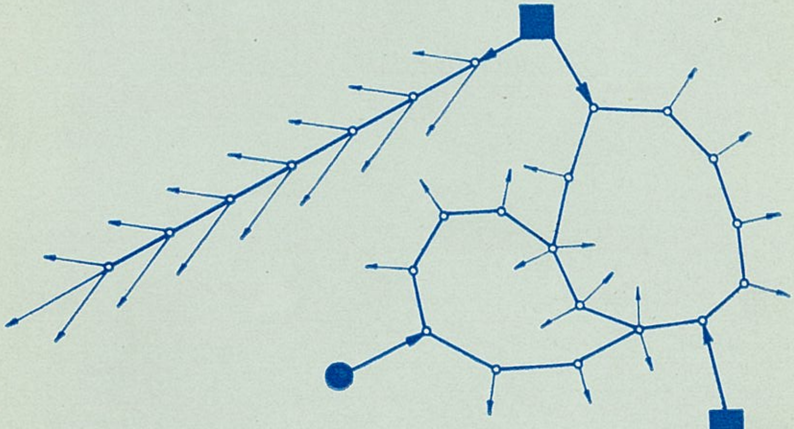
συμβολη στο σχεδιασμο των σωληνωτων υπο πιεση δικτυων

• ΑΚΤΙΝΩΤΑ ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΤΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΡΔΕΥΣΕΩΣ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

• ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΕΩΣ

ΛΑΖΑΡΟΥ Σ. ΛΑΖΑΡΙΔΗ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ



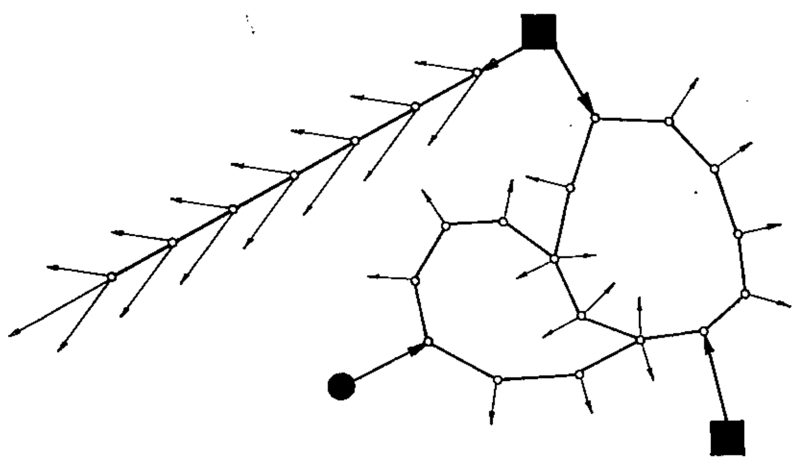
ΑΘΗΝΑ 1977

συμβολη στο σχεδιασμο των σωληνωτων υπο πιεση δικτυων

• ΑΚΤΙΝΩΤΑ ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΤΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΡΔΕΥΣΕΩΣ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

• ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΕΩΣ

ΛΑΖΑΡΟΥ Σ. ΛΑΖΑΡΙΔΗ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ



ΑΘΗΝΑ 1977

" 'Αφιερώνεται στή μνήμη τῶν γονιῶν μου "

I

Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ο Σ

῾Η λειτουργία τῶν ὑπό πίεση ἀρδευτικῶν δικτύων μέ ἐλεύθερη ζήτηση ἔχει πιθανοθεωρητικό χαρακτῆρα.

῎Ετσι οἱ ἀπώλειες φορτίου μέσα σέ τέτοια δίκτυα ἔχουν καί αὐτές πιθανοθεωρητικό χαρακτῆρα, ὥστε μποροῦμε νά χαρακτηρίσουμε μέ αὐτές σέ κάθε στάθμη πιθανότητας τήν ἀντίστοιχη ποιότητα λειτουργίας τοῦ κάθε στομίου ὑδροληψίας ἤ καί ὁλόκληρου τοῦ δικτύου.

Μέ αὐτό τόν τρόπο ἐπιτυγχάνεται ἕνας σωστός καί σαφής καθορισμός τῆς ποιότητας λειτουργίας τῶν ἀρδευτικῶν δικτύων μέ ἐλεύθερη ζήτηση. Τόν καθορισμό αὐτό τόν λάβαμε σάν βάση γιά νά μελετήσουμε μέ τήν βοήθεια τῆς θεωρίας τῶν πιθανοτήτων τήν κατανομή τῆς ἀπώλειας φορτίου κατά μῆκος μιᾶς ὁποιασδήποτε διαδρομῆς τῆς ροῆς τοῦ νεροῦ πού ὀνομάζεται "γραμμή μεταφορᾶς".

Στή συνέχεια μέ μιά κατάλληλη μαθηματική ἐπεξεργασία καί μέ τήν ἀποδοχή ὁρισμένων λογικῶν καί ἀνεκτῶν προσεγγίσεων, πού ἀνταποκρίνονται στόν τρόπο λειτουργίας, τήν μορφή καί τό πεδίο ἐφαρμογῆς ὁρισμένων χαρακτηριστικῶν μεγεθῶν σχεδιασμοῦ τῶν ἀρδευτικῶν δικτύων, καταλήξαμε σέ πολύ ἁπλᾶ συμπεράσματα τά ὁποῖα ἐπαληθεύσαμε σέ κάθε περίπτωση, τόσο μέ τή μέθοδο τῆς ἐξομειώσεως, ὅσο καί μέ ἀριθμητικά παραδείγματα.

Σύμφωνα μέ τά συμπεράσματα αὐτά εἶναι δυνατός ὁ καθορισμός σέ κάθε θέση τοῦ δικτύου ἑνός μεγέθους μέ διαστάσεις παροχῆς πού τό ὀνομάσαμε "ἰδεατή παροχή" σχεδιασμοῦ. Τήν " ἰδεατή " αὐτή παροχή τήν ὑπολογίζουμε σέ συνάρτηση μέ τήν ἐπιθυμητή ποιότητα λειτουργίας τοῦ δικτύου καί τήν ἐφαρμόζουμε σέ ὅλες τίς θέσεις του, ὁπότε προκύπτει ἡ ἀντίστοιχη ἀπώλεια φορτίου πού ἀντιστοιχεῖ ὅμως στήν ἴδια ποιότητα λειτουργίας.

