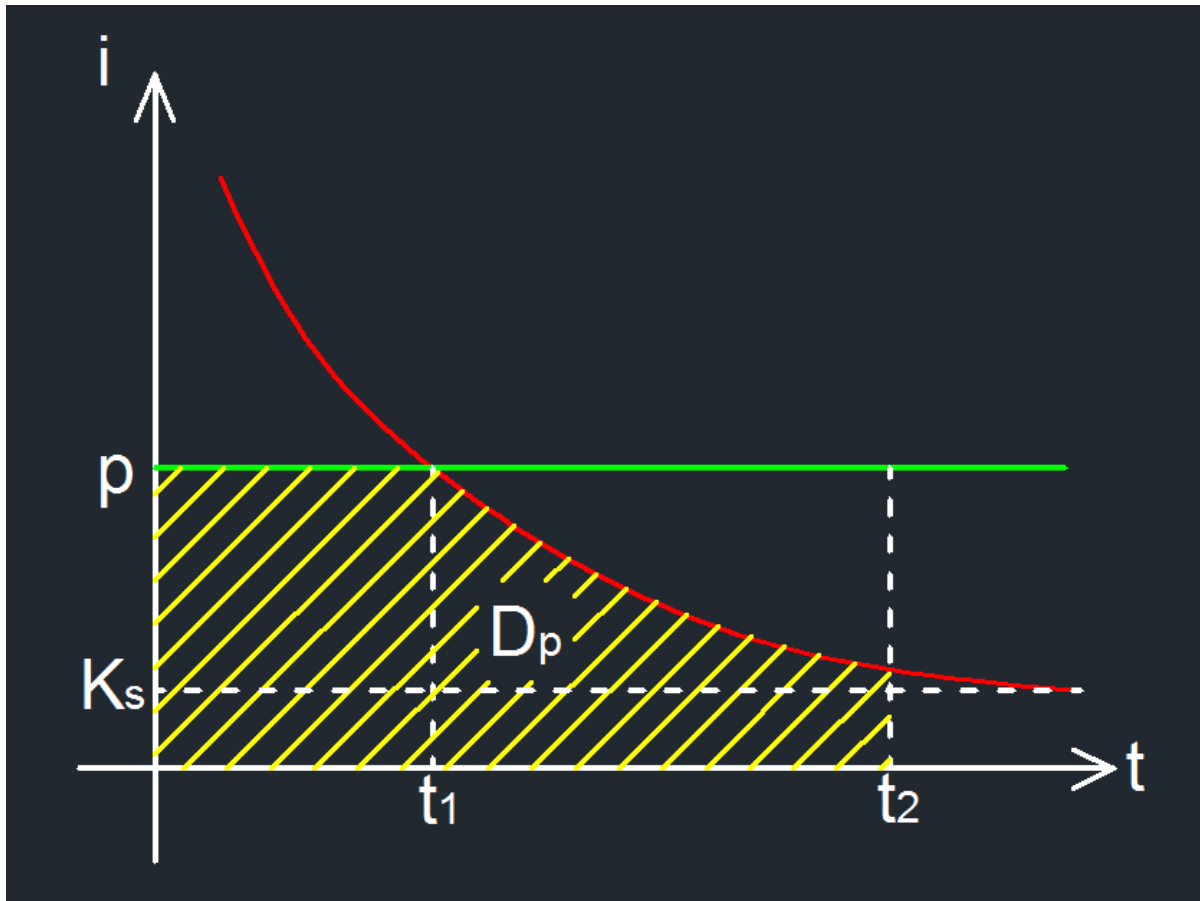
$$I = \int i dt$$

Έτσι με την βοήθεια αυτών των συντελεστών Kostiaκον έχουμε την δυνατότητα να υπολογίσουμε τον συντελεστή απόδοσης  $e$  αλλά και την διάρκεια άρδευσης με την εξής διαδικασία:

Αν γνωρίζουμε την ένταση τεχνητής βροχόπτωσης  $p$  που εφαρμόζουμε στην καλλιέργειας μας (ή αλλιώς ωριαίο ύψος νερού) τότε μπορούμε να κάνουμε το γράφημα του **σχήματος 3.3** (Τζιμόπουλος 1982). Σε αυτό το σημείο πρέπει να πούμε πως η σχέση της τεχνητής βροχόπτωσης με την παροχή των εκτοξευτήρων είναι η εξής:

$$p = \frac{q_s}{d \cdot r}$$

Έτσι στο γράφημα του **σχήματος 3.3** μπορούμε να παρατηρήσουμε πως όταν ο χρόνος τείνει στο άπειρο η καμπύλη της διηθητικότητας τείνει ασυμπτωτικά σε μία σταθερή τιμή που ονομάζεται σταθερή διηθητικότητα  $K_s$ .



Σχήμα 3.3, η γραφική παράσταση της διηθητικότητας συναρτήσει του χρόνου.

Έτσι αν  $p > K_s$ , παρατηρούμε πως υπάρχει ένα χρονικό διάστημα  $[0, t_1]$  όπου  $p < i$  ενώ για κάθε χρονική στιγμή  $t$  για την οποία ισχύει  $t > t_1$  πάντα  $p > i$ . Αυτό συνεπάγεται πως μέχρι το  $t_1$  όλη η ποσότητα νερού που προσφέρουμε στο έδαφος απορροφάται αμέσως ενώ μετά το  $t_1$  αυτή λιμνάζει πάνω από το έδαφος με αποτέλεσμα να έχουμε δαπάνη νερού. Αν θέλουμε να υπολογίσουμε το  $t_1$  δεν έχουμε παρά να λύσουμε την εξίσωση

$$p = i(t_1)$$

η λύση της οποίας είναι η

$$t_1 = \left( \frac{p}{nk} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Έπειτα μπορούμε από το **σχήμα 3.3** να δούμε πως ισχύει



$$D_p = pt_1 + \int_{t_1}^{t_2} i dt = pt_1 + I(t_2) - I(t_1)$$

Αν λύσουμε αυτή την εξίσωση ως προς  $t_2$  έχουμε

$$t_2 = \left[ \frac{I}{k} (D_p - pt_1 + kt_1^n) \right]^{\frac{1}{n}}$$

Έτσι όπως έχουμε ορίσει το  $t_2$  είναι η απαιτούμενη διάρκεια ώστε το έδαφος να απορροφήσει την πρακτική δόση νερού. Συνεπώς το  $t_2$  είναι η διάρκεια που πρέπει να αρδεύσει η κάθε γραμμή διανομής. Για να βρούμε την συνολική διάρκεια της άρδευσης πρέπει να σκεφτούμε πόσες κινήσεις κάνουν οι γραμμές διανομής του δικτύου πάνω στον κεντρικό αγωγό και έπειτα να βρούμε τον μέγιστο αριθμό κινήσεων  $c$  που κάνει κάποια γραμμή διανομής. Αν παραδείγματος χάριν έχουμε τρεις γραμμές διανομής στο δίκτυο μας και οι δύο από αυτές κάνουν 5 κινήσεις ενώ η άλλη κάνει 4 τότε  $c=5$ . Έτσι προκύπτει πως η συνολική διάρκεια άρδευσης θα είναι  $ct_2$ . Δηλαδή, αφού ο μέγιστος αριθμός κινήσεων που απαιτούνται για την πλήρη άρδευση του αγροτεμαχίου είναι  $c$ , η συνολική διάρκεια άρδευσης είναι το γινόμενο του  $c$  και του  $t_2$ . Ένας γρήγορος τρόπος για τον υπολογισμό του  $c$  είναι ο εξής τρόπος:

1. Υπολογισμός της ποσότητας:  $2k_1/[\text{αριθμός γραμμών διανομής}]$
2. Αν η ποσότητα αυτή είναι ακέραιος αριθμός τότε  $c=2k_1/[\text{αριθμός γραμμών διανομής}]$ , ενώ αν είναι δεκαδικός αριθμός τότε  $c=\text{int}(2k_1/[\text{αριθμός γραμμών διανομής}])+1$ .

Αν επίσης σκεφτούμε πως το γινόμενο του  $\rho$  και του  $t_2$  είναι το συνολικό νερό που προσφέρουμε στο έδαφος, δηλαδή η πραγματική δόση άρδευσης, έχουμε

$$e = \frac{D_p}{D_r} = \frac{D_p}{pt_2}$$

Όμως εκτός από την περίπτωση να ισχύει  $\rho > K_s$  υπάρχουν και οι εξής περιπτώσεις (Τζιμόπουλος 1982):

1. Αν  $\rho = K_s$  τότε όλο το νερό από την τεχνητή βροχόπτωση διηθείται στο έδαφος. Όμως, σε αυτή την περίπτωση, ο χρόνος άρδευσης είναι πολύ μεγάλος.
2. Αν  $\rho < K_s$  τότε, πάλι, όλο το νερό διηθείται από το έδαφος, ενώ ο χρόνος άρδευσης γίνεται ανεπίτρεπτα μεγάλος. Αν χρησιμοποιούσαμε την εξίσωση διήθησης και τους συντελεστές Kostiaκov για να βρούμε τα  $t_1$  και  $t_2$  θα παρατηρούσαμε πως  $t_2 < t_1$  πράγμα αδύνατο.

Έτσι αν προκύψει μία από αυτές τις δύο περιπτώσεις αυξάνουμε την τεχνητή βροχόπτωση που εφαρμόζουμε στο αγροτεμάχιο μας και ως εκ τούτου την παροχή των εκτοξευτήρων.

## Βήμα 6

Έπειτα, μπορούμε να υπολογίσουμε το εύρος της άρδευσης με δεδομένη την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας  $ET_c$ . Πρέπει να πούμε πως η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας είναι η ποσότητα νερού που χρειάζεται για την κανονική ανάπτυξη και βέλτιστη απόδοση μίας καλλιέργειας και το εύρος άρδευσης είναι το μεσοδιάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών αρδεύσεων. Έτσι, σύμφωνα με τον Τζιμόπουλο (1982), το εύρος άρδευσης  $T$  δίνεται από τον τύπο

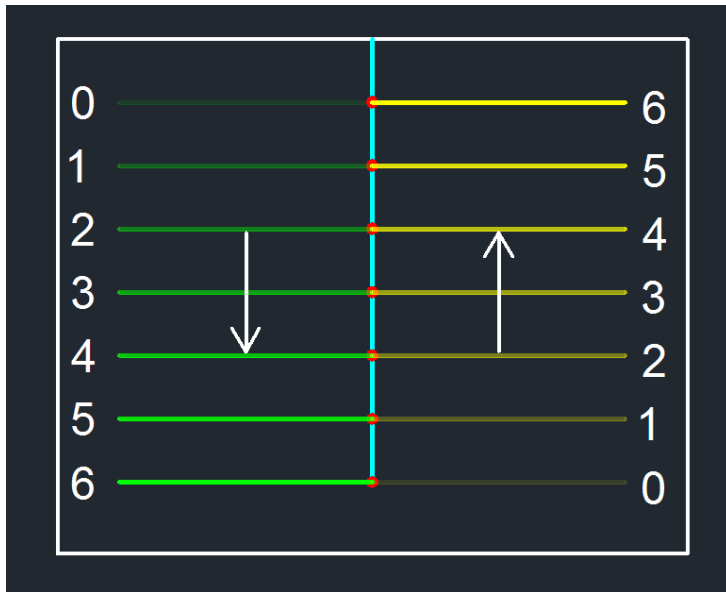
$$T = \frac{D_p}{ET_c}$$

Όμως μπορεί να προκύψει το εξής πρόβλημα: Υπάρχει η περίπτωση το εύρος άρδευσης να είναι μικρότερο από την συνολική διάρκεια άρδευσης. Σε αυτή την περίπτωση, λοιπόν, τα φυτά της υπό άρδευση καλλιέργειας θα μααραθούν αφού ουσιαστικά θα χρειάζονται πιο συχνά νερό απ' ό τι προλαβαίνει να τους δοθεί. Έτσι πρέπει να ελέγξουμε αν συμβαίνει κάτι τέτοιο. Αν ναι, τότε αυξάνουμε τις γραμμές διανομής του δικτύου μας μέχρι το εύρος άρδευσης να γίνει μεγαλύτερο από την διάρκεια άρδευσης. Το γινόμενο του τελικού αριθμού των γραμμών διανομής με το  $q$  είναι η απαιτούμενη παροχή.

## Βήμα 7

Για τον υπολογισμό των γραμμικών απωλειών ενέργειας του δικτύου πρέπει να βρεθούν τα μήκη από τα οποία διέρχονται οι διάφορες παροχές του δικτύου. Αυτό προκύπτει από το γεγονός πως ένα αρδευτικό δίκτυο δεν έχει σταθερή παροχή σε κάθε τμήμα του. Αν για παράδειγμα έχει τρεις γραμμές διανομής και κάθε γραμμή διανομής χρειάζεται παροχή  $q$  τότε ο κεντρικός αγωγός του δικτύου θα χωρίζεται σε τρία τμήματα. Στο πρώτο τμήμα η παροχή θα είναι  $3q$ , στο δεύτερο  $2q$  και στο τρίτο  $q$ . Έτσι πρέπει να καθοριστούν τα μήκη αυτών των τμημάτων καθώς παίζουν σημαντικό ρόλο στις απώλειες ενέργειας. Θα αναλύσουμε μία απλή περίπτωση προσδιορισμού αυτών των μηκών και μετά θα δούμε τα αποτελέσματα αυτής της μεθοδολογίας για διάφορους αριθμούς γραμμών διανομής.

Έστω λοιπόν πως έχουμε ένα δίκτυο με 2 γραμμές διανομής. Η κίνηση των γραμμών γίνεται όπως φαίνεται στο **σχήμα 3.4**.



Σχήμα 3.4, είναι εμφανής η κίνηση των γραμμών διανομής.

Έτσι στην αρχή οι γραμμές διανομής δεν είχαν πραγματοποιήσει καμία κίνηση, μετά πραγματοποίησαν την πρώτη κτλ. Παρατηρούμε πως όταν και οι δύο γραμμές διανομής είναι στην αρχική τους θέση (συμβολίζεται με 0), μέχρι την πρώτη θέση (βούλα με κόκκινο στο σχήμα) η παροχή είναι  $2q$ . Σε αυτή την θέση η παροχή χωρίζεται σε δύο μισά ( $q+q$ ) από τα οποία το ένα χρησιμοποιείται στην αριστερή γραμμή διανομής και το άλλο συνεχίζει μέσα στον κεντρικό αγωγό μέχρι την τελευταία θέση όπου συναντά την δεξιά γραμμή διανομής. Όταν οι γραμμές διανομής κάνουν την πρώτη κίνηση τους (συμβολίζεται με 1), η παροχή  $2q$  θα συνεχίζει μέχρι την δεύτερη θέση και μετά πάλι θα χωρίζεται σε δύο μισά. Όπως και πριν, το ένα μισό της συνολικής παροχής θα συνεχίζει την πορεία του στην αριστερή γραμμή διανομής και το υπόλοιπο θα φτάσει μέχρι την προτελευταία θέση όπου θα συναντήσει στην δεξιά γραμμή διανομής. Στο τμήμα του κεντρικού αγωγού μεταξύ της προτελευταίας θέσης και της τελευταίας δεν θα υπάρχει καθόλου ρευστό. Αν συνεχίσουμε αυτή την λογική προκύπτει ο **πίνακας 3.2** που είναι ο εξής:

Τμήμα/κίνηση	0	1	2	3	4	5	6	max
(0-1)	$2q$	$2q$	$2q$	$2q$	$2q$	$2q$	$2$	$2q$
(1-2)	$q$	$2q$	$2q$	$2q$	$2q$	$2q$	$q$	$2q$
(2-3)	$q$	$q$	$2q$	$2q$	$2q$	$q$	$q$	$2q$
(3-4)	$q$	$q$	$q$	$2q$	$q$	$q$	$q$	$2q$
(4-5)	$q$	$q$	$q$	0	$q$	$q$	$q$	$q$
(5-6)	$q$	$q$	0	0	0	$q$	$q$	$q$
(6-7)	$q$	0	0	0	0	0	$q$	$q$

Πίνακας 3.2, ο τρόπος υπολογισμού των μηκών των τμημάτων του κεντρικού αγωγού για δύο γραμμές διανομής.

Αυτός ο πίνακας δείχνει την παροχή που διέρχεται από κάθε τμήμα του κεντρικού αγωγού ανάλογα με τις θέσεις των γραμμών διανομής. Αν παραδείγματος χάριν, οι γραμμές διανομής του **σχήματος 3.4** έχουν κάνει 4 κινήσεις, στο τμήμα του κεντρικού αγωγού μεταξύ των θέσεων 3 και 4 η παροχή θα είναι  $q$ . Όταν συμπληρώσουμε αυτόν τον πίνακα προκύπτει η μέγιστη παροχή που θα περάσει από το κάθε τμήμα του κεντρικού αγωγού. Έτσι στην περίπτωση που εξετάζουμε, μέχρι την θέση 4 ο κεντρικός αγωγός πρέπει να σχεδιαστεί για παροχή  $2q$  και από την θέση 4 μέχρι την θέση 7 πρέπει να σχεδιαστεί για παροχή  $q$ . Το συνολικό μήκος του κεντρικού αγωγού είναι το γινόμενο του  $k_1$  (αριθμός των θέσεων πάνω στον κεντρικό αγωγό) και του  $d$  (ισαποχή θέσεων πάνω στον κεντρικό αγωγό). Οπότε το μήκος του τμήματος με παροχή  $2q$  είναι  $4k_1d/7$  και το μήκος του τμήματος με παροχή  $q$  είναι  $3k_1d/7$ .

Η ανάλυση που κάναμε παραπάνω εξαρτάται από τον αριθμό  $k_1$ . Αν δηλαδή στην προηγούμενη περίπτωση το  $k_1$  ήταν 6 και όχι 7 τότε τα μήκη με παροχές  $2q$  και  $q$  θα είχαν ακριβώς το ίδιο μήκος. Έτσι εφαρμόζοντας την ανάλυση που κάναμε προηγουμένως για διάφορους αριθμούς γραμμών διανομής έχουμε τους παρακάτω πίνακες:

$K_1 \bmod 2$	$q$	$2q$
0	$K_1d/2$	$K_1d/2$
1/2	$(\text{Int}(K_1/2))d$	$(\text{Int}(K_1/2)+1)d$

Πίνακας 3.3, τα μήκη των τμημάτων του κεντρικού αγωγού για δύο γραμμές διανομής.

$K_1 \bmod 3$	$q$	$2q$	$3q$
0	$K_1d/3$	$K_1d/3$	$K_1d/3$
1/3	$(\text{int}(K_1/3))d$	$(\text{int}(K_1/3)+1)d$	$(\text{int}(K_1/3))d$
2/3	$(\text{int}(K_1/3)+1)d$	$(\text{int}(K_1/3)+1)d$	$(\text{int}(K_1/3))d$

Πίνακας 3.4, τα μήκη των τμημάτων του κεντρικού αγωγού για τρεις γραμμές διανομής.

$K_1 \bmod 4$	$q$	$2q$	$3q$	$4q$
0	$K_1d/4$	$K_1d/4$	$K_1d/4$	$K_1d/4$
1/4	$(\text{int}(k_1/4))d$	$(\text{int}(k_1/4)+1)d$	$(\text{int}(k_1/4))d$	$(\text{int}(k_1/4))d$
2/4	$(\text{int}(k_1/4))d$	$(\text{int}(k_1/4)+1)d$	$(\text{int}(k_1/4))d$	$(\text{int}(k_1/4)+1)d$
3/4	$(\text{int}(k_1/4)+1)d$	$(\text{int}(k_1/4)+1)d$	$(\text{int}(k_1/4)+1)d$	$(\text{int}(k_1/4))d$

Πίνακας 3.5, τα μήκη των τμημάτων του κεντρικού αγωγού για τέσσερις γραμμές διανομής.

Ο **πίνακας 3.3** μας δίνει τα μήκη των διάφορων τμημάτων του κεντρικού αγωγού για την περίπτωση 2 γραμμών διανομής. Το ίδιο κάνουν και οι **πίνακες 3.4** και **3.5** για 3 και 4 γραμμές διανομής αντίστοιχα. Για να καταλάβουμε την χρήση αυτών των πινάκων ας υποθέσουμε πως έχουμε 3 γραμμές διανομής, η τιμή του  $d$  είναι 4 m και το  $k_1$  ισούται με 10. Έτσι το υπόλοιπο της διαίρεσης του  $k_1$  (=10) με το 3 είναι 1/3. Οπότε τα τμήματα του αγωγού από τα οποία περνάνε οι παροχές  $q$  και  $3q$  έχουν μήκος 12 m, ενώ το τμήμα του αγωγού από το οποίο περνάει η παροχή  $q$  θα έχει μήκος 16 m. Τέλος πρέπει να τονίσουμε πως δεν προσθέσαμε

πίνακα για την περίπτωση μίας γραμμής διανομής γιατί πολύ απλά από όλο τον κεντρικό αγωγό σε αυτή την περίπτωση διέρχεται παροχή  $q$ .

### **Βήμα 8**

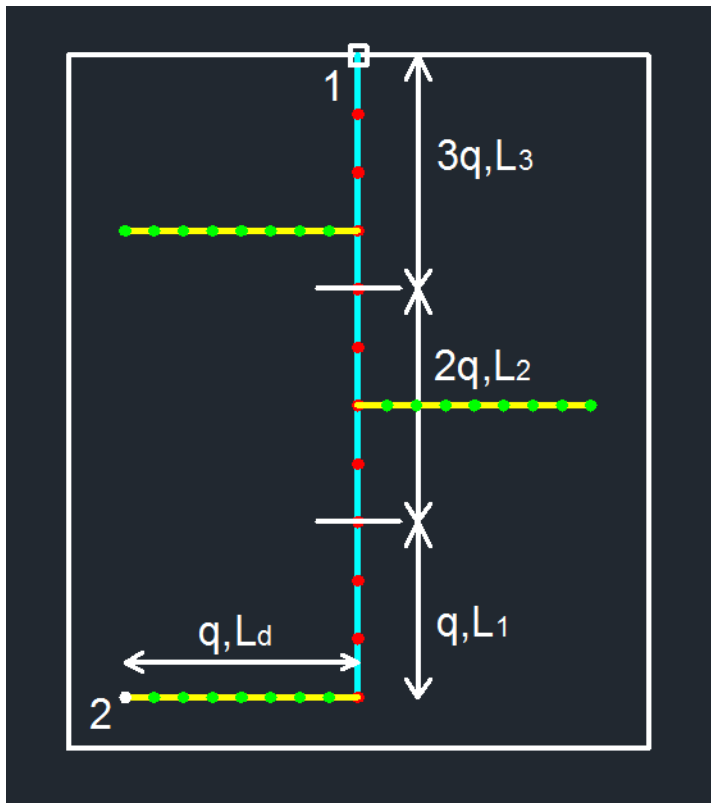
Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο βήμα, από τους αγωγούς του δικτύου διέρχονται διαφορετικές παροχές. Έτσι δεν πρέπει μόνο να γνωρίζουμε το μήκος του κάθε τμήματος που έχει μία συγκεκριμένη παροχή αλλά πρέπει να γνωρίζουμε και την διάμετρο του. Γενικά, οι διάμετροι των αγωγών του δικτύου είναι κάτι που επιλέγει ο μηχανικός. Όμως αν λάβουμε υπόψιν μας πως οι ταχύτητες μέσα στον αγωγό πρέπει να είναι περίπου 1.5 m/s πρέπει να επιλέξουμε διαμέτρους που μας δίνουν περίπου αυτή την ταχύτητα. Πολύ μικρές διαμέτροι οδηγούν σε αύξηση των απωλειών ενέργειας και πολύ μεγάλες σε υψηλό κοστολόγιο. Συνεπώς, δεν υπάρχει μία συγκεκριμένη διάμετρος που πρέπει να χρησιμοποιηθεί καθώς το μόνο κριτήριο είναι ταχύτητες μέσα στον αγωγό κοντά στα 1.5 m/s. Για να επιτευχθεί αυτό σε έναν αγωγό που έχει παροχή  $Q$ , επιλέγουμε μία διάμετρο κοντά στην διάμετρο κατά Bresse (Τζιμόπουλος 1982), η οποία δίνεται από τον τύπο

$$D=15.5\sqrt{Q}$$

όπου το  $Q$  εισάγεται σε  $m^3/h$  και το  $D$  προκύπτει σε mm. Συνηθίζεται να επιλέγεται ελαφρώς μεγαλύτερη διάμετρος από αυτή του Bresse.

### **Βήμα 9**

Αφού πλέον έχουν επιλεγεί οι διαμέτροι του κάθε τμήματος του αρδευτικού δικτύου και έχει υπολογιστεί το μήκος του κάθε τμήματος είναι δυνατόν να υπολογιστούν και οι γραμμικές απώλειες ενέργειας του δικτύου. Καθώς οι γραμμές διανομής μετακινούνται, για κάθε θέση τους οι απώλειες ενέργειας διαφέρουν. Συνεπώς, θα τις υπολογίσουμε για την χειρότερη περίπτωση η οποία είναι όταν μία γραμμή διανομής του δικτύου βρίσκεται στην τελευταία θέση του κεντρικού αγωγού (**Σχήμα 3.5**).



Σχήμα 3.5, ένα αρδευτικό δίκτυο με τρεις γραμμές διανομής.

Έτσι αρχικά πρέπει να υπολογίσουμε τις γραμμικές απώλειες για κάθε τμήμα του δικτύου. Συγκεκριμένα, για κάθε τμήμα του κεντρικού αγωγού του δικτύου μήκους  $L$ , παροχής  $Q$  και διαμέτρου  $D$ , ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

1. Σύμφωνα με τον Giles (1986), υπολογίζουμε την ταχύτητα του νερού μέσα στον αγωγό με τον τύπο

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

2. Υπολογίζουμε τον αριθμό Reynolds που δίνεται, σύμφωνα με τον Giles (1986), από τον τύπο

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

όπου  $\nu$  είναι το κινηματικό ιξώδες του νερού.

3. Υπολογίζουμε τον συντελεστή τριβής  $f$ . Στην βιβλιογραφία υπάρχουν πολλοί διαθέσιμοι τύποι για αυτόν τον σκοπό. Οι Swaffield και Bridge (1983) θεωρούν αξιόπιστη την εξίσωση του Colebrook-White η οποία είναι η

$$\frac{l}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.5l}{Re\sqrt{f}} \right]$$

Η εξίσωση επιλύεται με αριθμητική μέθοδο (συναρτησιακές επαναλήψεις). Στον κώδικα όμως για να αποφύγουμε τις συναρτησιακές επαναλήψεις μπορούμε, σύμφωνα με τον Τζιμόπουλο (2005), να χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση

$$\frac{l}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{e}{3.7D} + \frac{6}{Re^{0.90458}} \right]$$

4. Υπολογίζουμε τις γραμμικές απώλειες ενέργειας για το συγκεκριμένο τμήμα του κεντρικού αγωγού με τον τύπο Darcy-Weisbach (Giles 1986)

$$h = f \frac{LV^2}{2gD}$$

Αφού κάνουμε αυτή την διαδικασία για κάθε τμήμα του κεντρικού αγωγού προσθέτουμε όλες τις απώλειες ενέργειας αυτών των τμημάτων. Έτσι για το αρδευτικό δίκτυο του **σχήματος 3.5** ισχύει

$$h_{cp} = h_1 + h_2 + h_3$$

όπου  $h_1$  οι απώλειες ενέργειας για το τμήμα με επιλεγμένη διάμετρο  $D_1$ , μήκος  $L_1$  και παροχή  $q$ ,  $h_2$  οι απώλειες υπολογισμένες για διάμετρο  $D_2$ , μήκος  $L_2$  και παροχή  $2q$  και  $h_3$  οι απώλειες υπολογισμένες για διάμετρο  $D_3$ , μήκος  $L_3$  και παροχή  $3q$ .

Έπειτα, πρέπει να υπολογισθούν οι απώλειες ενέργειας για την γραμμή διανομής. Αρχικά χωρίζουμε την γραμμή διανομής σε δύο τμήματα. Το πρώτο φτάνει μέχρι τον πρώτο εκτοξευτήρα (μήκος  $r$ ) και το δεύτερο ξεκινάει από τον πρώτο εκτοξευτήρα και το πέρασ του είναι ο τελευταίος εκτοξευτήρας (μήκος  $L_d - r$ ).

Τις απώλειες ενέργειας στο πρώτο τμήμα τις υπολογίζουμε όπως ακριβώς υπολογίσαμε τις απώλειες ενέργειας για κάθε τμήμα του κεντρικού αγωγού. Έτσι στο τμήμα πριν τον πρώτο εκτοξευτήρα διέρχεται παροχή  $q$ , η διάμετρος του είναι  $D_d$  και το μήκος του, όπως είπαμε, είναι  $r$ . Έτσι προκύπτουν οι γραμμικές απώλειες ενέργειας του πρώτου τμήματος που τις συμβολίζουμε  $h_{d1}$ .

Ας δούμε, τώρα, πως υπολογίζουμε τις γραμμικές απώλειες ενέργειας για το δεύτερο τμήμα. Η μέθοδος για να το πετύχουμε αυτό είναι διαφορετική με αυτή που ακολουθήσαμε για τον

κεντρικό αγωγό αφού το δεύτερο τμήμα έχει μία συγκεκριμένη διάμετρο  $D_d$  αλλά η παροχή του μεταβάλλεται καθώς προχωράμε από τον πρώτο προς τον τελευταίο εκτοξευτήρα. Αυτό συμβαίνει αφού από κάθε εκτοξευτήρα εκρέει παροχή  $q_s$ . Έτσι, σύμφωνα με τον Τζιμόπουλο (1982), η μέθοδος για να υπολογίσουμε τις απώλειες ενέργειας του δεύτερου τμήματος είναι η εξής:

1. Υπολογισμός της παροχής

$$Q = (k_2 - 1) q_s$$

2. Υπολογισμός του συντελεστή ισοδυναμίας

$$F = \sqrt{\frac{k_2(2k_2 - 1)}{6(k_2 - 1)^2}}$$

3. Βρίσκουμε την ισοδύναμη παροχή  $Q'$  που θα προκαλούσε τις ίδιες απώλειες ενέργειας με την παροχή  $Q$  αν υπήρχε μόνο ένας εκτοξευτήρας στο τέλος της γραμμής διανομής.

$$Q' = FQ$$

4. Επαναλαμβάνουμε την διαδικασία που ακολουθήσαμε για κάθε τμήμα του κεντρικού αγωγού με δεδομένα την παροχή  $Q'$ , την διάμετρο  $D_d$  και το μήκος  $L_d$  με αποτέλεσμα να προκύπτουν οι απώλειες του δεύτερου τμήματος της γραμμής διανομής που τις συμβολίζουμε με  $h_{d2}$ . Πρέπει να τονίσουμε πως οι απώλειες ενέργειας πάνω στην γραμμή διανομής δεν πρέπει να δημιουργούν διαφορά πίεσης μεταξύ του πρώτου και τελευταίου εκτοξευτήρα μεγαλύτερη από 20%.

Οπότε οι γραμμικές απώλειες ενέργειας της γραμμής διανομής είναι

$$h_d = h_{d1} + h_{d2}$$

Συνεπώς, οι συνολικές γραμμικές απώλειες ενέργειας του δικτύου είναι

$$h_{tot} = h_{cp} + h_d$$

Για να βρούμε την πίεση στην κεφαλή του δικτύου (απαιτούμενη πίεση) εφαρμόζουμε την εξίσωση Bernoulli μεταξύ των σημείων 1 (κεφαλή δικτύου) και 2 (**σχήμα 3.5**). Αν αγνοήσουμε τα φορτία ταχύτητας έχουμε



$$\frac{P_1}{w} + z_1 = \frac{P_2}{w} + z_2 + h_{tot}$$

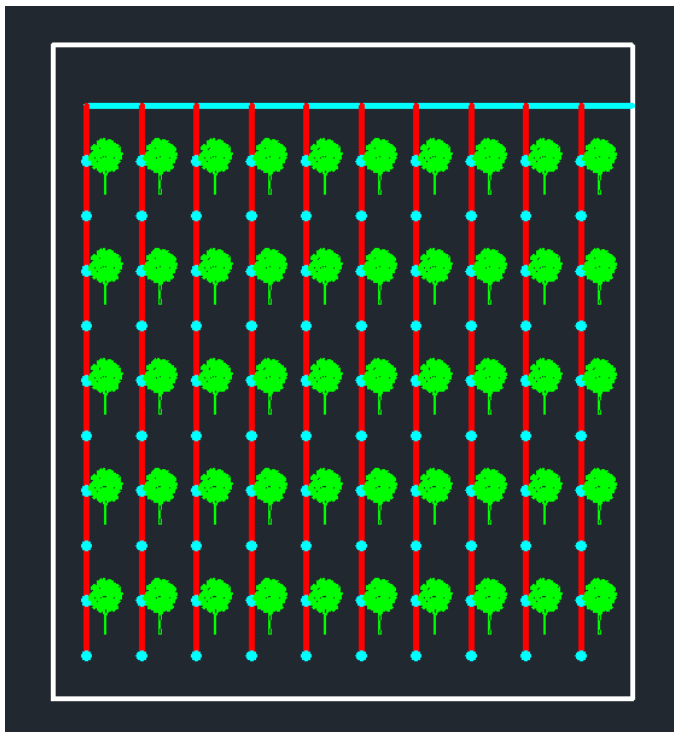
όπου  $w$  το ειδικό βάρος του νερού,  $z_1$  και  $z_2$  τα υψόμετρα των σημείων 1 και 2 αντίστοιχα και  $p_1$  και  $p_2$  οι πιέσεις στην κεφαλή του δικτύου και η πίεση λειτουργίας του εκτοξευτήρα. Λύνοντας ως προς  $p_1$  έχουμε

$$p_1 = p_2 + w(z_2 - z_1 + h_{tot})$$

Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να υπολογίσουμε την απαιτούμενη πίεση στην κεφαλή του δικτύου.

### 3.2 Άρδευση με σταλακτήρες

Ένα αρδευτικό δίκτυο με σταλακτήρες αποτελείται από σταλακτηφόρους αγωγούς οι οποίοι είναι τοποθετημένοι παράλληλα με τις σειρές των φυτών (σχήμα 3.6). Αυτοί οι σταλακτηφόροι αγωγοί τροφοδοτούνται από έναν κεντρικό αγωγό. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί πως σε κάθε φυτό μπορεί να αντιστοιχούν παραπάνω από ένας σταλακτήρας.



Σχήμα 3.6, φαίνεται ένα δίκτυο με σταλακτήρες. Με κόκκινες γραμμές φαίνονται οι σταλακτηφόροι αγωγοί και με κυανό ο κεντρικός αγωγός. Επίσης, τα κυανά σημεία είναι οι σταλακτήρες.