῾Η παροῦσα ἐργασία χωρίστηκε σέ τρία μέρη πού χαρακτηρίζονται σάν Α, Β καί Γ μέρος. Στό Α΄ μέρος περιλαμβάνεται ἡ ἔρευνα τῶν ἀκτινωτῶν δικτύων ἀρδεύσεως πού λειτουργοῦν μέ ἐλεύθερη ζήτηση, ἡ ὁποία εἶναι καί ἡ βασική ἐργασία στήν ὅλη προσπάθεια πού ἔγινε γιά τόν σχεδιασμό τέτοιων δικτύων. ῎Ετσι στό μέρος Α΄ γιά τόν ὑπολογισμό τῆς "ἰδεατῆς" παροχῆς δίνουμε μιά σχέση πάρα πολύ άπλῆ, ὅταν αὐτή τροφοδοτεῖ πάνω ἀπό δέκα στόμια ὑδροληψίας, ἐνῶ γιά κάτω ἀπό δέκα στόμια ὁ ὑπολογισμός γίνεται πάλι πάρα πολύ ἁπλᾶ μέ τή χρήση ἑνός πίνακα.

'Εκτός ὅμως ἀπό τόν προτεινόμενο σωστό καί ἁπλό τρόπο σχεδιασμοῦ τῶν ὑπό πίεση ἀρδευτικῶν σωληνωτῶν δικτύων , πού λειτουργοῦν μέ ἐλεύθερη ζήτηση, προκύπτει ἀπό τό Α.΄μέρος τῆς παρούσας ἐργασίας ὅτι ἐπιτυγχάνεται καί μιά σημαντική οἰκο - νομία στίς δαπάνες κατασκευῆς τους, σέ σύγκριση μέ ἀντίστοιχες δαπάνες πού ἀπαιτοῦνται σήμερα γιά τήν κατασκευή τέτοιων δικτύων στή χώρα μας.

Μέσα στό Α.΄ μέρος τῆς ἐργασίας γιά καλλίτερη σύνδεση τοῦ ἀναγνώστη μέ ὡρισμένα συναφῆ θέματα ὅπως π.χ. γραμμικῶν ἀπωλειῶν,μεθόδων βελτιστοποιήσεως καί ταχυτήτων σχεδιασμοῦ γίνεται μιά ἁπλῆ ἐπιγραμματική ἀναφορά σαυτά ἁπλῶς καί μόνο γιά μιά χρήσιμη ὑπενθύμισή τους.

Στό Β.΄ μέρος ἐρευνᾶται τό θέμα τῶν κλειστῶν κυκλοφοριακῶν ἀρδευτικῶν δικτύων πού λειτουργοῦν μέ ἐλεύθερη ζήτηση. 'Η ἔρευνα βασίζεται στά συμπεράσματα τοῦ Α.΄ μέρους καί τά ἀποτελέσματα εἶναι πολύ ἁπλᾶ καί ἐνδιαφέροντα. Καθορίζονται πάντως καί στά κλειστά (βροχωτά) ὑπό πίεση ἀρδευτικά δίκτυα καί πάλι κατάλληλες "ἰδεατές παροχές" σχεδιασμοῦ. Μέ τίς παροχές αὐτές τό πρόβλημα γίνεται αἰτιοκρατικό καί μπορεῖ νά ἀποφεύγονται κάθε φορά οἱ ἐξομοιώσεις γιά τήν ἐπίλυση τέτοιων βροχωτῶν δικτύων.

Τέλος στό Γ.΄ μέρος ἐξετάζεται ἡ δυνατότητα ἐφαρμογῆς τῶν συμπερασμάτων τοῦ Α.΄ καί Β.΄ μέρους στά ἐσωτερικά δίκτυα ὑδρεύσεως. Βέβαια στό μέρος αὐτό ἐπισημαίνεται ἡ δυσχέρεια ἐφαρμογῆς "ἰδεατῶν παροχῶν" στά ἐσωτερικά δίκτυα διανομῆς ὕδατος ὑδρεύσεως,ἡ ὁποία προέρχεται ἀπό τήν ἀσάφεια στόν τρόπο λειτουργίαςτους. Τελικά ἐφόσον δέν ὑπάρχει μέχρι τώρα ἄλλος τρόπος ὑπολογισμοῦ ὑποδεικνύονται καί πάλι κατάλληλες τιμές ἰδεατῶν παροχῶν μέ τίς ὁποῖες εἶναι δυνατό νά ὑπολογίζονται οἱ ἀντίστοιχες ἀπώλειες φορτίου πού κατά πᾶσα πιθανότητα προσεγγίζουν περισσότερο πρός τίς πραγματικές. Οἱ ἰδεατές αὐτές παροχές ὑπολογίζονται ἔμμεσα μέ τόν ὑπολογισμό τοῦ συντελεστοῦ ὡριαίας αἰχμῆς κατά τήν ἡμέρα τῆς μέγιστης καταναλώσεως.

Μετά τό Γ.΄ μέρος παρατίθεται ἕνας πίνακας βασικῶν συμβόλων πού ἀναφέρονται καί στά τρία μέρη τῆς ἐργασίας.

./..

Πιστεύουμε, ὅτι ἡ ὅλη ἐργασία ἡ ὁποία κατά βάση εἶναι μιά ἐρευνητική προσπάθεια καί καλύπτει τό μεγαλύτερο μέρος τῶν ὑπό πίεση σωληνωτῶν δικτύων πού παρουσιάζονται στίς ἐφαρμογές γιά ἄρδευση καί ὕδρευση, θά ἀποβεῖ μιά θετική συμβολή στό θέμα τοῦ σωστοῦ σχεδιασμοῦ τους καί θά ὑποβοηθήσει σημαντικά τούς συναδέλφους μελετητές πού ἀσχολοῦνται μέ τήν σχεδίαση τέτοιων ἔργων ἀφοῦ μάλιστα τά συμπεράσματα εἶναι πάρα πολύ ἁπλᾶ καί εὔκολα ἐφαρμόσιμα.

Τέλος στόν Καθηγητή τοῦ Ε.Μ.Π. κ. Θ. Ξανθόπουλο εἴμαστε ὑποχρεωμένοι νά ἐκφράσουμε τίς θερμές εὐχαριστίες μας πού εἶχε τήν καλωσύνη νά δεῖ σέ γενικές γραμμές τό Α΄ Μέρος τῆς ἐργασίας καί νά ἐνθαρρύνει τήν δημοσίευσή της.

'Αθήνα, 1977

Λάζαρος Σ. Λαζαρίδης

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

Σελ.