Για τον υπολογισμό αρδευτικού δικτύου με σταλακτήρες πρέπει να υλοποιηθούν τα ακόλουθα βήματα:

1. Εύρεση του συντελεστή βρεχόμενου εδάφους
2. Υπολογισμός του αριθμού των σταλακτήρων ανά φυτό
3. Υπολογισμός εύρους και διάρκειας άρδευσης
4. Υπολογισμός της απαιτούμενης παροχής και των στάσεων με τις οποίες θα πραγματοποιηθεί η άρδευση

### **Βήμα 1**

Για να βρούμε τον συντελεστή βρεχόμενου εδάφους χρησιμοποιούμε τον **πίνακα 3.6** (Ευαγγελίδης 2014). Το  $S_e$  στον πίνακα είναι οι αποστάσεις των σταλακτήρων πάνω σε έναν σταλακτηφόρο αγωγό και το  $SI$  είναι η απόσταση μεταξύ των σταλακτηφόρων αγωγών η οποία σχετίζεται με τον τύπο εδάφους. Αν γνωρίζουμε τον τύπο εδάφους και την παροχή των εκτοξευτήρων  $q$  βρίσκουμε από τον **πίνακα 3.6** το αντίστοιχο  $S_e$ . Έπειτα, μπορούμε να υπολογίσουμε τον συντελεστή βρεχόμενου εδάφους συναρτήσει του  $SI$  που επιθυμούμε. Αν το  $SI$  που επιθυμούμε να επιλέξουμε δεν υπάρχει στον **πίνακα 3.6** τότε μπορούμε να κάνουμε παρεμβολή λαμβάνοντας υπόψιν μας το γεγονός ότι το  $SI$  και ο συντελεστής βρεχόμενου εδάφους  $P$  είναι ποσά αντιστρόφως ανάλογα. Έτσι ισχύει

$$P = \frac{c}{SI}$$

όπου το  $c$  είναι μία σταθερά διαφορετική για κάθε σειρά του **πίνακα 3.6**. Παραδείγματος χάριν για την τέταρτη σειρά ισχύει  $c=40$  αφού αν πολλαπλασιάσουμε κάθε τιμή  $P$  της τέταρτης σειράς με την αντίστοιχη τιμή  $SI$  προκύπτει η τιμή 40. Ο παραπάνω συλλογισμός εφαρμόζεται για τιμές  $P$  του πίνακα που είναι μικρότερες από 100%. Αν επιλέξουμε  $SI$  που είναι μικρότερο από το μέγιστο  $SI$  του **πίνακα 3.6** που προκαλεί 100% διαβροχή τότε και για το  $SI$  που επιλέξαμε θα ισχύει  $P=100\%$ .

Παροχή σταλακτήρα l/h	Se κατά τύπο εδάφους m	SI σε m									
		0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1,5	E (0,2)	38	33	25	20	15	12	10	8	6	5
	M (0,5)	88	70	58	47	35	28	23	18	14	12
	B (0,9)	100	100	92	73	55	44	37	28	22	18
2,0	E (0,3)	50	40	33	26	20	16	13	10	8	7
	M (0,7)	100	80	67	53	40	32	26	20	16	14
	B (1,0)	100	100	100	80	60	48	40	30	24	20
4,0	E (0,6)	100	80	67	53	40	32	26	20	16	14
	M (1,0)	100	100	100	80	60	48	40	30	24	20
	B (1,3)	100	100	100	100	80	64	53	40	32	27
8,0	E (1,0)	100	100	100	80	60	48	40	30	24	20
	M (1,3)	100	100	100	100	80	64	53	40	32	27
	B (1,7)	100	100	100	100	100	80	67	50	40	34
12,0	E (1,3)	100	100	100	100	80	64	53	40	32	27
	M (1,6)	100	100	100	100	100	80	67	50	40	34
	B (2,0)	100	100	100	100	100	100	80	60	48	40

Πίνακας 3.6, σε αυτόν τον πίνακα φαίνονται τα στοιχεία υπολογισμού του συντελεστή βρεχόμενου εδάφους.

## Βήμα 2

Για να υπολογίσουμε τον αριθμό σταλακτήρων ανά φυτό  $n$ , σύμφωνα με τον Ευαγγελίδη (2014), χρησιμοποιούμε τον τύπο

$$n = \frac{P \cdot S_r \cdot S_e}{S_e \cdot S_w}$$

όπου  $S_w$  είναι η μεγαλύτερη τιμή του SI που αντιστοιχεί σε συντελεστή βρεχόμενου εδάφους ίσο με 100% για δεδομένη παροχή σταλακτήρα και τύπο εδάφους,  $S_r$  είναι η απόσταση μεταξύ των σειρών των φυτών και  $S_e$  είναι η απόσταση μεταξύ των φυτών στις γραμμές. Έτσι αφού γνωρίζουμε από το βήμα 1 το  $P$ , το  $S_e$  και το  $S_w$  μπορούμε πλέον επιλέγοντας τα υπόλοιπα στοιχεία ( $S_r$  και  $S_e$ ) να βρούμε τον αριθμό των σταλακτήρων ανά φυτό.

## Βήμα 3

Για να προχωρήσουμε στον υπολογισμό του εύρους και της διάρκειας άρδευσης πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας  $ET_c$ . Έτσι, σύμφωνα με τον Αθανασιάδη (1980), χρησιμοποιούμε τον τύπο

$$ET_c = ET \cdot f_1 \cdot f_2$$

όπου  $f_1$  και  $f_2$  δύο συντελεστές που δίνονται από τους πίνακες 3.7 και 3.8 (Αθανασιάδης 1980) αντίστοιχα και ET η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς. Έτσι αν είναι γνωστή η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς, η καλλιέργεια μας και το ποσοστό φωτοσκίασης μπορούμε να υπολογίσουμε το  $ET_c$ .

καλλιέργεια	f1	καλλιέργεια	f1
μπανάνα	0,8	αμπελοειδή	0,9
εσπεριδοειδή	0,7	κηπευτικά	0,9
ελιά	0,6	τομάτες	1
οπωροφόρα	0,9	αραβόσιτος	1

Πίνακας 3.7, επιλογή του συντελεστή  $f_1$  συναρτήσει του είδους καλλιέργειας.

Ποσοστό % φωτοσκίασης GC	f2	Ποσοστό % φωτοσκίασης GC	f2
10	0,55	60	0,8
20	0,6	70	0,85
30	0,65	80	0,9
40	0,7	90	0,95
50	0,75	100	1

Πίνακας 3.8, επιλογή του συντελεστή  $f_2$  συναρτήσει του ποσοστού φωτοσκίασης της καλλιέργειας.

Έπειτα, σύμφωνα με τον Ευαγγελίδη (2014), υπολογίζουμε το ωριαίο ύψος νερού από τον τύπο

$$D_h = \frac{n \cdot q}{S_e \cdot SI}$$

Όλες οι ποσότητες που συμπεριλαμβάνονται σε αυτόν τον τύπο είναι γνωστές από τα προηγούμενα βήματα. Συγκεκριμένα, το  $n$  το υπολογίσαμε στο βήμα 2, το  $q$  και το  $SI$  είναι επιλογή του μηχανικού και το  $S_e$  προκύπτει από τον τύπο εδάφους.

Η επόμενη ποσότητα που πρέπει να υπολογίσουμε είναι η πρακτική δόση άρδευσης που εφαρμόζουμε στην καλλιέργεια μας. Αυτή, σύμφωνα με τον Ευαγγελίδη (2014), υπολογίζεται από τον τύπο

$$d_p = F(FC - PWP) \rho_b RD \cdot P$$

όπου RD είναι το βάθος του ριζοστρώματος, F είναι το όριο εξάντλησης της εδαφικής υγρασίας,  $\rho_b$  είναι το φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους, FC είναι η υδατοϊκανότητα τις % ξηρού βάρους εδάφους και PWP είναι το σημείο μάρανσης τις % ξηρού βάρους εδάφους. Το F δίνεται από τον **πίνακα 3.9** ενώ τα  $\rho_b$ , FC και PWP δίνονται από τον **πίνακα 3.10** (Ευαγγελίδης 2014).

καλλιέργεια	ανώτερο όριο εξάντλησης εδαφικής υγρασίας		
	βαρύ	μέσο	ελαφρύ
ελιά	0,35	0,45	0,6
μπανάνα	0,2-0,4	0,25-0,6	0,35-0,8
κηπευτικά	0,3	0,4	0,5
ντομάτα	0,35	0,55	0,65
οπωροφόρα	0,35	0,45	0,55
πορτοκάλια	0,3	0,4	0,5
καρπούζια	0,2	0,25-0,6	0,35

Πίνακας 3.9, η συσχέτιση του συντελεστή F με την καλλιέργεια.

Κατηγορία εδάφους		φαινόμενο ειδικό βάρος	Υδατοϊκανότητα % ξηρού βάρους εδάφους	Σημείο μάρανσης % ξηρού βάρους εδάφους
Ελαφρά	Αμμώδη	1,65	9	4
	Αμμώδης πηλός	1,5	14	6
Μέσα	Πηλός	1,4	22	10
	Αργιλώδης πηλός	1,35	27	13
Βαριά	Ιλυώδης άργιλος	1,3	31	15
	Αργιλος	1,25	35	17

Πίνακας 3.10, φαίνεται η συσχέτιση των ποσοτήτων  $\rho_b$ , FC και PWP με τον τύπο εδάφους.

Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε την πραγματική δόση άρδευσης με τον τύπο

$$d_r = \frac{d_p}{e}$$

Όπου  $e$  είναι ο συντελεστής απόδοσης της άρδευσης. Στην περίπτωση της στάγδην άρδευσης είναι μεγαλύτερος από 95% οπότε και τον θεωρούμε ίσο με 95% (λαμβάνουμε υπόψιν μας την χειρότερη περίπτωση).

Συνεπώς, σύμφωνα με τον Ευαγγελίδη (2014), το εύρος άρδευσης δίνεται από τον τύπο

$$T = \frac{d_p}{ET_c}$$

και η διάρκεια άρδευσης από τον τύπο

$$t = \frac{d_r}{D_h}$$

#### **Βήμα 4**

Στο τελευταίο βήμα πρέπει να υπολογίσουμε την συνολική παροχή που χρειάζεται το αγροτεμάχιο μας ώστε να αρδευτεί αποτελεσματικά. Αν η έκταση του είναι  $A$  η απαιτούμενη παροχή  $Q_a$ , σύμφωνα με τον Ευαγγελίδη (2014), δίνεται από τον τύπο

$$Q_a = A \frac{d_p}{t}$$

όπου οι ποσότητες  $d_p$  και  $t$  υπολογίστηκαν στο προηγούμενο βήμα. Αν επιπλέον η διαθέσιμη παροχή είναι  $Q_\delta$  τότε οι στάσεις  $N_s$  που χρειάζονται για την άρδευση του αγροτεμαχίου που επιθυμούμε, σύμφωνα με τον Ευαγγελίδη (2014), είναι λύσεις της ανισότητας

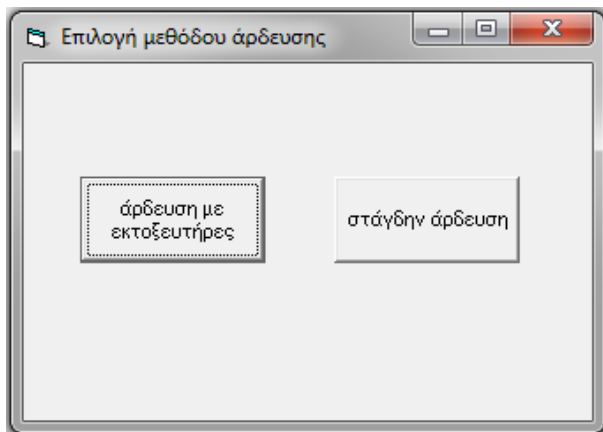
$$\frac{Q_a}{Q_\delta} < N_s < \frac{T}{t}$$

Τέλος, η παροχή που θα χρειαστούμε για κάθε στάση είναι η

$$Q_s = \frac{Q_a}{N_s}$$

## 4. Το περιβάλλον του προγράμματος

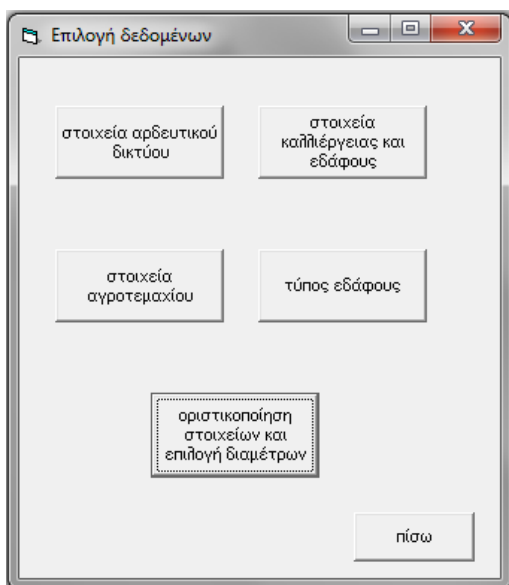
Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το περιβάλλον του προγράμματος που αναπτύχθηκε. Αρχικά, λοιπόν, ζητείται από τον χρήστη να επιλέξει ποια μέθοδο άρδευσης επιθυμεί. Αυτό γίνεται με την βοήθεια της φόρμας στην **εικόνα 4.1**.



Εικόνα 4.1, η φόρμα επιλογής μεθόδου άρδευσης. Στον κώδικα η φόρμα αυτή ονομάζεται form11.

### 4.1 Άρδευση με εκτοξευτήρες

Έστω ότι ο χρήστης επιλέγει την μέθοδο «άρδευση με εκτοξευτήρες». Τότε εμφανίζεται σε εκείνον η φόρμα της **εικόνας 4.2**.



Εικόνα 4.2, η φόρμα επιλογής των δεδομένων της άρδευσης με εκτοξευτήρες. Στον κώδικα η φόρμα αυτή ονομάζεται form1.

Έτσι στην **εικόνα 4.2** ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει δεδομένα τα οποία εμπίπτουν σε τέσσερις κατηγορίες:

1. Στοιχεία αρδευτικού δικτύου
2. Στοιχεία καλλιέργειας και εδάφους
3. Στοιχεία αγροτεμαχίου
4. Τύπος εδάφους

Επίσης, έχει την δυνατότητα να επιστρέψει πίσω (πατώντας πάνω στην εντολή «πίσω») στην φόρμα της **εικόνας 4.1** στην περίπτωση δηλαδή που θέλει να αλλάξει την μέθοδο άρδευσης. Έτσι για να ξεκινήσει να επιλέγει δεδομένα πρέπει να πατήσει και τις τέσσερις εντολές που καλούν την επιλογή δεδομένων. Πατώντας στην εντολή «στοιχεία αρδευτικού δικτύου» εμφανίζεται στην οθόνη η φόρμα της **εικόνας 4.3**.

Στοιχεία αρδευτικού δικτύου

αποστάσεις εκτοξευτήρων πάνω στην γραμμή διανομής (m)

αποστάσεις μεταξύ των θέσεων των γραμμών διανομής (m)

παροχή εκτοξευτήρα (m<sup>3</sup>/h)

πίεση λειτουργίας εκτοξευτήρα (atm)

διαθέσιμη παροχή (m<sup>3</sup>/h)

οριστικοποίηση στοιχείων

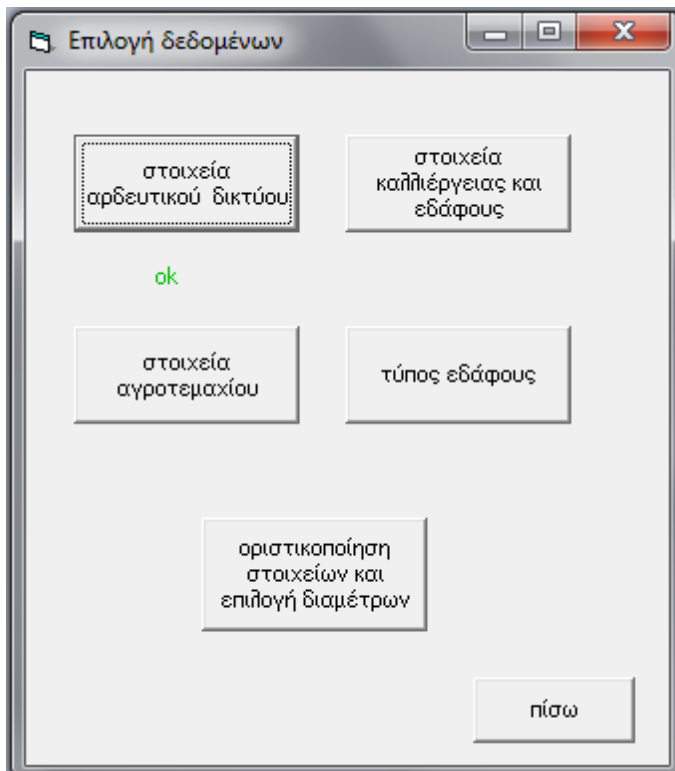
Εικόνα 4.3, η φόρμα επιλογής δεδομένων σχετικών με το αρδευτικό δίκτυο. Στον κώδικα η φόρμα αυτή ονομάζεται form7.



Τα στοιχεία που πρέπει να συμπληρωθούν σε αυτή την φόρμα είναι

1. Οι αποστάσεις των εκτοξευτήρων πάνω στην γραμμή διανομής
2. Οι αποστάσεις μεταξύ των θέσεων των γραμμών διανομής
3. Η παροχή των εκτοξευτήρων
4. Η πίεση λειτουργίας του κάθε εκτοξευτήρα
5. Και η διαθέσιμη παροχή

Όταν ο χρήστης εισάγει τα στοιχεία που επιθυμεί, πατάει την εντολή «οριστικοποίηση στοιχείων» ώστε να συνεχίσει στην επιλογή διαφορετικού τύπου στοιχείων. Έτσι επιστρέφει στην φόρμα «επιλογή δεδομένων» με την διαφορά πως κάτω από την εντολή «στοιχεία αρδευτικού δικτύου» έχει εμφανιστεί ένα «ok» (**εικόνα 4.4**). Αυτό συμβαίνει για πρακτικούς λόγους, δηλαδή ώστε ο χρήστης να θυμάται πως ήδη επέλεξε στοιχεία για το αρδευτικό δίκτυο.



Εικόνα 4.4, η φόρμα επιλογής δεδομένων. Μπορούμε να δούμε το ok που εμφανίζεται όταν επιλέξαμε τα στοιχεία αρδευτικού δικτύου.

Με τον ίδιο τρόπο ο χρήστης πρέπει να πατήσει και στις υπόλοιπες τρεις εντολές ώστε να επιλέξει τελικώς όλους τους τύπους δεδομένων και ώστε το πρόγραμμα να έχει όλα τα δεδομένα για να προχωρήσει σε περαιτέρω επεξεργασία τους. Στις **εικόνες 4.5, 4.6 και 4.7**

φαίνονται οι φόρμες που εμφανίζονται με το πάτημα των εντολών «στοιχεία καλλιέργειας και εδάφους», «στοιχεία αγροτεμαχίου» και «τύπος εδάφους» αντίστοιχα.

Στοιχεία καλλιέργειας και εδάφους

υδατοικανότητα κατά βάρος (%)

σημείο μαράνσεως κατά βάρος (%)

Ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο μείωσης της διαθέσιμης υγρασίας (%)

βάθος ριζοστρώματος (m)

εξατμισοδιαπνοή (mm/day)

πικνότητα εδάφους (g/cm<sup>3</sup>)

οριστικοποίηση στοιχείων

Εικόνα 4.5, η φόρμα επιλογής στοιχείων καλλιέργειας και εδάφους. Στον κώδικα ονομάζεται form8.

Διαστάσεις αγροτεμαχίου και κλίση

x (m)

y (m)

κλίση εδάφους (%)

υψόμετρα (m) στο σημείο 1 (κεφαλή) και στο σημείο 2

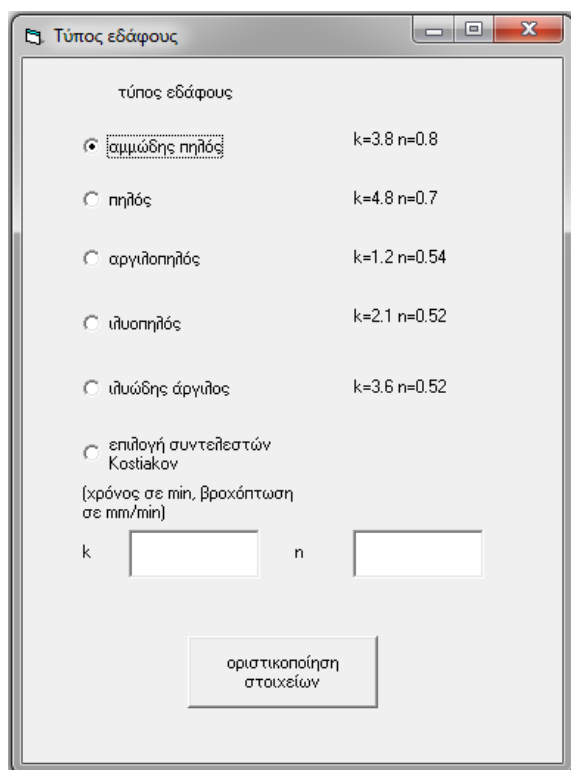
σημείο 1

σημείο 2

οριστικοποίηση στοιχείων

Αν το αγροτεμάχιο (ξεκινώντας από την κεφαλή) είναι ανηφορικό η κλίση είναι θετική ενώ αν συμβαίνει το αντίθετο είναι αρνητική

Εικόνα 4.6, η φόρμα επιλογής της μορφολογίας του αγροτεμαχίου που μας ενδιαφέρει. Στον κώδικα αναφέρεται ως form9.



Εικόνα 4.7, η εικόνα επιλογής του τύπου εδάφους. Στον κώδικα αναφέρεται ως form10.

Στην φόρμα «στοιχεία καλλιέργειας και εδάφους» ο χρήστης επιλέγει:

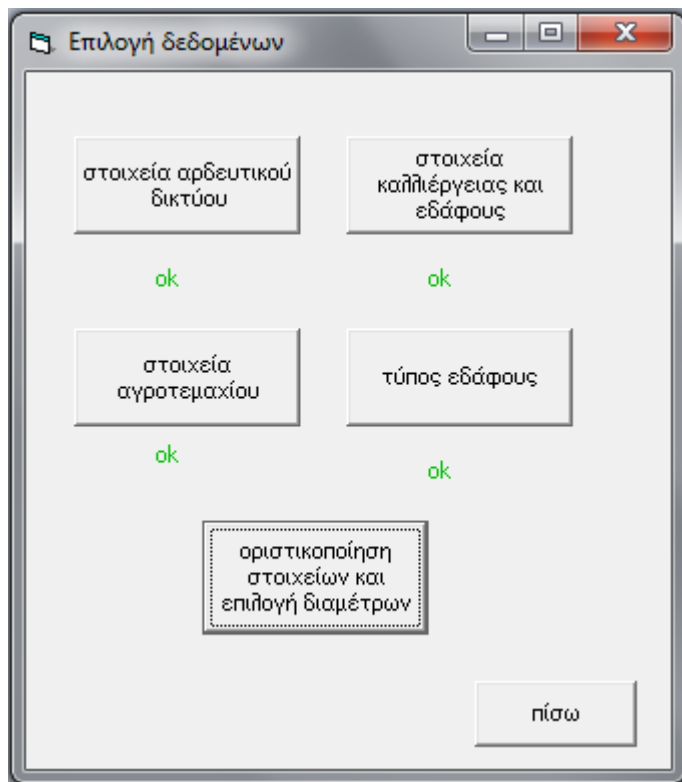
1. Την υδατοϊκανότητα κατά βάρος
2. Το σημείο μάρανσης κατά βάρος
3. Το ελάχιστο επιτρεπτό όριο μείωσης της εδαφικής υγρασίας
4. Το βάθος του ριζοστρώματος
5. Την εξατμισοδιαπνοή
6. Και την φαινόμενη πυκνότητα εδάφους

Έπειτα, στην φόρμα «διαστάσεις αγροτεμαχίου και κλίση» ο χρήστης επιλέγει:

1. Τις διαστάσεις του αγροτεμαχίου
2. Την κλίση του είτε εισάγοντας την τιμή της είτε εισάγοντας τα υψόμετρα στην αρχή και στο τέλος του αγροτεμαχίου

Τέλος, στην φόρμα «τύπος εδάφους» ο χρήστης επιλέγει τον τύπο του εδάφους ή έχει δυνατότητα να ορίσει τους συντελεστές Kostiakov.

Όταν λοιπόν ο χρήστης τελειώσει από την οριστικοποίηση όλων των στοιχείων του εμφανίζεται ξανά η φόρμα «επιλογή δεδομένων» έχοντας «οκ» και στις τέσσερις κατηγορίες στοιχείων (**εικόνα 4.8**). Τότε ο χρήστης μπορεί να προχωρήσει σε ορισμένους υπολογισμούς πατώντας την εντολή «οριστικοποίηση στοιχείων και επιλογή διαμέτρων».



Εικόνα 4.8, η φόρμα επιλογής δεδομένων μετά την επιλογή όλων των απαραίτητων στοιχείων. Από τα τέσσερα οκ κάτω από κάθε κουμπί επιλογής δεδομένων συμπεραίνουμε πως έχουν επιλεγθεί όλα τα απαιτούμενα δεδομένα.

Έτσι πατώντας την εντολή αυτή προχωράμε στην επιλογή των διαμέτρων του δικτύου. Δεν είναι δυνατόν να τις επιλέξουμε από την αρχή όπως κάναμε π.χ. με την παροχή των εκτοξευτήρων ή την εξατμισοδιαπνοή γιατί απαιτούνται ορισμένοι υπολογισμοί (όπως αναλύθηκε στην ενότητα 3) ώστε να προκύψουν οι διάμετροι κατά Bresse οι οποίες θα καθοδηγήσουν τον χρήστη στην επιλογή διαμέτρων. Για την επιλογή των διαμέτρων θα εμφανιστεί μία από τις φόρμες «επιλογή διατομών και επίλυση» των **εικόνων 4.9, 4.10, 4.11 και 4.12** αναλόγως τον αριθμό των γραμμών διανομής που απαιτούνται. Επίσης, σε αυτές τις φόρμες θα εμφανιστούν τα τελικά χαρακτηριστικά του δικτύου.

Επιλογή διαμέτρων και επίλυση

διάμετροι κατά Bressel(mm)	επιλεγμένες διαμέτροι(mm)	
D1: 175,4		Επιλογή διαμέτρου D1
D2: 175,4		Επιλογή διαμέτρου D2

τελικός υπολογισμός

απαιτούμενη πίεση(atm):

απαιτούμενη παροχή(m<sup>3</sup>/h):

διάρκεια άρδευσης κάθε γραμμής διανομής (h):

συνολική διάρκεια άρδευσης (h):

εύρος άρδευσης (days):

αριθμός θέσεων πάνω στον κεντρικό ανωτό: 22

αριθμός εκτοξευτήρων πάνω στις γραμμές διανομής: 16

κίνηση

πίσω

Εικόνα 4.9, η φόρμα επιλογής διαμέτρων και τελικής επίλυσης για την περίπτωση μίας γραμμής διανομής. Στον κώδικα αναφέρεται ως form6.

Επιλογή διαμέτρων και επίλυση

διάμετροι κατά Bressel(mm)	επιλεγμένες διαμέτροι(mm)	
D1: 169,8		Επιλογή διαμέτρου D1
D2: 120,1		Επιλογή διαμέτρου D2
D3: 120,1		Επιλογή διαμέτρου D3

τελικός υπολογισμός

απαιτούμενη πίεση(atm):

απαιτούμενη παροχή(m<sup>3</sup>/h):

διάρκεια άρδευσης κάθε γραμμής διανομής (h):

συνολική διάρκεια άρδευσης (h):

εύρος άρδευσης (days):

αριθμός θέσεων πάνω στον κεντρικό ανωτό: 11

αριθμός εκτοξευτήρων πάνω στις γραμμές διανομής: 5

κίνηση

πίσω

Εικόνα 4.10, η φόρμα επιλογής διαμέτρων και τελικής επίλυσης για την περίπτωση δύο γραμμών διανομής. Στον κώδικα αναφέρεται ως form2.

Επιλογή διαμέτρων και επίλυση

Διάμετροι κατά Bresse(mm)	επιλεγμένες διαμέτροι(mm)	
D1	<input type="text" value="189.8"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="Επιλογή διαμέτρου D1"/>
D2	<input type="text" value="155.0"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="Επιλογή διαμέτρου D2"/>
D3	<input type="text" value="109.6"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="Επιλογή διαμέτρου D3"/>
D4	<input type="text" value="109.6"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="Επιλογή διαμέτρου D4"/>

απαιτούμενη πίεση(atm)

απαιτούμενη παροχή(m<sup>3</sup>/h)

διάρκεια άρδευσης κάθε γραμμής διανομής (h)

συνολική διάρκεια άρδευσης (h)

εύρος άρδευσης (days)

αριθμός θέσεων πάνω στον κεντρικό αγωγό

αριθμός εκτοξευτήρων πάνω στις γραμμές διανομής

Εικόνα 4.11, η φόρμα επιλογής διαμέτρων και τελικής επίλυσης για την περίπτωση τριών γραμμών διανομής. Στον κώδικα αναφέρεται ως form3.

Επιλογή διαμέτρων και επίλυση

Διάμετροι κατά Bresse(mm)	επιλεγμένες διαμέτροι(mm)	
D1	<input type="text" value="183.4"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="Επιλογή διαμέτρου D1"/>
D2	<input type="text" value="158.8"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="Επιλογή διαμέτρου D2"/>
D3	<input type="text" value="129.7"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="Επιλογή διαμέτρου D3"/>
D4	<input type="text" value="91.7"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="Επιλογή διαμέτρου D4"/>
D5	<input type="text" value="91.7"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="Επιλογή διαμέτρου D5"/>

απαιτούμενη πίεση(atm)

απαιτούμενη παροχή(m<sup>3</sup>/h)

διάρκεια άρδευσης κάθε γραμμής διανομής (h)

συνολική διάρκεια άρδευσης (h)

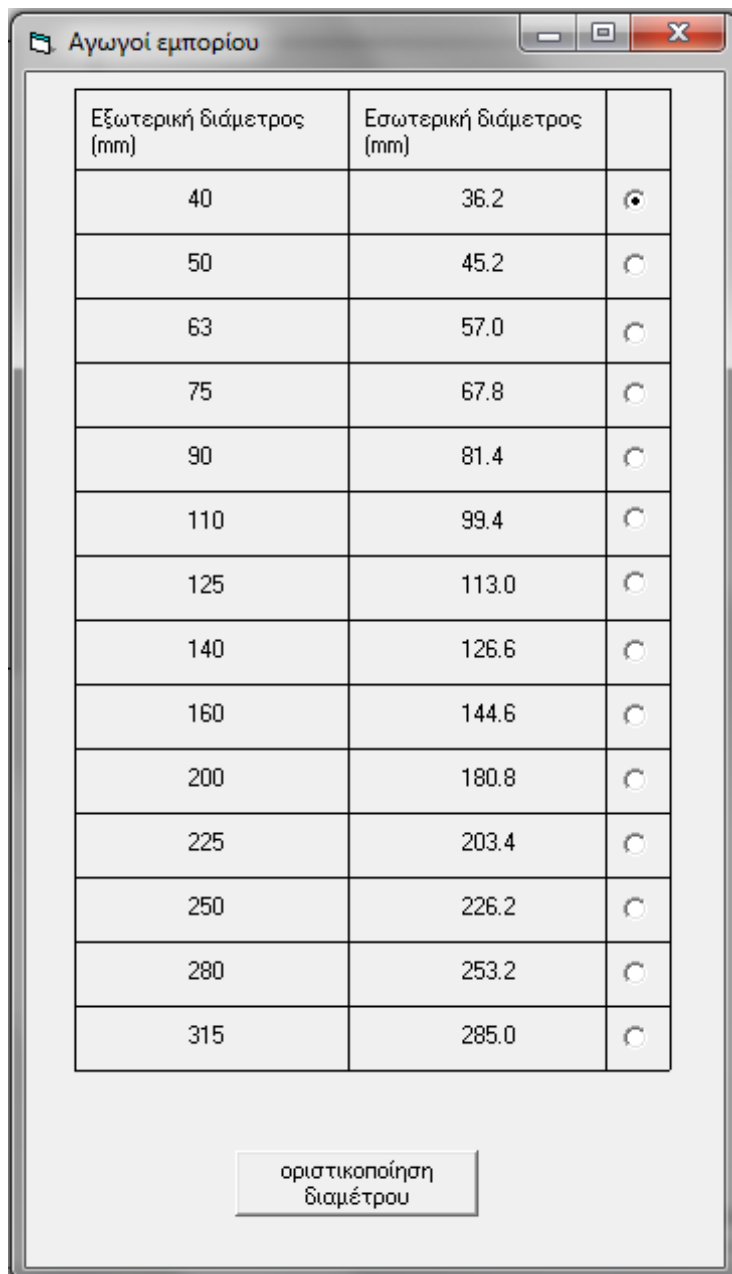
εύρος άρδευσης (days)

αριθμός θέσεων πάνω στον κεντρικό αγωγό

αριθμός εκτοξευτήρων πάνω στις γραμμές διανομής

Εικόνα 4.12, η φόρμα επιλογής διαμέτρων και τελικής επίλυσης για την περίπτωση τεσσάρων γραμμών διανομής. Στον κώδικα αναφέρεται ως form5.

Ανεξαρτήτως του αριθμού των γραμμών διανομής ο χρήστης σε κάθε φόρμα πρέπει να επιλέξει τις διαμέτρους των αγωγών του δικτύου βάσει των διαμέτρων κατά Bresse που εμφανίζονται. Για να το πετύχει αυτό πρέπει να πιάσει κάθε εντολή με επιγραφή «Επιλογή διαμέτρου D1 (ή D2, D3 κτλ)» ώστε να του εμφανιστεί η φόρμα της **εικόνας 4.13**.



The screenshot shows a software window titled "Αγωγοί εμπορίου" (Commercial Pipes). It contains a table with three columns: "Εξωτερική διάμετρος (mm)" (Outer diameter in mm), "Εσωτερική διάμετρος (mm)" (Inner diameter in mm), and a selection column with radio buttons. The table lists various pipe sizes from 40 mm to 315 mm. Below the table is a button labeled "οριστικοποίηση διαμέτρου" (Confirm diameter).

Εξωτερική διάμετρος (mm)	Εσωτερική διάμετρος (mm)	
40	36.2	<input checked="" type="radio"/>
50	45.2	<input type="radio"/>
63	57.0	<input type="radio"/>
75	67.8	<input type="radio"/>
90	81.4	<input type="radio"/>
110	99.4	<input type="radio"/>
125	113.0	<input type="radio"/>
140	126.6	<input type="radio"/>
160	144.6	<input type="radio"/>
200	180.8	<input type="radio"/>
225	203.4	<input type="radio"/>
250	226.2	<input type="radio"/>
280	253.2	<input type="radio"/>
315	285.0	<input type="radio"/>

οριστικοποίηση  
διαμέτρου

Εικόνα 4.13, οι διαθέσιμοι αγωγοί εμπορίου. Η φόρμα αυτή στον κώδικα αναφέρεται ως form4.

Έτσι ο χρήστης επιλέγει την διάμετρο που θέλει και πατώντας την εντολή «οριστικοποίηση διαμέτρου» επιστρέφει στην φόρμα «επιλογή διαμέτρων και επίλυση» όπου πλέον δίπλα στις διαμέτρους κατά Bresse εμφανίζονται οι επιλεγμένες διαμέτροι.

Όταν ο χρήστης επιλέξει όλες τις απαιτούμενες διαμέτρους μπορεί να πραγματοποιήσει τον τελικό υπολογισμό του δικτύου πατώντας την εντολή «τελικός υπολογισμός» όπου υπολογίζονται τα εξής στοιχεία:

1. Απαιτούμενη πίεση στην κεφαλή του δικτύου
2. Απαιτούμενη παροχή
3. Διάρκεια άρδευσης κάθε γραμμής διανομής
4. Συνολική διάρκεια άρδευσης
5. Εύρος άρδευσης

Επίσης, πάνω στην φόρμα αναγράφεται ο αριθμός των εκτοξευτήρων πάνω σε κάθε γραμμή διανομής και ο αριθμός των θέσεων πάνω στον κεντρικό αγωγό. Τέλος, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δει πως κινούνται οι γραμμές διανομής του δικτύου πατώντας την εντολή «κίνηση», ενώ πιέζοντας την εντολή «πίσω» έχει την δυνατότητα να αλλάξει τα αρχικά του δεδομένα καθώς οδηγείται πίσω στην φόρμα «επιλογή δεδομένων».