Μ Ε Ρ Ο Σ Α:

ΑΚΤΙΝΩΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΡΔΕΥΣΕΩΣ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά- Προϋπάρχουσες ἐργασίες

Ὁ μηχανικός πού μελετᾶ ἀκτινωτά σωληνωτά ὑπό πίεση δίκτυα ἀρδεύσεως, τά ὁποῖα λειτουργοῦν μέ ἐλεύθερη ζήτηση, εἶναι ὑποχρεωμένος πρίν ἀκόμα καθορίσει ἕνα κατάλληλο συνδυασμό διαμέτρων μέ κάποια ὑπολογιστική διαδικασία, συνήθως ἕνα ἀλγόριθμο βελτιστοποιήσεως, νά προβεῖ πρῶτα:

ι) Στή χάραξη τοῦ δικτύου σέ ὁριζοντιογραφία καί μηκοτομή.

ιι) Στόν καθορισμό περιορισμῶν σέ ὅτι ἀφορᾶ τόσο τίς ἐλάχιστες τιμές πιεζομετρικοῦ φορτίου στίς διάφορες θέσεις τοῦ δικτύου, ὅσο καί στά ὅρια διακυμάνσεων τῶν ταχυτήτων σχεδιασμοῦ.

ιιι) Στόν καθορισμό τῶν κατά τμήματα παροχῶν σχεδιασμοῦ τοῦ δικτύου.

ιυ) Στόν καθορισμό τοῦ κόστους τῶν σωλήνων σέ συνάρτηση μέ τό χρησιμοποιούμενο ὑλικό καί τήν διάμετρό τους.

Ἀφοῦ λοιπόν καθοριστεῖ ἡ χάραξη τοῦ δικτύου, τά ἀπαιτούμενα ἐλάχιστα διαθέσιμα φορτία στίς διάφορες θέσεις τους καί τό κόστος τῶν σωλήνων σέ συνάρτηση μέ τό ὑλικό τους καί τήν διάμετρό τους, θέματα πού ξεφεύγουν ἀπό τά πλαίσια τῆς παρούσας ἐργασίας, παραμένει τό πρόβλημα τοῦ καθορισμοῦ τῶν παροχῶν σχεδιασμοῦ τοῦ δικτύου σέ συνδυασμό βέβαια μέ τίς ὁριακές τιμές τῶν ταχυτήτων ροῆς στά διάφορα τμήματά του.

Τό πρόβλημα αὐτό εἶναι σοβαρό γιατί ἡ ὑπερεκτίμηση τῶν διαφόρων ὑδραυλικῶν χαρακτηριστικῶν μεγεθῶν πού ἀποτελοῦν τή βάση τοῦ σχεδιασμοῦ, μειώνει τήν ἀξία ὁποιασδήποτε, ἔστω καί ἀκριβοῦς μεθόδου βελτιστοποιήσεως, ὁπότε ὁ ὑπερσχεδιασμός τοῦ ἔργου εἶναι ἀναπόφευκτος. Γιά νά καθοριστεῖ ἡ παροχή πού ζητιέται σέ μιά θέση θά πρέπει, ὅπως εἶναι γνωστό, νά ὁριστεῖ στήν ἀρχή μιά μέση παροχή q πού εἶναι ἀπαραίτητη γιά τήν ἐξυπηρέτηση τοῦ κάθε ἀγροτεμαχίου κατά τήν κρίσιμη ἡμέρα τῆς ἀρδευτικῆς περιόδου. Ἐπίσης καθορίζεται καί ἡ παροχή q_o τῶν στομίων ὑδροληψίας στά δίκτυα ὑπό πίεση καί ὁ λόγος $B = \frac{q_o}{q}$, πού καλεῖται βαθμός ἐλευθερίας τοῦ δικτύου ἀπό τόν γεωργό.

Τό θέμα ὅμως αὐτό τοῦ καθορισμοῦ τῶν μεγεθῶν q, q_o καί B, δέν ἀποτελεῖ ἀντικείμενο τῆς παρούσας ἐργασίας ἀλλά ἰδιαίτερης λεπτομεροῦς μελέτης τῶν γεωργοτεχνικῶν κλπ.συνθηκῶν μιᾶς ὑπό ἄρδευση περιοχῆς, γι'αὐτό στήν παροῦσα τά μεγέθη αὐτά θεωροῦνται καθορισμένα.

Γιά νά ἐξασφαλιστεῖ ἔτσι πλήρως, κατά 100%, ἡ λειτουργία ἑνός δικτύου εἶναι γνωστό ὅτι ὁ σχεδιασμός του θά πρέπει νά γίνει μέ βάση ἐκεῖνο τό πιθανό σχῆμα ζητήσεως κατά τό ὁποῖο ὅλα τά στόμια τῶν ὑδροληψιῶν θά εἶναι ἀνοιχτά. Στήν περίπτωση ὅμως αὐτή προκύπτει ἕνα δίκτυο δαπανηρό, ἐνῶ μέ τήν παραδοχή (1,3) ὅτι τό δίκτυο δέν εἶναι ἱκανό σ'ἕνα μικρό ποσοστό ζητήσεων νά ἀνταποκριθεῖ στήν ἐξυπηρέτηση ὅλων τῶν στομίων ὑδροληψίας, προκύπτει ἕνα ρεαλιστικό καί λογικό σχῆμα δικτύου τό ὁποῖο ἐνῶ εἶναι οἰκονομικότερο εἶναι καί ἀρκετά ἱκανό νά ἐξυπηρετήσει τίς ἀνάγκες τῶν ἀγροτῶν.

Ἔτσι μέ κάποια πιθανότητα p_λ, πλησίον τῆς μονάδος, ὅπως ἀπό R συνολικά στόμια ὑδροληψίας πού ἐξυπηρετοῦνται ἀπό μία θέση τοῦ δικτύου, λειτουργοῦν τό πολύ τά N στόμια ($N<R$) προκύπτει μέγιστη παροχή στή θεωρούμενη θέση ἴση πρός $N.q_o$, ἀρκετά μικρότερη ὅμως ἀπό τήν $R.q_o$. Ἐπομένως ἔχει εἰσαχθεῖ ἡ ἔννοια τῆς ποιότητας λειτουργίας φ πού συμπίπτει μέ τήν πιό πάνω πιθανότητα p_λ.

Μέ αὐτό τόν τρόπο μέχρι σήμερα ἔχουν ἀναζητηθεῖ, μέ ὑδραυλικό κριτήριο τήν ζητούμενη παροχή, οἱ συναρτήσεις κατανομῆς της γιά νά περιγραφεῖ ἡ λειτουργία ἑνός δικτύου.