## 4.2 Άρδευση με σταλακτήρες

Έστω τώρα πως ο χρήστης επιθυμεί να χρησιμοποιήσει την στάγδην άρδευση. Για να το πραγματοποιήσει αυτό πρέπει στην φόρμα της **εικόνας 4.1** να πιέσει την εντολή «στάγδην άρδευση» με αποτέλεσμα να εμφανίζεται η φόρμα της **εικόνας 4.14**. Η φόρμα αυτή είναι ακριβώς ανάλογη της φόρμας «επιλογή δεδομένων» της **εικόνας 4.2** καθώς οι εντολές που ξεκινάνε την επιλογή δεδομένων βρίσκονται πάνω σε αυτή. Όμως υπάρχει η εξής διαφορά: Η φόρμα «επιλογή δεδομένων και επίλυση» παρουσιάζει και τα στοιχεία που προκύπτουν μετά την επίλυση του δικτύου.



Επιλογή δεδομένων και επίλυση

στοιχεία καλλιέργειας

στοιχεία εδάφους

φωτοσκόπηση και εξατμισοδιαπνοή

στοιχεία σταλακτήρων

οριστικοποίηση στοιχείων και υπολογισμός

εύρος άρδευσης (days)

διάρκεια άρδευσης (h)

απαιτούμενη παροχή (m3/h)

στάσεις

αριθμός σταλακτήρων ανά φυτό

πίσω

Εικόνα 4.14, η φόρμα επιλογής δεδομένων και εμφάνισης των αποτελεσμάτων της επίλυσης. Στον κώδικα αναφέρεται ως form12.

Ας δούμε, όμως, τι διαδικασία πραγματοποιεί η κάθε εντολή της φόρμας «επιλογή δεδομένων και επίλυση». Αρχικά η εντολή «πίσω» μας επιστρέφει στην επιλογή μεθόδου άρδευσης. Έπειτα, η εντολή «στοιχεία καλλιέργειας» ανοίγει την φόρμα της **εικόνας 4.15**.

Εικόνα 4.15, στην φόρμα αυτή εισάγονται τα δεδομένα που αφορούν την καλλιέργεια και την έκταση του αγροτεμαχίου. Στον κώδικα αναφέρεται ως form13.

Έτσι στην φόρμα «είδος καλλιέργειας και έκταση» εισάγονται τα εξής δεδομένα:

1. Το είδος της καλλιέργειας
2. Η έκταση του αγροτεμαχίου
3. Η απόσταση μεταξύ των φυτών πάνω στις γραμμές
4. Η απόσταση μεταξύ των γραμμών των φυτών

Όταν πατήσουμε την επιλογή «οριστικοποίηση επιλογών» εμφανίζεται στην φόρμα «επιλογή δεδομένων και επίλυση» ένα πράσινο «οκ» κάτω από την εντολή «στοιχεία καλλιέργειας» ακριβώς όπως έγινε με την οριστικοποίηση κάθε τύπου δεδομένων στην άρδευση με εκτοξευτήρες. Συνεχίζοντας την επιλογή δεδομένων επιλέγουμε και τα τις άλλες τρεις εντολές («στοιχεία εδάφους», «φωτοσκίαση και εξατμισοδιαπνοή» και «στοιχεία σταλακτήρων») με αποτέλεσμα να εμφανίζονται οι φόρμες των **εικόνων 4.16 και 4.17** για τις δύο πρώτες εντολές ενώ για την τρίτη θα εμφανιστεί μία από τις φόρμες των **εικόνων 4.18, 4.19 και 4.20** ανάλογα με τον τύπο εδάφους που θα επιλέξει ο χρήστης.

Στοιχεία εδάφους

ανώτερο όριο  
εξάντλησης εδαφικής  
υγρασίας %

βάθος ριζοστρώματος (m)

τύπος εδάφους

ελαφρύ

μέσο

βαρύ

οριστικοποίηση  
επιλογών

Εικόνα 4.16, η φόρμα επιλογής στοιχείων για το έδαφος της καλλιέργειας. Η φόρμα αυτή στον κώδικα ονομάζεται ως form14.

Φωτοσκίαση και εξατμισοδιαπνοή

ποσοστό  
φωτοσκίασης %

ET(mm/day)

οριστικοποίηση  
στοιχείων

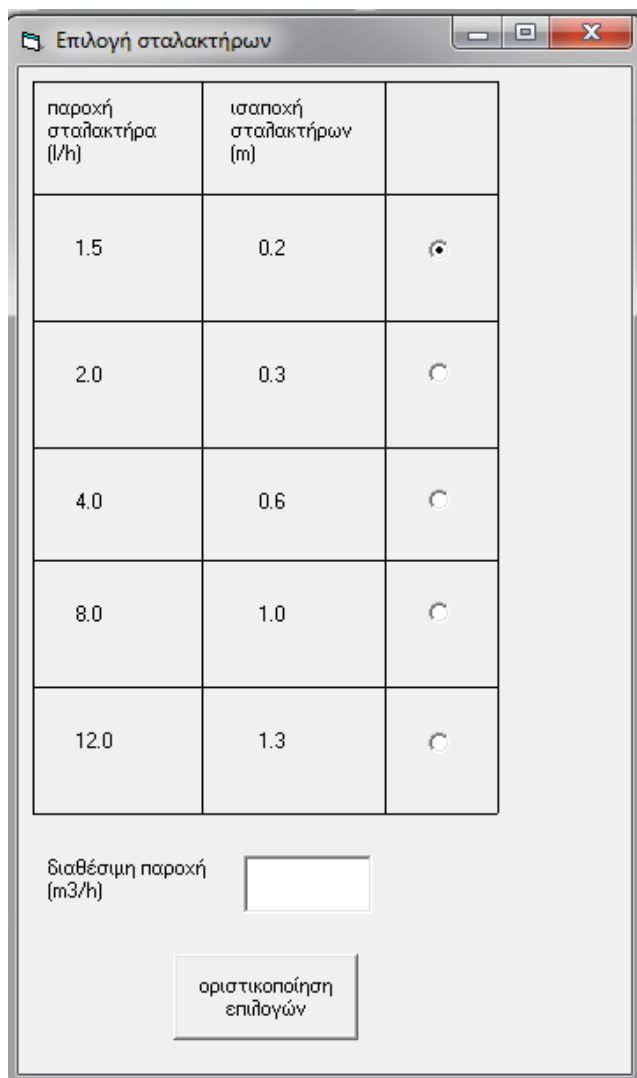
Εικόνα 4.17, η φόρμα εισαγωγής του ποσοστού φωτοσκίασης και της εξατμισοδιαπνοής. Στον κώδικα αναφέρεται ως form15.

Στην φόρμα «Στοιχεία εδάφους» ο χρήστης εισάγει στοιχεία όπως:

1. Το ανώτερο όριο εξάντλησης της εδαφικής υγρασίας
2. Το βάθος του ριζοστρώματος
3. Και τον τύπο εδάφους

Στην φόρμα «Φωτοσκίαση και εξατμισοδιαπνοή» πρέπει να εισαχθούν τα στοιχεία:

1. Ποσοστό φωτοσκίασης
2. Και η εξατμισοδιαπνοή



παροχή σταλακτήρα (l/h)	ισαποχή σταλακτήρων (m)	
1.5	0.2	<input checked="" type="radio"/>
2.0	0.3	<input type="radio"/>
4.0	0.6	<input type="radio"/>
8.0	1.0	<input type="radio"/>
12.0	1.3	<input type="radio"/>

διαθέσιμη παροχή (m<sup>3</sup>/h)

οριστικοποίηση επιλογών

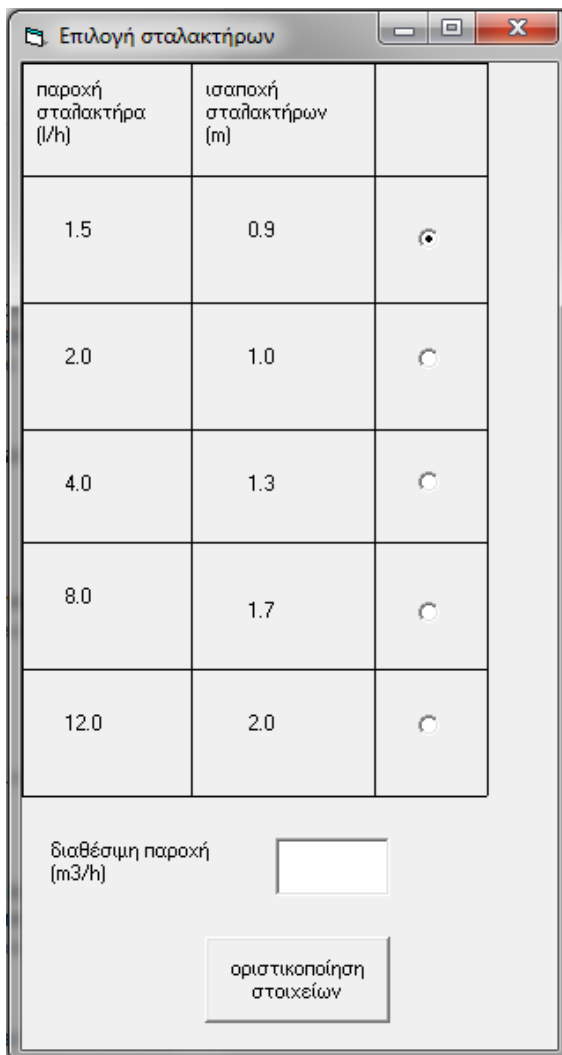
Εικόνα 4.18, η φόρμα επιλογής σταλακτήρων για ελαφρύ τύπο εδάφους. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την παροχή και την ισαποχή των σταλακτήρων. Η φόρμα αυτή στον κώδικα αναφέρεται ως form16.

Επιλογή σταλακτήρων

παροχή σταλακτήρα (l/h)	ισαποχή σταλακτήρων (m)	
1.5	0.5	<input type="radio"/>
2.0	0.7	<input type="radio"/>
4.0	1.0	<input type="radio"/>
8.0	1.3	<input type="radio"/>
12.0	1.6	<input type="radio"/>

διαθέσιμη παροχή (m<sup>3</sup>/h)

Εικόνα 4.19, η φόρμα επιλογής σταλακτήρων για μέσο τύπο εδάφους. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την παροχή και την ισαποχή των σταλακτήρων. Στον κώδικα αναφέρεται ως form17.



παροχή σταλακτήρα (l/h)	ισαποχή σταλακτήρων (m)	
1.5	0.9	<input checked="" type="radio"/>
2.0	1.0	<input type="radio"/>
4.0	1.3	<input type="radio"/>
8.0	1.7	<input type="radio"/>
12.0	2.0	<input type="radio"/>

διαθέσιμη παροχή (m<sup>3</sup>/h)

οριστικοποίηση στοιχείων

Εικόνα 4.20, η φόρμα επιλογής σταλακτήρων για βαρύ τύπο εδάφους. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την παροχή και την ισαποχή των σταλακτήρων. Στον κώδικα αναφέρεται ως form18.

Στις φόρμες των **εικόνων 4.18, 4.19 και 4.20** ο χρήστης επιλέγει

1. Την παροχή και την ισαποχή των σταλακτήρων
2. Και την διαθέσιμη παροχή του δικτύου.

Όταν επιλεγούν όλα τα στοιχεία απαραίτητα για την επίλυση του δικτύου, θα πρέπει στην φόρμα της **εικόνας 4.14** να υπάρχουν τέσσερα «οκ». Το καθένα από αυτά σηματοδοτεί ότι η επιλογή των στοιχείων της αντίστοιχης κατηγορίας ολοκληρώθηκε. Οπότε για να γίνει ο τελικός υπολογισμός του δικτύου, ο χρήστης πιέζει την εντολή «οριστικοποίηση στοιχείων και υπολογισμός» με αποτέλεσμα να εμφανίζονται τα ζητούμενα στοιχεία για το δίκτυο (**εικόνα 4.21**).

The screenshot shows a software window titled "Επιλογή δεδομένων και επίλυση" (Data Selection and Solution). It contains several buttons and input fields. At the top, there are four buttons: "στοιχεία καλλιέργειας" (crop data), "στοιχεία εδάφους" (soil data), "φωτοσκίαση και εξατμισοδιαπνοή" (photosynthesis and evapotranspiration), and "στοιχεία σταλακτήρων" (drip system data). Each of these buttons has a green "ok" label below it. In the center, there is a button labeled "οριστικοποίηση στοιχείων και υπολογισμός" (finalization of data and calculation). Below this, there are five rows of input fields with their corresponding values:

εύρος άρδευσης (days)	31.3
διάρκεια άρδευσης (h)	35.5
απαιτούμενη παροχή (m <sup>3</sup> /h)	15.8
στάσεις	1
αριθμός σταλακτήρων ανά φυτό	1

At the bottom right of the window, there is a button labeled "πίσω" (back).

Εικόνα 4.21, εμφάνιση των τελικών αποτελεσμάτων στην φόρμα. Μπορούμε να δούμε τις τέσσερις ενδείξεις "ok" που μας επιτρέπουν να προχωρήσουμε στον τελικό υπολογισμό των δεδομένων.

Έτσι βλέπουμε πως οι άγνωστοι παράμετροι που ψάχνουμε για την επίλυση αρδευτικού δικτύου με σταλακτήρες είναι οι εξής:

1. Το εύρος άρδευσης
2. Η διάρκεια άρδευσης
3. Η απαιτούμενη παροχή
4. Οι απαιτούμενες στάσεις
5. Και ο αριθμός σταλακτήρων ανά φυτό

## 5. Παραδείγματα χρήσης του προγράμματος

Παρακάτω θα ακολουθήσουν ορισμένα παραδείγματα χρήσης του προγράμματος που αναπτύχθηκε. Συγκεκριμένα θα εκτελέσουμε 8 φορές το πρόγραμμα, 4 φορές για την άρδευση με εκτοξευτήρες και 4 φορές για την στάγδην άρδευση.

Ακολουθούν τα παραδείγματα για την άρδευση με εκτοξευτήρες:

### Παράδειγμα 1

Τα δεδομένα που εισάγουμε στο πρόγραμμα σε αυτό το παράδειγμα είναι τα εξής:

Στοιχεία αρδευτικού δικτύου

- Αποστάσεις εκτοξευτήρων πάνω στην γραμμή διανομής=9 m
- Αποστάσεις μεταξύ των θέσεων των γραμμών διανομής=12 m
- Παροχή εκτοξευτήρων=5 m<sup>3</sup>/h
- Πίεση λειτουργίας εκτοξευτήρων=4 atm
- Διαθέσιμη παροχή=150 m<sup>3</sup>/h

Στοιχεία καλλιέργειας και εδάφους

- Υδατοϊκανότητα κατά βάρος=20 %
- Σημείο μαράνσεως κατά βάρος=10 %
- Ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο μείωσης της διαθέσιμης υγρασίας=66 %
- Βάθος ριζοστρώματος=0.6 m
- Εξατμισοδιαπνοή=2 mm/day
- Πυκνότητα εδάφους=1.5 g/cm<sup>3</sup>

Στοιχεία αγροτεμαχίου

- X=100 m
- Y=100 m
- Κλίση εδάφους=10 %

Ως τύπος εδάφους επιλέγεται ο αμμώδης πηλός (k=3.8 και n=0.8).

Πατώντας οριστικοποίηση των αποτελεσμάτων προκύπτει πως πρέπει να αυξηθεί η παροχή των εκτοξευτήρων. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά τον υπολογισμό της διάρκειας άρδευσης προκύπτει  $t_2 < t_1$ . Συνεπώς επιλέγουμε ως νέα παροχή εκτοξευτήρων την τιμή 10 m<sup>3</sup>/h. Έτσι το πρόγραμμα δίνει τα εξής αποτελέσματα:



- 3 γραμμές διανομής
- 8 θέσεις πάνω στον κεντρικό αγωγό
- 5 εκτοξευτήρες πάνω στις γραμμές διανομής

Διάμετροι κατά Bresse

- $D_1=189.8$  mm
- $D_2=155.0$  mm
- $D_3=109.6$  mm
- $D_4=109.6$  mm

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονισθεί πως  $D_1$  είναι η διάμετρος του τμήματος του κεντρικού αγωγού από το οποίο διέρχεται παροχή  $3Q$ ,  $D_2$  είναι η διάμετρος για το τμήμα με παροχή  $2Q$ ,  $D_3$  διάμετρος για παροχή  $Q$  και  $D_4$  είναι η διάμετρος των γραμμών διανομής.

Έτσι επιλέγουμε διαμέτρους κοντά σε αυτές τις τιμές και συγκεκριμένα

- $D_1=203.4$  mm
- $D_2=180.8$  mm
- $D_3=113.0$  mm
- $D_4=113.0$  mm

Πιέζοντας την εντολή «τελικός υπολογισμός» προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

- Απαιτούμενη πίεση= $5.14$  atm
- Απαιτούμενη παροχή= $150$  m<sup>3</sup>/h
- Διάρκεια άρδευσης κάθε γραμμής διανομής= $0.6$  h
- Συνολική διάρκεια άρδευσης= $3.9$  h
- Εύρος άρδευσης= $29.7$  days

Μπορούμε να παρατηρήσουμε πως το συγκεκριμένο αρδευτικό δίκτυο εκμεταλλεύεται πλήρως την διαθέσιμη παροχή.

## Παράδειγμα 2

Τα δεδομένα που εισάγουμε στο πρόγραμμα είναι τα εξής:

Στοιχεία αρδευτικού δικτύου

- Αποστάσεις εκτοξευτήρων πάνω στην γραμμή διανομής= $8$  m
- Αποστάσεις μεταξύ των θέσεων των γραμμών διανομής= $9$  m
- Παροχή εκτοξευτήρων= $8$  m<sup>3</sup>/h

- Πίεση λειτουργίας εκτοξευτήρων=3 atm
- Διαθέσιμη παροχή=100 m<sup>3</sup>/h

Όταν οριστικοποιήσουμε τα στοιχεία του αρδευτικού δικτύου, το πρόγραμμα δεν δέχεται να είναι οι αποστάσεις εκτοξευτήρων 8 m αφού η απόσταση αυτή πρέπει να είναι πολλαπλάσιο του 3. Έτσι επιλέγουμε ως απόσταση εκτοξευτήρων τα 6 m.

Στοιχεία καλλιέργειας και εδάφους

- Υδατοϊκανότητα κατά βάρος=15 %
- Σημείο μαράνσεως κατά βάρος=7 %
- Ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο μείωσης της διαθέσιμης υγρασίας=50 %
- Βάθος ριζοστρώματος=0.5 m
- Εξατμισοδιαπνοή=3 mm/day
- Πυκνότητα εδάφους=1.7 g/cm<sup>3</sup>

Στοιχεία αγροτεμαχίου

- X=200 m
- Y=200 m
- Κλίση εδάφους=5 %

Ως τύπος εδάφους επιλέγεται ο πηλός (k=4.8 και n=0.7).

Πατώντας οριστικοποίηση των αποτελεσμάτων προκύπτει πως δεν επαρκεί η διαθέσιμη παροχή για την άρδευση του αγροτεμαχίου. Το πρόγραμμα θα συνεχίσει την επίλυση του δικτύου χρησιμοποιώντας μόνο μία γραμμή διανομής ώστε να έχουμε την ελάχιστη απαιτούμενη παροχή (που είναι όμως μεγαλύτερη από την διαθέσιμη). Έτσι το πρόγραμμα δίνει τα εξής αποτελέσματα:

- 1 γραμμή διανομής
- 22 θέσεις πάνω στον κεντρικό αγωγό
- 16 εκτοξευτήρες πάνω στις γραμμές διανομής

Διάμετροι κατά Bresse

- D<sub>1</sub>=175.4 mm
- D<sub>2</sub>=175.4 mm

όπου D<sub>1</sub> είναι η διάμετρος για παροχή Q και D<sub>2</sub> είναι η διάμετρος των γραμμών διανομής.

Έτσι επιλέγουμε διαμέτρους κοντά σε αυτές τις τιμές και συγκεκριμένα

- $D_1=180.8 \text{ mm}$
- $D_2=180.8 \text{ mm}$

Πιέζοντας την εντολή «τελικός υπολογισμός» προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

- Απαιτούμενη πίεση=4.29 atm
- Απαιτούμενη παροχή=128 m<sup>3</sup>/h
- Διάρκεια άρδευσης κάθε γραμμής διανομής=0.3 h
- Συνολική διάρκεια άρδευσης=13.5 h
- Εύρος άρδευσης=11.3 days

Όπως ήταν αναμενόμενο η απαιτούμενη παροχή είναι μεγαλύτερη από την διαθέσιμη.

### Παράδειγμα 3

Τα δεδομένα που εισάγουμε στο πρόγραμμα σε αυτό το παράδειγμα είναι τα εξής:

Στοιχεία αρδευτικού δικτύου

- Αποστάσεις εκτοξευτήρων πάνω στην γραμμή διανομής=9 m
- Αποστάσεις μεταξύ των θέσεων των γραμμών διανομής=9 m
- Παροχή εκτοξευτήρων=8 m<sup>3</sup>/h
- Πίεση λειτουργίας εκτοξευτήρων=5 atm
- Διαθέσιμη παροχή=130 m<sup>3</sup>/h

Στοιχεία καλλιέργειας και εδάφους

- Υδατοϊκανότητα κατά βάρος=17 %
- Σημείο μαράνσεως κατά βάρος=10 %
- Ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο μείωσης της διαθέσιμης υγρασίας=70 %
- Βάθος ριζοστρώματος=0.4 m
- Εξατμισοδιαπνοή=2 mm/day
- Πυκνότητα εδάφους=1.2 g/cm<sup>3</sup>

Στοιχεία αγροτεμαχίου

- $X=100 \text{ m}$
- $Y=100 \text{ m}$
- Υψόμετρο στην κεφαλή=10 m
- Υψόμετρο στο τέλος του αγροτεμαχίου=5 m

Ως τύπος εδάφους επιλέγεται ο αμμώδης πηλός ( $k=3.8$  και  $n=0.8$ ).

Πατώντας οριστικοποίηση των αποτελεσμάτων προκύπτει πως πρέπει να αυξηθεί η παροχή των εκτοξευτήρων. Συνεπώς, επιλέγουμε ως νέα παροχή εκτοξευτήρων την τιμή  $12 \text{ m}^3/\text{h}$ . Έτσι το πρόγραμμα δίνει τα εξής αποτελέσματα:

- 2 γραμμές διανομής
- 11 θέσεις πάνω στον κεντρικό αγωγό
- 5 εκτοξευτήρες πάνω στις γραμμές διανομής

Διάμετροι κατά Bresse

- $D_1=169.8 \text{ mm}$
- $D_2=120.1 \text{ mm}$
- $D_3=120.1 \text{ mm}$

όπου  $D_1$  είναι η διάμετρος του τμήματος του κεντρικού αγωγού από το οποίο διέρχεται παροχή  $2Q$ ,  $D_2$  είναι η διάμετρος για παροχή  $Q$  και  $D_3$  είναι η διάμετρος των γραμμών διανομής.

Έτσι επιλέγουμε διαμέτρους κοντά σε αυτές τις τιμές και συγκεκριμένα

- $D_1=180.8 \text{ mm}$
- $D_2=126.6 \text{ mm}$
- $D_3=126.6 \text{ mm}$

Πιέζοντας την εντολή «τελικός υπολογισμός» έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

- Απαιτούμενη πίεση= $4.68 \text{ atm}$
- Απαιτούμενη παροχή= $120 \text{ m}^3/\text{h}$
- Διάρκεια άρδευσης κάθε γραμμής διανομής= $0.2 \text{ h}$
- Συνολική διάρκεια άρδευσης= $2 \text{ h}$
- Εύρος άρδευσης= $11.8 \text{ days}$

#### Παράδειγμα 4

Τα δεδομένα που εισάγουμε στο πρόγραμμα σε αυτό το παράδειγμα είναι τα εξής:

Στοιχεία αρδευτικού δικτύου

- Αποστάσεις εκτοξευτήρων πάνω στην γραμμή διανομής= $9 \text{ m}$
- Αποστάσεις μεταξύ των θέσεων των γραμμών διανομής= $9 \text{ m}$
- Παροχή εκτοξευτήρων= $5 \text{ m}^3/\text{h}$

- Πίεση λειτουργίας εκτοξευτήρων=3 atm
- Διαθέσιμη παροχή=170 m<sup>3</sup>/h

#### Στοιχεία καλλιέργειας και εδάφους

- Υδατοϊκανότητα κατά βάρος=20 %
- Σημείο μαράνσεως κατά βάρος=13 %
- Ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο μείωσης της διαθέσιμης υγρασίας=55 %
- Βάθος ριζοστρώματος=0.5 m
- Εξατμισοδιαπνοή=3 mm/day
- Πυκνότητα εδάφους=1.6 g/cm<sup>3</sup>

#### Στοιχεία αγροτεμαχίου

- X=110 m
- Y=130 m
- Υψόμετρο στην κεφαλή=15 m
- Υψόμετρο στο τέλος του αγροτεμαχίου=5 m

Ως τύπος εδάφους επιλέγεται ο ιλυώδης άργιλος (k=3.6 και n=0.52).

Πατώντας οριστικοποίηση των αποτελεσμάτων το πρόγραμμα δίνει τα εξής αποτελέσματα:

- 4 γραμμές διανομής
- 12 θέσεις πάνω στον κεντρικό αγωγό
- 7 εκτοξευτήρες πάνω στις γραμμές διανομής

#### Διάμετροι κατά Bresse

- D<sub>1</sub>=183.4 mm
- D<sub>2</sub>=158.8 mm
- D<sub>3</sub>=129.7 mm
- D<sub>4</sub>=91.7 mm
- D<sub>5</sub>=91.7 mm

όπου D<sub>1</sub> είναι η διάμετρος του τμήματος του κεντρικού αγωγού από το οποίο διέρχεται παροχή 4Q, D<sub>2</sub> είναι η διάμετρος για το τμήμα με παροχή 3Q, D<sub>3</sub> είναι η διάμετρος για το τμήμα με παροχή 2Q, D<sub>4</sub> είναι η διάμετρος για το τμήμα με παροχή Q και D<sub>5</sub> είναι η διάμετρος των γραμμών διανομής.

Έτσι επιλέγουμε διαμέτρους κοντά σε αυτές τις τιμές και συγκεκριμένα

- $D_1=180.8$  mm
- $D_2=144.6$  mm
- $D_3=126.6$  mm
- $D_4=99.4$  mm
- $D_5=99.4$  mm

Πιέζοντας την εντολή «τελικός υπολογισμός» έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

- Απαιτούμενη πίεση=2.30 atm
- Απαιτούμενη παροχή=140 m<sup>3</sup>/h
- Διάρκεια άρδευσης κάθε γραμμής διανομής=1.3 h
- Συνολική διάρκεια άρδευσης=7.5 h
- Εύρος άρδευσης=10.3 days

Ακολουθούν τα παραδείγματα της στάγδην άρδευσης.

### Παράδειγμα 5

Τα δεδομένα που εισάγουμε στο πρόγραμμα σε αυτό το παράδειγμα είναι τα εξής:

Στοιχεία καλλιέργειας

- Καλλιέργεια τομάτων
- Έκταση=20 στρέμματα
- Απόσταση μεταξύ των φυτών στις γραμμές=1 m
- Απόσταση μεταξύ των σειρών των φυτών=1 m

Στοιχεία εδάφους

- Ανώτερο όριο εξάντλησης της εδαφικής υγρασίας=50 %
- Βάθος ριζοστρώματος=0.6 m
- Μέσο έδαφος

Φωτοσκίαση και εξατμισοδιαπνοή

- Ποσοστό φωτοσκίασης= 40 %
- ET=4 mm/day

Στοιχεία σταλακτήρων

- Παροχή σταλακτήρα=4 l/h
- Ισαποχή σταλακτήρων=1.0 m
- Διαθέσιμη παροχή=40 m<sup>3</sup>/h

Πατώντας οριστικοποίηση των αποτελεσμάτων, το πρόγραμμα δίνει τα εξής αποτελέσματα:

- Εύρος άρδευσης=20.3 days
- Διάρκεια άρδευσης=14.9 h
- Απαιτούμενη παροχή=38.0 m<sup>3</sup>/h
- Στάσεις=2
- Αριθμός σταλακτήρων ανά φυτό=1

### Παράδειγμα 6

Τα δεδομένα που εισάγουμε στο πρόγραμμα σε αυτό το παράδειγμα είναι τα εξής:

Στοιχεία καλλιέργειας

- Καλλιέργεια οπωροφόρων
- Έκταση=15 στρέμματα
- Απόσταση μεταξύ των φυτών στις γραμμές=0.5 m
- Απόσταση μεταξύ των σειρών των φυτών=1 m

Στοιχεία εδάφους

- Ανώτερο όριο εξάντλησης της εδαφικής υγρασίας=60 %
- Βάθος ριζοστρώματος=0.4 m
- Ελαφρύ έδαφος

Φωτοσκίαση και εξατμισοδιαπνοή

- Ποσοστό φωτοσκίασης= 50 %
- ET=2 mm/day

Στοιχεία σταλακτήρων

- Παροχή σταλακτήρα=2 l/h
- Ισαποχή σταλακτήρων=0.3 m
- Διαθέσιμη παροχή=30 m<sup>3</sup>/h

Πατώντας οριστικοποίηση των αποτελεσμάτων, το πρόγραμμα δίνει τα εξής αποτελέσματα:

- Εύρος άρδευσης=8.5 days
- Διάρκεια άρδευσης=0.9 h
- Απαιτούμενη παροχή=27.1 m<sup>3</sup>/h
- Στάσεις=7
- Αριθμός σταλακτήρων ανά φυτό=2

## Παράδειγμα 7

Τα δεδομένα που εισάγουμε στο πρόγραμμα σε αυτό το παράδειγμα είναι τα εξής:

Στοιχεία καλλιέργειας

- Καλλιέργεια αμπελοειδών
- Έκταση=30 στρέμματα
- Απόσταση μεταξύ των φυτών στις γραμμές=0.5 m
- Απόσταση μεταξύ των σειρών των φυτών=1 m

Στοιχεία εδάφους

- Ανώτερο όριο εξάντλησης της εδαφικής υγρασίας=40 %
- Βάθος ριζοστρώματος=0.6 m
- Βαρύ έδαφος

Φωτοσκίαση και εξατμισοδιαπνοή

- Ποσοστό φωτοσκίασης= 60 %
- ET=3 mm/day

Στοιχεία σταλακτήρων

- Παροχή σταλακτήρα=4 l/h
- Ισαποχή σταλακτήρων=1.3 m
- Διαθέσιμη παροχή=30 m<sup>3</sup>/h

Πατώντας οριστικοποίηση των αποτελεσμάτων, το πρόγραμμα δίνει τα εξής αποτελέσματα:

- Εύρος άρδευσης=25.0 days
- Διάρκεια άρδευσης=18.5 h
- Απαιτούμενη παροχή=29.2 m<sup>3</sup>/h
- Στάσεις=3
- Αριθμός σταλακτήρων ανά φυτό=1

## Παράδειγμα 8

Τα δεδομένα που εισάγουμε στο πρόγραμμα σε αυτό το παράδειγμα είναι τα εξής:



### Στοιχεία καλλιέργειας

- $F_1=0.7$
- Έκταση=12 στρέμματα
- Απόσταση μεταξύ των φυτών στις γραμμές=1 m
- Απόσταση μεταξύ των σειρών των φυτών=1.5 m

### Στοιχεία εδάφους

- Ανώτερο όριο εξάντλησης της εδαφικής υγρασίας=55 %
- Βάθος ριζοστρώματος=0.7 m
- Μέσο έδαφος

### Φωτοσκίαση και εξατμισοδιαπνοή

- Ποσοστό φωτοσκίασης= 40 %
- $ET=4$  mm/day

### Στοιχεία σταλακτήρων

- Παροχή σταλακτήρα=1.5 l/h
- Ισαποχή σταλακτήρων=0.5 m
- Διαθέσιμη παροχή=40 m<sup>3</sup>/h

Πατώντας οριστικοποίηση των αποτελεσμάτων, το πρόγραμμα δίνει τα εξής αποτελέσματα:

- Εύρος άρδευσης=17.4 days
- Διάρκεια άρδευσης=6.0 h
- Απαιτούμενη παροχή=34.2 m<sup>3</sup>/h
- Στάσεις=2
- Αριθμός σταλακτήρων ανά φυτό=3

## 6. Συμπεράσματα

Ο ουσιαστικός σκοπός της εργασίας ήταν η αυτοματοποίηση της διαδικασίας υπολογισμού ενός αρδευτικού δικτύου. Η αυτοματοποίηση οποιασδήποτε διαδικασίας μέσω κάποιου κώδικα μας δίνει την δυνατότητα να επεξεργαστούμε διαφορετικά σεντ δεδομένων γρήγορα και εύκολα. Έπειτα, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που προκύπτουν από κάθε σεντ μπορούμε να βρούμε την καλύτερη λύση για το πρόβλημα που επιθυμούμε να λύσουμε. Συνεπώς, αυτός είναι και ο σκοπός του κώδικα που αναπτύχθηκε. Δηλαδή, μπορούμε γρήγορα και πρακτικά να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα υπολογισμού ενός αρδευτικού δικτύου καθώς και να συγκρίνουμε διαφορετικές λύσεις.

Ορισμένες βελτιώσεις που θα μπορούσαν να γίνουν στο πρόγραμμα που δημιουργήθηκε είναι:

1. Η ανάπτυξη ενός περιβάλλοντος πιο φιλικό προς τον χρήστη και το οποίο θα δείχνει με μεγαλύτερη λεπτομέρεια στοιχεία του αρδευτικού δικτύου.
2. Αποθήκευση των διαφορετικών λύσεων του δικτύου ώστε ο χρήστης να μπορεί να τις ανακαλέσει ανά πάσα στιγμή
3. Εισαγωγή των δεδομένων από αρχείο
4. Προσθήκη περισσότερων μεθόδων άρδευσης
5. Προσθήκη επιλογών σχετικά με τους σταλακτηφόρους αγωγούς κατά την διάρκεια της στάγδην άρδευσης, δηλαδή αν θα τοποθετηθούν ένας ή περισσότεροι παράλληλοι αγωγοί

## Παράρτημα Α

Οι πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν για την εισαγωγή διαμέτρων εμπορείου στο πρόγραμμα είναι οι:

AQUALIFE HDPE (σ63, MRS 8, PE80) 6 Atm				
Κωδικός	Εξωτερ. Διάμετρος mm	Πάχος Τοιχώματος mm	Συσκευασία m/ρολήθό	Τιμή €/ m
0260400601	40	1,9	100	0,78
0260500601	50	2,3	100	1,18
0260630601	63	3,0	100	1,94
0260750601	75	3,7	100	2,78
0260900601	90	4,6	100	4,11
0261100601	110	5,0	100	5,79 *
0261250601	125	5,7	100	7,12 *

Πίνακας Γ.1

ΣΩΛΗΝΕΣ ΠΙΕΣΕΩΣ 10 ΑΤΜ					
ΠΙΕΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ 20°C: 10 atm					
ΕΞΩΤ. ΔΙΑΜ D	Πάχος τοιχωμ. S	Εσωτερική Διάμετρος d	Μήκος μούφας t	Εξωτ. Διάμ. Μούφας D1	Βάρος B
mm	mm	mm	mm	mm	kg/m
50	2,4	45,2			0,55
63	3,0	57	109,8	86,0	0,85
75	3,6	67,8	116,9	101,1	1,22
90	4,3	81,4	124,0	119,3	1,75
110	5,3	99,4	132,8	143,1	2,61
125	6,0	113	139,3	160,4	3,34
140	6,7	126,6	185,0	177,6	4,18
160	7,7	144,6	154,7	201,4	5,47
200	9,6	180,8	169,2	247,2	8,51
225	10,8	203,4	181,2	276,1	10,80
250	11,9	226,2	190,6	304,8	13,20
280	13,4	253,2	206,4	341,5	16,60
315	15,0	285	220,2	381,3	20,90
355	16,9	321,2	237,9	428,3	26,50
400	19,1	361,8	255,6	481,3	33,70
450	21,5	407	275,0	538,4	42,70
500	23,9	452,2	300,0	597,6	52,60

Το βάρος των σωλήνων υπολογίστηκε από το κανονικό πάχος τοιχώματος των σωλήνων και το μισό της ανοχής.