Στά ἀρδευτικά δίκτυα ἡ πιθανότης p λειτουργίας ἑνός στομίου θεωρεῖται σταθερή κατά τήν διάρκεια τῆς κρίσιμης ἀρδευτικῆς ἡμέρας, ὁπότε ἡ ζητούμενη παροχή Q σέ μιά θέση τοῦ δικτύου ἀκολουθεῖ διωνυμική κατανομή (bernouilli) ἤ μέ ἄλλα λόγια ἡ πιθανότης φ νά ζητεῖται παροχή $Q \leq N.q_o$ θά εἶναι:

$$\varphi=\Sigma_o^N \cdot \binom{R}{N} P^N (1-P)^{R-N} \tag{1}$$

ὅπου φ = ἡ πιθανότης νά ζητεῖται παροχή $Q \leq R.q_o$

N = μέγιστο πλῆθος ἀνοικτῶν στομίων ὑδροληψιῶν γιά στάθμη πιθανότητας $\varphi(N \leq R)$

R = Συνολικό πλῆθος στομίων ὑδροληψίας τοῦ δικτύου πού ἐξυπηρετεῖται ἀπό τήν ἐξεταζόμενη θέση

$P = \frac{1}{B}$ =πιθανότητα λειτουργίας κάθε στομίου (σταθερή)

Ἡ προσέγγιση τῆς διωνυμικῆς κατανομῆς ὅπως εἶναι γνωστό πραγματοποιεῖται ἱκανοποιητικά μέ κατανομές πιό εὔχρηστες ὅπως ἡ κατανομή Poisson. Ἤδη ἔχουν χρησιμοποιηθεῖ τέτοιες κατανομές γιά τήν μελέτη καί ὑπολογισμό τῶν παροχῶν σχεδιασμοῦ τόσο σέ δίκτυα ὑδρεύσεως |12| ὅσο καί σέ ἀρδευτικά δίκτυα.

Ὁ R.Clement (3) τό ἔτος 1955 χρησιμοποίησε τήν κανονική κατανομή γιά νά ὑπολογίσει τίς παροχές σέ ἀρδευτικά δίκτυα καί δέχτηκε ὅτι γιά τίς ἐφαρμοζόμενες τιμές τῆς πιθανότητας P καί γιά πλῆθος στομίων μεγαλύτερο ἀπό 10÷12 ἡ παροχή ἀκολουθεῖ τήν κανονική κατανομή καί ἑπομένως:

$$Q = \mu + \varepsilon . \sigma \tag{2}$$

ὅπου : μ = μέση τιμή τῆς παροχῆς = $R.P.q_o$

σ = τυπική ἀπόκλιση τῆς παροχῆς = $R.P(1-P)^{1/2}.q_o$

ε = τυποποιημένη τυχαία μεταβλητή τῆς κανονικῆς κατανομῆς (μ=0,σ=1)

Οἱ τιμές τῶν μ καί σ γιά στόμια πού ἀνήκουν σέ m ὁμάδες καί ἡ ὁμάδα i χαρακτηρίζεται ἀπό τά μεγέθη n_i, P_i, q_{oi} , θά εἶναι:

$$\mu = \Sigma_{i=1}^{i=m} (R_i . P_i q_{oi}) \tag{3}$$

$$\sigma = \left[\Sigma_{i=1}^{i=m} R_i P_i (1-P_i) . q_{oi}^2 \right]^{1/2} \tag{4}$$

Ὁ R. Clement τό 1966 παρουσίασε τόν δεύτερο τύπο ζητήσεως (4) σέ δεύτερη ἐργασία του ὅπου ἐξέτασε τήν λειτουργία τοῦ δικτύου σάν μιά στοχαστική ἀνέλιξη γεννήσεως καί θανάτου. Γιά τήν παραδοχή αὐτή ἔχουν ἐκφραστεῖ διάφορες ἀπόψεις καί κυρίως κατά πόσο ἡ ἐφαρμογή ἑνός τέτοιου στοχαστικοῦ μοντέλου ἀνταποκρίνεται στή φύση καί τόν τρόπο ἱκανοποιήσεως τῶν ἀρδευτικῶν ἀναγκῶν. Τελικά, ὅπως εἶναι γνωστό, ὁ πρῶτος τύπος (2) ἐφαρμόζεται γιά τόν προσδιορισμό τῆς παροχῆς καί φαίνεται ὅτι δέν ἀποτελεῖ λιγότερη βάσιμη παραδοχή γιά τόν τρόπο λειτουργίας τοῦ δικτύου . Οἱ παροχές πού προκύπτουν ἀπό τήν πιό πάνω σχέση (2), δίνουν βέβαια μιά σωστή πληροφορία σέ ὅτι ἀφορᾶ τήν μέγιστη παροχή πού ζητεῖται σέ κάθε θέση τοῦ δικτύου,ἀλλά δέν μποροῦν νά ἐφαρμοστοῦν ταὐτόχρονα σέ ὅλο τό δίκτυο καί νά θεωρηθοῦν παροχές σχεδιασμοῦ. Στό θέμα αὐτό ἔχουν γίνει μέχρι σήμερα ὁρισμένες ἐμπειρικές παραδοχές καί προσπάθειες γιά τήν κατανομή τῆς maxQ πού ζητεῖται στήν κεφαλή τοῦ δικτύου γιά μιά στάθμη πιθανότητας (ἤ ποιότητας λειτουργίας) φ,χωρίς τελικά τό πρόβλημα νά ἔχει λυθεῖ ὁριστικά.

Ἔτσι ὁ R.Clement πρότεινε τήν κατανομή τῆς maxQ στίς ὑδραυλικά δυσμενέστερες ὑδροληψίες τοῦ δικτύου. Στήν περίπτωση αὐτή εἶναι φανερό ὅτι προκύπτει πολύ μεγαλύτερη ποιότητα λειτουργίας τοῦ δικτύου ἀπό ἐκείνη πού ἐπιζητοῦμε καί ἑπομένως ὑπερσχεδιασμός τοῦ ἔργου.

Μία ἄλλη μέθοδος συνίσταται στήν ἐφαρμογή τῆς σχέσεως (2) σ'ὅλα τά τμήματα τοῦ δικτύου. Μέ τή μέθοδο αὐτή τά ἀποκτώμενα οἰκονομικά ἀποτελέσματα εἶναι εὐνοϊκότερα καί ἡ ποιότητα λειτουργίας θά εἶναι πλησίον τῆς ἐπιθυμητῆς σ'ὅλο τό δίκτυο (8). Βέβαια ἡ μέθοδος αὐτή προτάθηκε ἐμπειρικά καί δέν ἔχει θεωρητική βάση, ἀλλά μέ τήν παροῦσα ἐργασία ἀποδεικνύεται ὅτι οἱ παροχές πού δίνει ἡ σχέση (2) γιά ὅλα τά τμήματα τοῦ δικτύου εἶναι πάρα πολύ κοντά στίς προτεινόμενες "ἰδεατές παροχές"σχεδιασμοῦ ὅπως θά δοῦμε πιό κάτω.