Πίνακας Γ.2

## Παράρτημα Β

### Απόδειξη του τύπου του Bresse

Κατά το βήμα επιλογής των διαμέτρων σε αρδευτικό δίκτυο με εκτοξευτήρες χρησιμοποιήσαμε τον τύπο του Bresse που είναι ο

$$D=15.5\sqrt{D}$$

Αυτός ο τύπος προέρχεται από την εξίσωση

$$Q=\frac{\pi D^2}{4}V$$

για μία δεδομένη ταχύτητα  $V$ . Για να βρούμε την ταχύτητα αυτή εκφράζουμε την παροχή σε  $m^3/h$ , το  $D$  σε  $mm$  ενώ το  $V$  μετριέται σε  $m/s$ . Συνεπώς προκύπτει η εξίσωση

$$\frac{Q}{3600}=\frac{\pi D^2}{4 \cdot 10^6}V \Rightarrow (Q \rightarrow m^3/h \quad D \rightarrow mm)$$
$$D=\sqrt{\frac{4 \cdot 10^6}{3600\pi V}}\sqrt{Q}$$

Έτσι αν συγκρίνουμε την εξίσωση αυτή με τον τύπο του Bresse προκύπτει πως

$$\sqrt{\frac{4 \cdot 10^6}{3600\pi V}}=15.5 \Rightarrow$$
$$V=\frac{4 \cdot 10^6}{3600\pi \cdot 15.5^2}=1.47 \text{ m/s}$$

Συνεπώς αν εφαρμόσουμε τον τύπο του Bresse σε έναν αγωγό, η ταχύτητα του νερού μέσα στον αγωγό θα είναι  $1.47 \text{ m/s}$ .

## Παράρτημα Γ

### Module 1

```
Public x As Double, y As Double, a As Double, b As Double, qs As Double
Public q As Double, l As Double, d As Double, k As Double, pi As Double
Public l1 As Double, l2 As Double, l3 As Double, l4 As Double, di3 As Double, diat2 As Integer
Public dh1a As Double, dh2a As Double, dh3a As Double, di1 As Double, di2 As Double
Public dh1b As Double, dh2b As Double, dh3b As Double, ar As Integer, diat3 As Integer
Public d1 As Double, d2 As Double, d3 As Double, d4 As Double, d5 As Double, depil As Double
Public k1 As Integer, k2 As Integer, j As Integer, pr As Double, xr As Integer, diat4 As Integer
Public dh1c As Double, dh2c As Double, dh3c As Double, dh4c As Double, z As Integer
Public arithdian As Integer, Hr As Double, Hf As Double, h As Double, ETc As Double
Public t2 As Double, diat1 As Integer, dh1d As Double, diathpar As Double
Public kkost As Double, nkost As Double, f1 As Double, FC As Double, w As Double, PWP As
Double
Public pve As Double, f As Double, rd As Double, f2 As Double, gc As Double
Public qstal As Double, St As Double, mstal As Double, Dhstal As Double
Public euros_stal As Double, diarkeia_stal As Double, ektasi As Double, ET As Double, stath As
Double
Public Q_apet As Double, stas_stal As Integer, density As Double, euros As Double
Public synoliki_diarkeia As Double, slope As Double, height_d As Double
Public H1 As Double, H2 As Double, Sr As Double, Sc As Double, S_100 As Double, crit As
Boolean
Public Fek As Double

Public Function dh(q As Double, l As Double, d As Double, k As Double) As Double
pi = 4 * Atn(1)
V = (4 * q) / (3600 * pi * (d / 1000) ^ 2)
Re = ((d / 1000) * V) / (1.31 * 10 ^ -6)
f = (-2 * Log((k / (3.7 * d)) + (6 / (Re ^ 0.90458)))) / Log(10) ^ -2
dh = (f * l * V ^ 2) / ((d / 1000) * 2 * 9.81)
End Function

Public Function Qt(q As Double, m As Integer) As Double
Qarx = (m - 1) * q
Fm = Sqr((m * (2 * m - 1)) / (6 * (m - 1) ^ 2))
Qt = Fm * Qarx
End Function
```

### Form 1

```
Public Sub Command1_Click()
```

```
    If Int(x / b - 1) < x / b - 1 Then
```

```
        k1 = Int(x / b)
```

```
    ElseIf Int(x / b - 1) = x / b - 1 Then
```

```
        k1 = x / b - 1
```

```
    End If
```

```
    If Int(y / (2 * a) - 1) < y / (2 * a) - 1 Then
```

```
        k2 = Int(y / (2 * a))
```

```
    ElseIf Int(y / (2 * a) - 1) = y / (2 * a) - 1 Then
```

```
        k2 = y / (2 * a) - 1
```

```
    End If
```

```
    Do Until t2 > t1
```

```
        q = k2 * qs
```

```
        di1 = 15.5 * (q ^ 0.5)
```

```
        di2 = 15.5 * ((2 * q) ^ 0.5)
```

```
        di3 = 15.5 * ((3 * q) ^ 0.5)
```

```
        di4 = 15.5 * ((4 * q) ^ 0.5)
```

```
    For z = 1 To 4
```

```
        If diathpar - q < z * q And z * q <= diathpar Then
```

```
            arithdian = z
```

```
        End If
```

```
    Next z
```

```
    If 4 * q <= diathpar - q Then
```

```
        arithdian = 4
```

```
    End If
```

```
    If arithdian = 0 Then
```

```
        arithdian = 1
```

```
        OK_2 = MsgBox("Δεν επαρκεί η διαθέσιμη παροχή.", vbOKOnly)
```

```
    End If
```

Dm = h \* (Hr - Hf) \* 10 \* density

Dp = Fek \* Dm / 100

euros = Dp / (ETc / (24 \* 60))

upsos\_nerou = (1000 \* qs) / (60 \* a \* b)

t1 = (upsos\_nerou / (kkost \* nkost)) ^ (1 / (nkost - 1))

t2 = ((Dp + kkost \* t1 ^ nkost - upsos\_nerou \* t1) / kkost) ^ (1 / nkost)

Dr = upsos\_nerou \* t2

n = Dp / Dr

perioxes = 2 \* k1 / arithdian

If Int(perioxes) = perioxes Then

synoliki\_diarkeia = t2 \* (Int(perioxes))

Else

synoliki\_diarkeia = t2 \* (Int(perioxes) + 1)

End If

If t1 > t2 Then

alert = MsgBox("πρέπει να αυξηθεί η παροχή των εκτοξευτήρων", vbOKOnly)

qs = InputBox("ποια είναι η νέα παροχή των εκτοξευτήρων σε m3/h ;")

End If

Loop

While synoliki\_diarkeia > euros

arithdian = arithdian + 1

perioxes = k1 / arithdian

synoliki\_diarkeia = diardeia\_perioxis \* perioxes

Wend

If arithdian > 4 Then

If MsgBox("Χρειάζονται παραπάνω από 4 γραμμές διανομής", vbCritical) = vbOK Then

End

End If

End If

If arithdian = 3 Then

    If k1 / 3 = Int(k1 / 3) Then

```

l1 = k1 * b / 3
l2 = k1 * b / 3
l3 = k1 * b / 3
Elseif k1 / 3 = Int(k1 / 3) + 1 / 3 Then
l1 = (Int(k1 / 3)) * b
l3 = (Int(k1 / 3)) * b
l2 = (Int(k1 / 3) + 1) * b
Elseif k1 / 3 = Int(k1 / 3) + 2 / 3 Then
l3 = (Int(k1 / 3)) * b
l1 = (Int(k1 / 3) + 1) * b
l2 = (Int(k1 / 3) + 1) * b
End If
    Form3.Show
    Form1.Hide
    Form3.Text5.Text = Format(di1, "0.0")
    Form3.Text3.Text = Format(di2, "0.0")
    Form3.Text1.Text = Format(di3, "0.0")
    Form3.Text7.Text = Format(di1, "0.0")
    Form3.Text12.Text = k1
    Form3.Text13.Text = k2
Elseif arithdian = 2 Then
If k1 / 2 = Int(k1 / 2) Then
l1 = k1 * b / 2
l2 = k1 * b / 2
Elseif k1 / 2 = Int(k1 / 2) + 1 / 2 Then
l1 = (Int(k1 / 2)) * b
l2 = (Int(k1 / 2) + 1) * b
End If
    Form2.Show
    Form1.Hide
    Form2.Text1.Text = Format(di1, "0.0")
    Form2.Text3.Text = Format(di2, "0.0")
    Form2.Text5.Text = Format(di1, "0.0")
    Form2.Text10.Text = k1
    Form2.Text11.Text = k2
Elseif arithdian = 4 Then
If k1 / 4 = Int(k1 / 4) Then
l1 = k1 * b / 4

```



```

l2 = k1 * b / 4
l3 = k1 * b / 4
l4 = k1 * b / 4
Elseif k1 / 4 = Int(k1 / 4) + 1 / 4 Then
l1 = (Int(k1 / 4)) * b
l3 = (Int(k1 / 4)) * b
l4 = (Int(k1 / 4)) * b
l2 = (Int(k1 / 4) + 1) * b
Elseif k1 / 4 = (Int(k1 / 4)) + 1 / 2 Then
l4 = (Int(k1 / 4) + 1) * b
l2 = (Int(k1 / 4) + 1) * b
l3 = (Int(k1 / 4)) * b
l1 = (Int(k1 / 4)) * b
Elseif k1 / 4 = (Int(k1 / 4)) + 3 / 4 Then
l3 = (Int(k1 / 4) + 1) * b
l2 = (Int(k1 / 4) + 1) * b
l1 = (Int(k1 / 4) + 1) * b
l4 = (Int(k1 / 4)) * b
End If
    Form5.Show
    Form1.Hide
    Form5.Text1.Text = Format(di4, "0.0")
    Form5.Text3.Text = Format(di3, "0.0")
    Form5.Text5.Text = Format(di2, "0.0")
    Form5.Text7.Text = Format(di1, "0.0")
    Form5.Text9.Text = Format(di1, "0.0")
    Form5.Text14.Text = k1
    Form5.Text15.Text = k2
Elseif arithdian = 1 Then
l1 = k1 * b
    Form6.Show
    Form1.Hide
    Form6.Text1.Text = Format(di1, "0.0")
    Form6.Text3.Text = Format(di1, "0.0")
    Form6.Text8.Text = k1
    Form6.Text9.Text = k2
End If

```

```
If Form9.Option1.Value = True Then
slope = Form9.Text3.Text
height_d = slope * k1 * b / 100
Elseif Form9.Option2.Value = True Then
H1 = Form9.Text4.Text
H2 = Form9.Text5.Text
height_d = H2 - H1
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
Form7.Show
Form1.Hide
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()
Form8.Show
Form1.Hide
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()
Form9.Show
Form1.Hide
End Sub
```

```
Private Sub Command5_Click()
Form10.Show
Form1.Hide
End Sub
```

```
Private Sub Command6_Click()
Form11.Show
Form1.Hide
End Sub
```

## **Form 2**

```
Private Sub Command1_Click()
```

```

k = 0.3
dh1a = dh(q, l1, d2, k)
dh2a = dh(2 * q, l2, d1, k)
dhtma = dh(q, a, d3, k)
dhea = dh(Qt(qs, k2), (k2 - 1) * a, d3, k)
npra = pr + (dh1a + dh2a + dhtma + dhea + height_d) / 10
Form2.Text7.Text = Format(npra, "0.00")
If dhea > 0.2 * pr Then
OK = MsgBox("Η διαφορά πίεσης είναι μεγαλύτερη του 20%. Απαιτείται αύξηση της διατομής
D3.", vbOKOnly)
End If
Form2.Text8.Text = Format(2 * q, "0.00")
Form2.Text9.Text = Format(t2 / 60, "0.0")
Form2.Text12.Text = Format(synoliki_diarkeia / 60, "0.0")
Form2.Text13.Text = Format(euros / (24 * 60), "0.0")
End Sub

Private Sub Command2_Click()
j = j + 1
If j <= k1 Then
Form2.Picture1.Cls
Form2.Picture1.Line (2048, 0)-(2048, 4000)
For i = 1 To k1
Form2.Picture1.PSet (2048, i * 4000 / k1), RGB(0, 255, 0)
Next i
Form2.Picture1.Line (2048, j * CLng(4000) / k1)-(500, j * CLng(4000) / k1)
Form2.Picture1.Line (2048, (k1 + 1 - j) * CLng(4000) / k1)-(3596, (k1 + 1 - j) * CLng(4000) / k1)
Else
j = 0
End If
End Sub

Private Sub Command3_Click()
Form4.Show
diat2 = 1
End Sub

Private Sub Command4_Click()

```

```
Form4.Show
diat2 = 2
End Sub
```

```
Private Sub Command5_Click()
Form4.Show
diat2 = 3
End Sub
```

```
Private Sub Command6_Click()
Form1.Show
Form2.Hide
End Sub
```

### Form 3

```
Private Sub Command1_Click()
k = 0.3
dh1b = dh(q, l1, d3, k)
dh2b = dh(2 * q, l2, d2, k)
dh3b = dh(3 * q, l3, d1, k)
dhtmb = dh(q, a, d4, k)
dheb = dh(Qt(qs, k2), (k2 - 1) * a, d4, k)
nprb = pr + (dh1b + dh2b + dh3b + dhtmb + dheb + height_d) / 10
Form3.Text9.Text = Format(nprb, "0.00")
If dheb > 0.2 * pr Then
OK = MsgBox("Η διαφορά πίεσης είναι μεγαλύτερη του 20%. Απαιτείται αύξηση της διατομής D4.", vbOKOnly)
End If
Form3.Text10.Text = Format(3 * q, "0.00")
Form3.Text11.Text = Format(t2 / 60, "0.0")
Form3.Text14.Text = Format(synoliki_diarkeia / 60, "0.0")
Form3.Text15.Text = Format(euros / (24 * 60), "0.0")
End Sub

Private Sub Command2_Click()
ar = ar + 1
If Int(2 * k1 / 3) = 2 * k1 / 3 Then
```

```

V = Int(2 * k1 / 3)
diorth = 1
Elseif Int(2 * k1 / 3) + 1 / 3 = 2 * k1 / 3 Then
V = Int(2 * k1 / 3) + 1
diorth = -1
Elseif Int(2 * k1 / 3) + 2 / 3 = 2 * k1 / 3 Then
V = Int(2 * k1 / 3) + 1
diorth = 0
End If
If ar <= V Then
Form3.Picture1.Cls
Form3.Picture1.Line (2048, 0)-(2048, 4000)
For i = 1 To k1
Form3.Picture1.PSet (2048, i * 4000 / k1), RGB(0, 255, 0)
Next i
Form3.Picture1.Line (2048, ar * CLng(4000) / k1)-(500, ar * CLng(4000) / k1)
If (ar + V) * CLng(4000) / k1 <= 4000 Then
Form3.Picture1.Line (2048, (ar + V) * CLng(4000) / k1)-(500, (ar + V) * CLng(4000) / k1)
xr = ar + 1
Else
Form3.Picture1.Line (2048, (k1 + xr - ar) * CLng(4000) / k1)-(3596, (k1 + xr - ar) *
CLng(4000) / k1)
End If
If V - ar + diorth <> 0 Then
Form3.Picture1.Line (2048, (V - ar + diorth) * CLng(4000) / k1)-(3596, (V - ar + diorth) *
CLng(4000) / k1)
End If
Else
ar = 0
End If
End Sub

Private Sub Command3_Click()
Form4.Show
diat3 = 1
End Sub

Private Sub Command4_Click()

```

```
Form4.Show  
diat3 = 2  
End Sub
```

```
Private Sub Command5_Click()  
Form4.Show  
diat3 = 3  
End Sub
```

```
Private Sub Command6_Click()  
Form4.Show  
diat3 = 4  
End Sub
```

```
Private Sub Command7_Click()  
Form1.Show  
Form3.Hide  
End Sub
```

#### **Form 4**

```
Private Sub Command1_Click()  
  
If Form4.Option1.Value = True Then  
depil = 36.2  
Elseif Form4.Option2.Value = True Then  
depil = 45.2  
Elseif Form4.Option3.Value = True Then  
depil = 57  
Elseif Form4.Option4.Value = True Then  
depil = 67.8  
Elseif Form4.Option5.Value = True Then  
depil = 81.4  
Elseif Form4.Option6.Value = True Then  
depil = 99.4  
Elseif Form4.Option7.Value = True Then  
depil = 113  
Elseif Form4.Option8.Value = True Then
```

```
depil = 126.6
Elseif Form4.Option9.Value = True Then
depil = 144.6
Elseif Form4.Option10.Value = True Then
depil = 180.8
Elseif Form4.Option11.Value = True Then
depil = 203.4
Elseif Form4.Option12.Value = True Then
depil = 226.2
Elseif Form4.Option13.Value = True Then
depil = 253.2
Elseif Form4.Option14.Value = True Then
depil = 285
End If
```

```
If arithdian = 2 Then
  If diat2 = 1 Then
    d1 = depil
    Form2.Text2.Text = d1
  Elseif diat2 = 2 Then
    d2 = depil
    Form2.Text4.Text = d2
  Elseif diat2 = 3 Then
    d3 = depil
    Form2.Text6.Text = d3
  End If
```

```
diat2 = 0
Elseif arithdian = 3 Then
  If diat3 = 1 Then
    d1 = depil
    Form3.Text2.Text = d1
  Elseif diat3 = 2 Then
    d2 = depil
    Form3.Text4.Text = d2
  Elseif diat3 = 3 Then
    d3 = depil
    Form3.Text6.Text = d3
  Elseif diat3 = 4 Then
```

```
d4 = depil
Form3.Text8.Text = d4
End If
diat3 = 0
Elseif arithdian = 4 Then
  If diat4 = 1 Then
    d1 = depil
    Form5.Text2.Text = d1
  Elseif diat4 = 2 Then
    d2 = depil
    Form5.Text4.Text = d2
  Elseif diat4 = 3 Then
    d3 = depil
    Form5.Text6.Text = d3
  Elseif diat4 = 4 Then
    d4 = depil
    Form5.Text8.Text = d4
  Elseif diat4 = 5 Then
    d5 = depil
    Form5.Text10.Text = d5
  End If
diat4 = 0
Elseif arithdian = 1 Then
  If diat1 = 1 Then
    d1 = depil
    Form6.Text2.Text = d1
  Elseif diat1 = 2 Then
    d2 = depil
    Form6.Text4.Text = d2
  End If
diat1 = 0
End If
Form4.Hide
End Sub
```

## **Form 5**

```
Private Sub Command1_Click()
```



```

k = 0.3
dh1c = dh(q, l1, d4, k)
dh2c = dh(2 * q, l2, d3, k)
dh3c = dh(3 * q, l3, d2, k)
dh4c = dh(4 * q, l4, d1, k)
dhtmc = dh(q, a, d5, k)
dhec = dh(Qt(qs, k2), (k2 - 1) * a, d5, k)
nprc = pr + (dh1c + dh2c + dh3c + dh4c + dhtmc + dhec + height_d) / 10
Form5.Text11.Text = Format(nprc, "0.00")
If dhec > 0.2 * pr Then
OK = MsgBox("Η διαφορά πίεσης είναι μεγαλύτερη του 20%. Απαιτείται αύξηση της διατομής
D5.", vbOKOnly)
End If
Form5.Text12.Text = Format(4 * q, "0.00")
Form5.Text13.Text = Format(t2 / 60, "0.0")
Form5.Text16.Text = Format(synoliki_diarkeia / 60, "0.0")
Form5.Text17.Text = Format(euros / (24 * 60), "0.0")
End Sub

Private Sub Command2_Click()
Form4.Show
diat4 = 1
End Sub

Private Sub Command3_Click()
Form4.Show
diat4 = 2
End Sub

Private Sub Command4_Click()
Form4.Show
diat4 = 3
End Sub

Private Sub Command5_Click()
Form4.Show
diat4 = 4
End Sub

```

```

Private Sub Command6_Click()
Form4.Show
diat4 = 5
End Sub

```

```

Private Sub Command7_Click()
j = j + 1
If Int(k1 / 2) + 1 / 2 = k1 / 2 Then
dior = 1
Elseif Int(k1 / 2) = k1 / 2 Then
dior = 0
End If
If j <= Int(k1 / 2) + dior Then
Form5.Picture1.Cls
Form5.Picture1.Line (2048, 0)-(2048, 4000)
For i = 1 To k1
Form5.Picture1.PSet (2048, i * 4000 / k1), RGB(0, 255, 0)
Next i
Form5.Picture1.Line (2048, j * CLng(4000) / k1)-(500, j * CLng(4000) / k1)
Form5.Picture1.Line (2048, (k1 + 1 - j) * CLng(4000) / k1)-(3596, (k1 + 1 - j) * CLng(4000) / k1)
If Int(k1 / 2) = k1 / 2 Then
If (-Int(k1 / 2) + (k1 + 1 - j)) <> 0 Then
Form5.Picture1.Line (2048, CLng(4000) * (j + (Int(k1 / 2))) / k1)-(500, CLng(4000) * (j + (Int(k1 / 2))) / k1)
Form5.Picture1.Line (2048, (-Int(k1 / 2) + (k1 + 1 - j)) * CLng(4000) / k1)-(3596, (-Int(k1 / 2) + (k1 + 1 - j)) * CLng(4000) / k1)
End If
Elseif Int(k1 / 2) + 1 / 2 = k1 / 2 Then
If (-Int(k1 / 2) - 1 + (k1 + 1 - j)) <> 0 Then
Form5.Picture1.Line (2048, CLng(4000) * (j + (Int(k1 / 2) + 1)) / k1)-(500, CLng(4000) * (j + (Int(k1 / 2) + 1)) / k1)
Form5.Picture1.Line (2048, (-Int(k1 / 2) - 1 + (k1 + 1 - j)) * CLng(4000) / k1)-(3596, (-Int(k1 / 2) - 1 + (k1 + 1 - j)) * CLng(4000) / k1)
End If
End If
Else
j = 0

```

```
End If
End Sub
```

```
Private Sub Command8_Click()
Form1.Show
Form5.Hide
End Sub
```

## Form 6

```
Private Sub Command1_Click()
k = 0.3
dh1d = dh(q, l1, d1, k)
dhtmd = dh(q, a, d2, k)
dhed = dh(Qt(qs, k2), (k2 - 1) * a, d2, k)
nprd = pr + (dh1d + dhtmd + dhed + height_d) / 10
Form6.Text5.Text = Format(nprd, "0.00")
If dhed > 0.2 * pr Then
OK = MsgBox("Η διαφορά πίεσης είναι μεγαλύτερη του 20%. Απαιτείται αύξηση της διατομής
D2.", vbOKOnly)
End If
Form6.Text6.Text = Format(q, "0.00")
Form6.Text7.Text = Format(t2 / 60, "0.0")
Form6.Text10.Text = Format(synoliki_diarkeia / 60, "0.0")
Form6.Text11.Text = Format(euros / (24 * 60), "0.0")
End Sub
Private Sub Command2_Click()
Form4.Show
diat1 = 1
End Sub
Private Sub Command3_Click()
Form4.Show
diat1 = 2
End Sub
Private Sub Command4_Click()

ar = ar + 1
If ar <= 2 * k1 Then
```

```

Form6.Picture1.Cls
Form6.Picture1.Line (2048, 0)-(2048, 4000)
For i = 1 To k1
Form6.Picture1.PSet (2048, i * 4000 / k1), RGB(0, 255, 0)
Next i
If ar <= k1 Then
Form6.Picture1.Line (2048, ar * CLng(4000) / k1)-(500, ar * CLng(4000) / k1)
Else
Form6.Picture1.Line (2048, (2 * k1 - ar + 1) * CLng(4000) / k1)-(3596, (2 * k1 - ar + 1) *
CLng(4000) / k1)
End If
Else
ar = 0
End If

End Sub

```

```

Private Sub Command5_Click()
Form1.Show
Form6.Hide
End Sub

```

## Form 7

```

Private Sub Command1_Click()
a = Form7.Text1.Text
b = Form7.Text2.Text
qs = Form7.Text3.Text
pr = Form7.Text4.Text
diathpar = Form7.Text5.Text

While a Mod 3 <> 0 Or b Mod 3 <> 0

If a Mod 3 <> 0 Then
If MsgBox("Η απόσταση των εκτοξευτήρων πάνω στην γραμμή διανομής πρέπει να είναι
πολλαπλάσιο του 3", vbCritical) = vbOK Then
a = InputBox("δώσε την απόσταση των εκτοξευτήρων που να είναι πολλαπλάσιο του 3.")
End If

```

End If

If b Mod 3 <> 0 Then

If MsgBox("Η απόσταση μεταξύ των γραμμών διανομή πρέπει να είναι πολλαπλάσιο του 3", vbCritical) = vbOK Then

b = InputBox("δώσε την απόσταση μεταξύ των γραμμών διανομής που να είναι πολλαπλάσιο του 3.")

End If

End If

Wend

Form1.Label1.Visible = True

Form1.Show

Form7.Hide

End Sub

### **Form 8**

Private Sub Command1\_Click()

Hr = Form8.Text1.Text

Hf = Form8.Text2.Text

h = Form8.Text3.Text

ETc = Form8.Text4.Text

density = Form8.Text5.Text

Fek = Form8.Text6.Text

Form1.Label2.Visible = True

Form1.Show

Form8.Hide

End Sub

### **Form 9**

Private Sub Command1\_Click()

x = Form9.Text1.Text

y = Form9.Text2.Text

```
Form1.Label3.Visible = True
Form1.Show
Form9.Hide
End Sub
```

### **Form 10**

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
If Form10.Option1.Value = True Then
kkost = 3.8
nkost = 0.8
Elseif Form10.Option2.Value = True Then
kkost = 4.8
nkost = 0.7
Elseif Form10.Option3.Value = True Then
kkost = 1.2
nkost = 0.54
Elseif Form10.Option4.Value = True Then
kkost = 2.1
nkost = 0.52
Elseif Form10.Option5.Value = True Then
kkost = 3.6
nkost = 0.52
Elseif Form10.Option6.Value = True Then
kkost = Form10.Text1.Text
nkost = Form10.Text2.Text
End If
```

```
Form1.Label4.Visible = True
Form1.Show
Form10.Hide
```

```
End Sub
```

### **Form 11**

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
Form1.Label1.Visible = False
Form1.Label2.Visible = False
Form1.Label3.Visible = False
Form1.Label4.Visible = False
Form11.Hide
Form1.Show
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
Form12.Label6.Visible = False
Form12.Label7.Visible = False
Form12.Label8.Visible = False
Form12.Label9.Visible = False
crit = False
Form11.Hide
Form12.Show
End Sub
```

## **Form 12**

```
Private Sub Command1_Click()
Form13.Show
Form12.Hide
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
Form14.Show
Form12.Hide
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()
Form15.Show
Form12.Hide
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()
```

```
pve = (stath / Sr) / 100
```

```
If pve > 1 Then
```

```
pve = 1
```

```
End If
```

```
mstal = (pve * Sr * Sc) / (St * S_100)
```

```
If mstal <> Int(mstal) Then
```

```
mstal = Int(mstal) + 1
```

```
End If
```

```
Dhstal = (qstal * mstal) / (St * Sr)
```

```
ETcstal = ET * f1 * f2
```

```
dpstal = 1000 * (f / 100) * ((FC - PWP) / 100) * w * rd * pve
```

```
drstal = dpstal / 0.95
```

```
euros_stal = dpstal / ETcstal
```

```
diarkeia_stal = drstal / (1000 * Dhstal)
```

```
Qnes = ektasi * dpstal / diarkeia_stal
```

```
stas_stal = 0
```

```
Do Until (Qnes / Q_apet) < stas_stal And stas_stal < (24 * euros_stal / diarkeia_stal)
```

```
stas_stal = stas_stal + 1
```

```
Loop
```

```
Form12.Text1.Text = Format(euros_stal, "0.0")
```

```
Form12.Text2.Text = Format(diarkeia_stal, "0.0")
```

```
Form12.Text3.Text = Format(Qnes / stas_stal, "0.0")
```

```
Form12.Text4.Text = stas_stal
```

```
Form12.Text5.Text = mstal
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command5_Click()
```

```
If Form14.Option1.Value = True Then
```

```
Form16.Show
```

```
Elseif Form14.Option2.Value = True Then
```

```
Form17.Show
```



```
Elseif Form14.Option3.Value = True Then
```

```
Form18.Show
```

```
Else
```

```
ok_3 = MsgBox("Δεν έχει επιλεγθεί τύπος εδάφους. Προς το παρόν θεωρείται ότι το έδαφος  
είναι ελαφρύ.", vbExclamation)
```

```
Form16.Show
```

```
crit = True
```

```
End If
```

```
Form12.Hide
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command6_Click()
```

```
Form11.Show
```

```
Form12.Hide
```

```
End Sub
```

### **Form 13**

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
If Option1.Value = True Then
```

```
f1 = 0.8
```

```
Elseif Option2.Value = True Then
```

```
f1 = 0.6
```

```
Elseif Option3.Value = True Then
```

```
f1 = 0.9
```

```
Elseif Option4.Value = True Then
```

```
f1 = 0.9
```

```
Elseif Option5.Value = True Then
```

```
f1 = 1
```

```
Elseif Option6.Value = True Then
```

```
f1 = Form13.Text1.Text
```

```
Elseif Option7.Value = True Then
```

```
f1 = 0.7
```

```
Elseif Option8.Value = True Then
```

```
f1 = 0.9
```

```
Elseif Option9.Value = True Then
```

```
f1 = 1  
End If
```

```
ektasi = Form13.Text2.Text  
Sc = Form13.Text3.Text  
Sr = Form13.Text4.Text
```

```
Form12.Label6.Visible = True  
Form12.Show  
Form13.Hide  
End Sub
```

#### **Form 14**

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
f = Form14.Text4.Text  
rd = Form14.Text5.Text
```

```
If Not ((crit = True) And (Form14.Option1.Value = True)) Then  
Form12.Label9.Visible = False  
End If
```

```
Form12.Label7.Visible = True  
Form12.Show  
Form14.Hide  
End Sub
```

#### **Form 15**

```
Private Sub Command1_Click()  
gc = Form15.Text1.Text  
ET = Form15.Text2.Text
```

```
f2 = 0.005 * gc + 0.5
```

```
Form12.Label8.Visible = True  
Form12.Show
```

```
Form15.Hide  
End Sub
```

## Form 16

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
    If Form16.Option1.Value = True Then  
        qstal = 1.5 / 1000  
        St = 0.2  
        stath = 30.4  
        S_100 = 0.3  
    ElseIf Form16.Option4.Value = True Then  
        qstal = 2 / 1000  
        St = 0.3  
        stath = 40  
        S_100 = 0.4  
    ElseIf Form16.Option7.Value = True Then  
        qstal = 4 / 1000  
        St = 0.6  
        stath = 80  
        S_100 = 0.8  
    ElseIf Form16.Option10.Value = True Then  
        qstal = 8 / 1000  
        St = 1  
        stath = 120  
        S_100 = 1.2  
    ElseIf Form16.Option13.Value = True Then  
        qstal = 12 / 1000  
        St = 1.3  
        stath = 160  
        S_100 = 1.5  
    End If
```

```
    FC = 14  
    PWP = 6  
    w = 1.5
```

```
Q_apet = Form16.Text1.Text
Form17.Text1.Text = Q_apet
Form18.Text1.Text = Q_apet
```

```
Form12.Label9.Visible = True
Form16.Hide
Form12.Show
```

```
End Sub
```

### **Form 17**

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
If Form17.Option2.Value = True Then
qstal = 1.5 / 1000
St = 0.5
stath = 70.4
S_100 = 0.7
Elseif Form17.Option5.Value = True Then
qstal = 2 / 1000
St = 0.7
stath = 80
S_100 = 0.8
Elseif Form17.Option8.Value = True Then
qstal = 4 / 1000
St = 1
stath = 120
S_100 = 1.2
Elseif Form17.Option11.Value = True Then
qstal = 8 / 1000
St = 1.3
stath = 160
S_100 = 1.5
Elseif Form17.Option14.Value = True Then
qstal = 12 / 1000
St = 1.6
stath = 200
```

S\_100 = 2

End If

FC = 27

PWP = 13

w = 1.35

Q\_apet = Form17.Text1.Text

Form16.Text1.Text = Q\_apet

Form18.Text1.Text = Q\_apet

Form12.Label9.Visible = True

Form17.Hide

Form12.Show

End Sub

### **Form 18**

Private Sub Command1\_Click()

If Form18.Option3.Value = True Then

qstal = 1.5 / 1000

St = 0.9

stath = 110.4

S\_100 = 1

Elseif Form18.Option6.Value = True Then

qstal = 2 / 1000

St = 1

stath = 120

S\_100 = 1

Elseif Form18.Option9.Value = True Then

qstal = 4 / 1000

St = 1.3

stath = 160

S\_100 = 1.5

Elseif Form18.Option12.Value = True Then

qstal = 8 / 1000

```
St = 1.7
stath = 200
S_100 = 2
Elseif Form18.Option15.Value = True Then
qstal = 12 / 1000
St = 2
stath = 240
S_100 = 2.5
End If
```

```
FC = 35
PWP = 17
w = 1.25
```

```
Q_apet = Form18.Text1.Text
Form17.Text1.Text = Q_apet
Form16.Text1.Text = Q_apet
```

```
Form12.Label9.Visible = True
Form18.Hide
Form12.Show
```

```
End Sub
```

## Βιβλιογραφικές αναφορές

Giles R. Fluid Mechanics and Hydraulics, ΕΣΠΙ, Αθήνα 1986

Swaffield J. και Bridge S. Applicability of Colebrook-White Formula to Represent Frictional Losses in Partially Filled Unsteady Pipeflow, Uxbridge (1983)

Αθανασιάδης Σ. Οδηγίες για την σύνταξη μελέτης αρδεύσεως με σταγόνες που σχετίζονται με υπόδειγμα μελέτης του ινστιτούτου εγγείων βελτιώσεων, Σίνδος 1980

Ευαγγελίδης Χ. Παρουσιάσεις μαθήματος ατομικών αρδευτικών δικτύων, Θεσσαλονίκη 2014

Θεοχάρης Μ. Αρδεύσεις, Άρτα 2013

Τζιμόπουλος Χ. Γεωργική υδραυλική: Τόμος 1 Εξατμισοδιαπνοή-Διηθητικότητα-Ατομικά δίκτυα, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1982.

Τζιμόπουλος Χ. Σημειώσεις, Θεσσαλονίκη 2005

Πηγές από το διαδίκτυο: [http://technoroi.com/products40\\_texnika.php](http://technoroi.com/products40_texnika.php)

[http://www.pipelife.gr/gr/media/Pipelife\\_price-list-part-1.pdf](http://www.pipelife.gr/gr/media/Pipelife_price-list-part-1.pdf)

Εικόνα εξωφύλλου: <http://driptips.toro.com/drip-irrigation-definitions/>