Τά ὑπό πίεση ἀρδευτικά δίκτυα στή χώρα μας ὑπολογίζονται μέ παροχές πού καθορίζονται ἀπό σχετικές ὁδηγίες |18 | τοῦ Ὑπουργείου Δημοσίων Ἔργων. Οἱ παροχές αὐτές δεσμεύονται ὅμως σέ ὁρισμένες θέσεις ἀπό τή σχέση (2) καί ἐπίσης ὑποτίθεται(8) ὅτι ἡ ποιότητα λειτουργίας τοῦ ἀγωγοῦ πού τροφοδοτεῖ τούς διάφορους κλάδους μειώνεται ὅσο αὐξάνεται ὁ ἀριθμός τῶν κλάδων .

Έτσι, όσο προχωρούμε πρός τήν κεφαλή θεωρεῖται ὅτι ἡ ποιότητα λειτουργίας μειώνεται καί ἐπομένως θά πρέπει γιά τήν περίπτωση 20 ἐφαρμογῶν τῆς σχέσεως (2), νά ὑπολογίζουμε μέ φ=0,99 ἤ γιά περισσότερες καί μέχρι 40 ἐφαρμογές τῆς (2) νά ὑπολογίζουμε μέ φ=0,999, ὁπότε ὑποτίθεται ὅτι ἐξασφαλίζουμε στήν κεφαλή ποιότητα φ=0,90. Μάλιστα οἱ σχετικές ὁδηγίες καθορίζουν ὅτι σέ ἀγωγούς τελευταίας τάξεως εἶναι ὑποχρεωτική ἡ ὑπόθεση τῆς λειτουργίας δώδεκα (12) στομίων τοὐλάχιστον γιά πλῆθος $R \geq 12$ ἐνῶ γιά $R' \leq 12$ στόμια λαμβάνεται N=R.

Εἶναι φανερό |19| πλέον, ὅτι μέ τόν παραπάνω καθορισμό, ὄχι μόνο μείωση τῆς ποιότητας λειτουργίας δέν ἐπέρχεται, ἀλλά τοὐναντίον αὔξηση αὐτῆς. Πράγματι, ὁ συνδυασμός τῶν maxQ τῶν κλάδων ἔχει πιθανότητα πραγματοποιήσεως πολύ μικρότερη τῆς (1-φ) γιατί οἱ maxQ εἶναι ἀνεξάρτητα ἐνδεχόμενα.

Τελικά ἀπό ὅλες τίς παραδοχές προκύπτει ἕνας σοβαρός ὑπερσχεδιασμός σέ παροχές, πού ἔχει φανερά ἀντίκτυπο καί στήν οἰκονομία τοῦ ἔργου, τό ὁποῖο βέβαια τελικά ὑπολογίζεται μέ πραγματική ποιότητα λειτουργίας πού εἶναι μεγαλύτερη ἀπό 0,99.

Τελευταῖα ἔχει δημοσιευτεῖ μία ἐργασία τοῦ Δ.Χριστούλα|19| στήν ὁποία σάν χαρακτηριστικό μέγεθος λαμβάνεται ὄχι ἡ ζητούμενη παροχή, ἀλλά οἱ ἀπώλειες φορτίου μεταξύ τῆς δεξαμενῆς ἤ τοῦ ἀντλιοστασίου καί τῶν στομίων. Ἡ ἀπώλεια φορτίου ἐξετάζεται σάν τυχαία μεταβλητή καί μελετιέται ἡ κατανομή της ὥστε νά προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα.

Ἐπίσης τίθεται τό θέμα τοῦ καθορισμοῦ τῆς ποιότητας λειτουργίας σέ διαφορετική βάση πού πρέπει νά θεωρηθεῖ ὅμως, ὅτι εἶναι ἡ σωστή. Καθορίζεται ἔτσι σάν ποιότητα λειτουργίας φ τοῦ κάθε ἐξυπηρετούμενου στομίου ἐκείνη γιά τήν ὁποία τό ὑψόμετρο τῆς πιεζομετρικῆς γραμμῆς ἀμέσως ἀνάντη τοῦ στομίου παραμένει γιά τήν στάθμη πιθανότητας φ , μεγαλύτερο ἤ ἴσο πρός τό ἀπαιτούμενο.

Βέβαια στό τέλος καθορίζονται οἱ σχέσεις οἱ ὁποῖες συνδέουν τήν ὁλική ἀπώλεια φορτίου μέ τίς ἄγνωστες διαμέτρους πού ἀποτελοῦν καί τίς μεταβλητές τοῦ συστήματος πού προκύπτει γιά ὅλες τίς γραμμές μεταφορᾶς (ὅπου γραμμή μεταφορᾶς ὀνομάζεται μιά γραμμή πού συνδέει ἕνα σημεῖο τροφοδοσίας τοῦ κεντρικοῦ ἀγωγοῦ μέ ἕνα ἀπώτατο σημεῖο ὑδροληψίας).

Οἱ ἰσοτικές αὐτές σχέσεις θά μποροῦσαν μέ τούς ἀνισοτικούς περιορισμούς πού ἐπιβάλλονται ἀπό τίς ὁριακές ταχύτητες, νά ἐπιλύσουν τό πρόβλημα ἑνός βέλτιστου συνδυασμοῦ διαμέτρων, σέ συνδυασμό μέ τήν διατήρηση τῆς ἐπιθυμητῆς ποιότητας λειτουργίας, ἀποφεύγοντας τούς ὑπερσχεδιασμούς πού προκύπτουν ἀπό τίς ἀκολουθούμενες μέχρι σήμερα μεθοδολογίες.

Οἱ προκύπτουσες ὅμως σχέσεις στήν πιό πάνω ἐργασία 19 εἶναι δύσχρηστες καί δέν παρέχουν ἄμεσες πληροφορίες, γιά νά μπορεῖ νά ἐφαρμοστεῖ κάποια γνωστή μέθοδος βελτιστοποιήσεως. Ἐπίσης γιά τήν ἐξαγωγή τους θεωρήθηκε ὅτι οἱ γραμμικές ἀπώλειες σέ σωλῆνες προκύπτουν ἀπό τόν τύπο τοῦ Manning, πρᾶγμα πού δυσχεραίνει τήν χρήση καί ἄλλων ἐμπειρικῶν ἤ ἡμιεμπειρικῶν σχέσεων πού συνήθως ἐφαρμόζονται γιά τίς γραμμικές ἀπώλειες. Τελικά προτείνεται στήν πιό πάνω ἐργασία, μέχρι νά εὑρεθεῖ κάποιος ἀλγόριθμος γιά τήν ἐπίλυση τοῦ προβλήματος,ἕνας τρόπος ἐμπειρικοῦ καθορισμοῦ τῆς παροχῆς σέ κάθε θέση τοῦ δικτύου.

Σύμφωνα μ'αὐτό τόν τρόπο ἡ μέση παροχή τοῦ κάθε τμήματος πολλαπλασιάζεται μέ τόν συντελεστή $\frac{\max Q}{\bar{Q}}$, ὅπου maxQ = μέγιστη παροχή στή κεφαλή τοῦ δικτύου καί $\bar{Q}$ =μ=μέση παροχή στήν κεφαλή.

Μετά τήν βελτιστοποίηση τοῦ δικτύου θά προκύψει ἕνα δί - κτυο μέ ποιότητα λειτουργίας μικρότερη ἀπό τήν ἐπιθυμητή. Πάντως μέ ἕνα συγκεκριμένο παράδειγμα στήν πιό πάνω ἐργασία [19] προέκυψε ὅτι ἡ ὑποτίμηση τῶν ἀπωλειῶν ἀνῆλθε σέ ποσοστά πού ποικίλλουν ἀπό 10,6% ἕως 16,4% σέ σύγκριση μέ τίς πραγματικές. Ἡ μείωση αὐτή στόν ἀρχικό καθορισμό τῶν παροχῶν εἶναι ἀναπόφευκτη, γιατί ὁ λόγος $\frac{\max Q}{\mu} = \frac{\mu+\varepsilon.\sigma}{\mu} = (1+\varepsilon.C_\nu)$, ὅπου C_ν = συντελεστής μεταβολῆς στή θέση παρά τήν κεφαλή, δίνει ἕνα συντελεστή $(1+\varepsilon.C_\nu)$ πού εἶναι μικρότερος ἀπό κάθε ἀντίστοιχο συντελεστή σέ ἄλλες θέσεις κατάντη τῆς κεφαλῆς.

Στή συνέχεια βέβαια προτείνεται ἐμπειρικά ἡ διόρθωση τοῦ ὑψομέτρου κεφαλῆς καί μερικῶν διαμέτρων ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως ὥστε νά ἐπιτευχτεῖ μεγαλύτερη προσέγγιση.

Πάντως πρέπει νά ἀναφερθεῖ σχετικά μέ τό κριτήριο τῆς ἀπώλειας φορτίου σάν στοιχείου καθορισμοῦ τῆς ποιότητας λειτουργίας, ὅτι ἔχει ἐφαρμοστεῖ ἀπό χρόνια σέ κλειστά κυκλοφοριακά δίκτυα ἀρδεύσεως ἀπό ὡρισμένα μελετητικά γραφεῖα σέ μελέτες ἀρδευτικῶν δικτύων.

1.2. Ἀπόψεις γιά τή λήψη τῆς ἀπώλειας φορτίου σάν κριτηρίου σχεδιασμοῦ- Σκοπός καί ἀντικείμενο τῆς παρούσας ἐργασίας

Στήν προηγούμενη παράγραφο ἀναφέρθηκε ποιός εἶναι ὁ σωστός τρόπος καθορισμοῦ τῆς ποιότητας λειτουργίας καί ὅτι ὁ μόνος σωστός τρόπος νά τήν ἐξασφαλίσουμε εἶναι νά μελετήσουμε τήν κατανομή τῆς ἀπώλειας φορτίου [19], παίρνοντας τήν ἀπώ - λεια σάν κριτήριο σχεδιασμοῦ. Πράγματι τό κριτήριο αὐτό θεωρεῖται ἀπόλυτα ὀρθό γιά τόν σχεδιασμό τοῦ ἔργου, γιατί καθορίζεται ἔτσι ἡ ἱκανοποιητική ἤ ὄχι λειτουργία τοῦ δικτύου μέ τό γεγονός ἄν τά διαθέσιμα φορτία ὑπερβαίνουν ἤ δέν ὑπερβαίνουν κάποια ἐπιθυμητή τιμή στίς διάφορες ἐξεταζόμενες θέσεις τους καί φυσικά πάντοτε σέ συνάρτηση μέ μιά ἐπιθυμητή στάθμη πιθανότητας φ. Εἰδικότερα γιά τό θέμα τῆς πιθανοθεωρητικῆς ἐξετάσεως τῆς ὀλικῆς ἀπώλειας φορτίου κατά μῆκος μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς (δηλαδή μιᾶς γραμμῆς ἀπό τό σημεῖο τροφοδοτήσεως μέχρι ἑνός ἀπώτατου σημείου ὑδροληψίας) πού ἐξυπηρετεῖ ἕνα ὁρισμένο ἐνδιάμεσο πλῆθος ὑδροληψιῶν, παρατηροῦμε τά ἑξῆς σχετικά γιά τήν ἀξία τῆς γνώσεως τῆς κατανομῆς τῆς ἀπώλειας φορτίου.

Γιά κάθε συνδυασμό πού χαρακτηρίζεται ἀπό ἕνα πλῆθος ἀνοιχτῶν ὑδροληψιῶν καί ἀπό μιά ὁρισμένη διάταξη αὐτῶν μέσα στό δίκτυο, προκύπτει μιά τιμή ὀλικῆς ἀπώλειας φορτίου κατά μῆκος μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς. Ἡ τιμή αὐτή τῆς ὀλικῆς ἀπώλειας φορτίου εἶναι ἕνα "γεγονός" ἑνός δειγματικοῦ χώρου πού περιλαμβάνει ὅλα τά "γεγονότα" τά ὁποῖα ἐκφράζουν ὅλες τίς ἐνδεχόμενες νά πραγματοποιηθοῦν τιμές τῆς ὀλικῆς ἀπώλειας φορτίου οἱ ὁποῖες προκύπτουν γιά τούς διάφορους δυνατούς συνδυασμούς τῶν ἀνοιχτῶν ὑδροληψιῶν (ἀνάλογα μέ τό πλῆθος καί τήν διάταξη αὐτῶν μέσα στό δίκτυο πού τροφοδοτεῖται ἀπό τήν θεωρούμενη γραμμή μεταφορᾶς). Ἑπομένως θά ἦταν ἀπόλυτα ἐνδιαφέρον νά διαπιστωθεῖ ἡ πιθανότητα ἐμφανίσεως κάθε "γεγονότος" ἤ κατά συνέπεια ἡ κατανομή τῆς ἀπώλειας φορτίου, γιατί ἔτσι θά προέκυπτε ἕνα σαφές συμπέρασμα γιά τόν τρόπο λειτουργίας τοῦ δικτύου.

Κατ᾽αὐτό τόν τρόπο θά μπορούσαμε νά γνωρίζουμε μέ ποιά πιθανότητα ἐμφανίσεως πραγματοποιεῖται μιά τιμή ἀπώλειας φορτίου καί ἑπομένως γιά μιά ἐπιθυμητή ποιότητα λειτουργίας ποιά θά εἶναι ἡ μέγιστη τιμή ἀπώλειας φορτίου σέ μιά ἐξεταζόμενη γραμμή μεταφορᾶς.

Ἔτσι προκύπτει ὅτι ἡ κατανομή τῆς ὁλικῆς ἀπώλειας φορτίου κατά μῆκος μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς πού ἐκφράζει ἀντίστοιχα καί τήν κατανομή τοῦ πιεζομετρικοῦ φορτίου στήν κεφαλή τῆς γραμμῆς (θέση τροφοδοτήσεως), δέν συμπίπτει μέ τήν κατανομή τῆς παροχῆς πού ζητεῖται ἀπό τό δίκτυο τό ὁποῖο τροφοδοτεῖται ἀπό τήν γραμμή μεταφορᾶς. Πράγματι σέ μιά ἐξεταζόμενη θέθέση ἡ τιμή τῆς ἀπώλειας φορτίου πού ἀντιστοιχεῖ σέ μιά τιμή τῆς παροχῆς, ἡ ὁποία προκύπτει ἀπό δυσμενῆ διάταξη τῶν ἀνοιχτῶν ὑδροληψιῶν μέσα στό δίκτυο, εἶναι δυνατό νά εἶναι μεγαλύτερη ἀπό μιά ἄλλη τιμή τῆς ἀπώλειας ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ σέ μεγαλύτερη παροχή, ἀλλά προκύπτει ἀπό εὐμενέστερη διάταξη τῶν ἀνοιχτῶν ὑδροληψιῶν.

Μέ τήν παραδοχή ὅτι ἡ κατανομή τῆς ἀπώλειας φορτίου ἀποτελεῖ τό ὀρθό κριτήριο σχεδιασμοῦ, ἐκπονήθηκε ἡ παροῦσα ἐργασία μέ σκοπό νά καθορίσει κατά τρόπο γενικό καί ὁριστικό τά χαρακτηριστικά μεγέθη σχεδιασμοῦ ἑνός δικτύου καί νά δώσει ἐπίσης ἕνα ἁπλό καί γρήγορο τρόπο πού νά διευκολύνει τήν παραπέρα διαδικασία ὑπολογισμοῦ τῶν διαμέτρων τῆς βέλτιστης λύσεως.

Ἔτσι:

α) Ἐξετάζεται ἡ κατανομή τῆς ἀπώλειας φορτίου καί οἱ παράμετροι αὐτῆς ἀλλά κατά τρόπο γενικό, ὥστε νά εἶναι δυνατή ἡ ἐφαρμογή τῶν ἐξισώσεων πού προκύπτουν, γιά ὁποιεσδήποτε συνηθισμένες χρησιμοποιούμενες σχέσεις γραμμικῶν ἀπωλειῶν. Ἐπίσης καθορίζονται ποσοστιαία οἱ ἀποκλίσεις πού προέρχονται ἀπό τήν παράλειψη ὁρισμένων ὅρων στόν ὑπολογισμό τῶν ἀπώλειῶν κι'ἔτσι δικαιολογεῖται ἡ παράλειψή τους πού διευκολύνει ὅμως πολύ τούς ὑπολογισμούς καί τήν μαθηματική ἐπεξεργασία πού ἀκολουθεῖ. Γιά τήν κατανομή τῆς πιθανότητας ἀπώλειας φορτίου ἐπίσης γίνεται προσπάθεια μιᾶς ὅσον τό δυνατό αὐστηρότερης ἐξετάσεως. Ἔτσι ἡ διατύπωση τῶν ἐξισώσεων κατά τρόπο γενικότερο καί ἡ ποσοστική ἐκτίμηση τῶν προτεινόμενων προσεγγίσεων πού ἀποτελεῖ καί βάσιμη δικαιολογία γι'αὐτές, σέ συνδυασμό μέ τήν αὐστηρότερη ἐξέταση τῆς κατανομῆς τῆς πιθανότητας ἀπώλειας φορτίου (θέματα πού μέχρι τώρα στίς ὑπάρχουσες ἐργασίες δέν ἐξετάσθηκαν γενικά ἀλλά μόνο σέ εἰδικές περιπτώσεις) δίνουν τήν εὐχέρεια μιᾶς εὐρείας χρησιμοποιήσεώς τους γιά τόν ὑπολογισμό τῶν διαμέτρων τῶν δικτύων τεχνητῆς βροχῆς.

β) Ἐρευνᾶται καί προσεγγίζεται πολύ ἱκανοποιητικότερα τό πρόβλημα τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως σέ ὅτι ἀφορᾶ τίς ἀπώλειες φορτίου (σέ συνάρτηση βέβαια μέ τήν ἐπιθυμητή ποιότητα λειτουργίας τους) σέ σχέση μέ τίς ὑπάρχουσες μέχρι σήμερα σχετικές ἐργασίες.

Ἔτσι σέ ἀγωγούς τελευταίας τάξεως καθορίζεται σέ κάθε τμῆμα τους, ἀνάλογα μέ τό πλῆθος τῶν ὑδροληψιῶν πού ἐξυπηρετεῖ τό κάθε τμῆμα, τό πλῆθος (ἀκόμα δέ καί ἡ θέση) τῶν ἀνοιχτῶν ὑδροληψιῶν πού πρέπει νά γίνουν δεκτές ὥστε νά καθορισθοῦν οἱ "ἰδεατές παροχές" σχεδιασμοῦ. Μ'αὐτό τόν τρόπο οὐσιαστικά μετατρέπεται ἕνα πιθανοθεωρητικό πρόβλημα σέ αἰτιοκρατικό καί προσδιορίζε-ται ἡ ἀπώλεια φορτίου σέ κάθε θέση πού ὅμως ἀντιστοιχεῖ στήν ἐπιθυμητή ποιότητα λειτουργίας.

Ἐπίσης μέ τόν πιό πάνω τρόπο εἶναι δυνατός καί ὁ καθορισμός τῆς σχέσεως ἀπώλειας φορτίου μέ τήν παροχή στήν κεφαλή τοῦ ἀγωγοῦ τελευταίας τάξεως. Τελικά ἐπιτυγχάνεται ἕνας λογι - κός σχεδιασμός τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως πού πάντοτε ὅ- μως ἔχει περιθώρια ἀσφαλείας, δηλαδή δίνει ἕνα λογικό πο- σοστό αὐξημένης ποιότητας λειτουργίας. Πάντως ἀποφεύγεται ὁ συνηθισμένος μέχρι τώρα πραγματοποιούμενος ὑπερβολικός ὑπερσχεδιασμός τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως καί ἐπομένως προκύπτει μία σημαντική οἰκονομία στό δίκτυο.

Εἰδικότερα στό θέμα τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως διατυπώ - νονται πολλές φορές ἀπόψεις γιά τή σκοπιμότητα ἑνός ὑπερ - σχεδιασμοῦ, ὁ ὁποῖος καλύπτει ἀστάθμητους παράγοντες. Παρά ταῦτα ὅμως πρέπει νά θεωρεῖται ἀπόλυτα ἀναγκαῖο ὅτι πρέπει νά καθορίζεται ἕνας σωστός τρόπος ὑπολογισμοῦ τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως ὥστε νά διατηρεῖται καί σ'αὐτούς ἡ ἐπι- θυμητή ποιότητα λειτουργίας ἤ νά ὑπερβάλλεται λογικά. Ἀπό κεῖ καί πέρα κάθε ἐπιθυμητός ὑπερσχεδιασμός θά εἶναι δυνα- τός ἀλλά τοὐλάχιστο θά καθορίζεται καί τό μέγεθος του ἀπό μιά σωστή ἀφετηρία.

γ) Μέ κάποιες ἱκανοποιητικές προσεγγίσεις ἤ μέ ἄλλα λόγια μέ κάποιες ἀνεκτές καί μικρές ἀποχές, ἀπό τίς προκύπτουσες θε- ωρητικά ἐξισώσεις, καθορίζονται οἱ ὁριστικές ἐξισώσεις τῆς ἀπώλειας φορτίου, πού ἔχουν μιά ἁπλῆ καί εὔχρηστη μορφή γιά τίς ἐφαρμογές.. Ἐκεῖνο ὅμως πού εἶναι σημαντικό,εἶναι ὅτι μέ τήν ὁριστική αὐτή ἁπλῆ μορφή τῶν ἐξισώσεων εἶναι δυνα - τός ἕνας ἁπλούστατος καθορισμός "ἰδεατῶν παροχῶν" πού ἐ - φαρμοζόμενες στά διάφορα τμήματα ἤ θέσεις τοῦ δικτύου δί- νουν ἀκριβῶς τίς ἀπώλειες φορτίου πού ἀντιστοιχοῦν σέ κά- ποια ὁρισμένη ἐπιθυμητή ποιότητα λειτουργίας.

Μ'αὐτό τόν τρόπο τελικά ἕνα πρόβλημα πού ἔχει καθαρά πιθανοθεωρητικό χαρακτῆρα καί ἐξαρτᾶται ἀπό τυχαῖα φαινόμενα (πού θά ἔπρεπε κάθε φορά νά ἐπιλύεται μέ ἐξομείωση ἤ μέ τήν χρήση τῶν ἐξισώσεων κατανομῆς τῆς ἀπώλειας φορτίου) καθίσταται πρόβλημα μέ αἰτιοκρατικό χαρακτῆρα (deterministic).

Ἔτσι θά εἶναι πολύ εὔκολο σ'ἕνα δίκτυο νά καθορίζουμε γιά κάθε τμῆμα του τίς "ἰδεατές παροχές" σχεδιασμοῦ καί σέ συνέχεια νά ἐφαρμόζουμε γνωστές μεθοδολογίες ἤ ἀλγόριθμους βελτιστοποιήσεως γιά τόν προσδιορισμό τῶν διαμέτρων.

Καταλήγουμε μ'αὐτό τόν τρόπο νά ἀκολουθοῦμε τήν κλασσική διαδικασία ὑπολογισμοῦ διαμέτρων ἑνός δικτύου, πού γνωρίζουμε τίς παροχές σχεδιασμοῦ του καί φυσικά τά λοιπά στοιχεῖα τῆς χαράξεώς του ὅπως ἐπίσης καί τίς δεσμεύσεις τοῦ προβλήματος. Ἐξυπακούεται βέβαια, ὅτι οἱ παροχές αὐτές εἶναι "ἰδεατές" καί δέν πληροῦν τούς νόμους τῆς συνεχείας. Ἐπίσης σημειώνεται ὅτι γιά τά ἐξεταζόμενα θέματα πού ἀποτελοῦν ἀντικείμενο τῆς παρούσας ἐργασίας ἔγινε ἐξαγωγή ἀποτελεσμάτων μέ τήν χρήση τῶν προτεινόμενων προσεγγιστικῶν ἐξισώσεων σέ συγκεκριμένα ἁπλᾶ ἀριθμητικά παραδείγματα. Τά ἀποτελέσματα αὐτά συγκρίθηκαν μέ τά ἀποτελέσματα πού προέκυψαν ἀπό ἐξομοίωση τῆς λειτουργίας τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς πού πάρθηκαν γιά παραδείγματα στήν ἐφαρμογή τῶν πιό πάνω ἐξισώσεων. Ἀποδείχτηκε κατ'αὐτό τόν τρόπο καί στίς περιπτώσεις τῶν παραδειγμάτων ὅτι μέ τίς προτεινόμενες μεθόδους ὑπολογισμοῦ ἡ προσέγγιση εἶναι πολύ ἱκανοποιητική.

Πέρα ὅμως ἀπό τά πιό πάνω τρία βασικά θέματα στά ὁποῖα ἀναφέρεται ἡ παροῦσα ἐργασία καί τά ὁποῖα ἐρευνήθηκαν κατά βάση, ἐξετάζεται ἐπιπρόσθετα τελείως ἀκροθιγῶς τόσο τό θέμα τῶν ὁριακῶν ταχυτήτων σχεδιασμοῦ (Κεφ. 7) ὅσο καί τό θέμα(Κεφ.2) τοῦ τρόπου ὑπολογισμοῦ τῶν γραμμικῶν ἀπωλειῶν ὅπου πραγματο - ποιεῖται μιά συνοπτική ἀναφορά γιά νά γίνει ὑπενθύμιση τῶν χρησιμοποιούμενων σχέσεων στόν ἀναγνώστη. Ἐπίσης στό κεφά - λαιο 8 δίδεται καί μιά τελείως συνοπτική ἀναφορά στό θέμα τῆς βελτιστοποιήσεως ἑνός δικτύου, μέ τόν σκοπό νά γίνει μιά ἐπι-γραμματική ὑπενθύμιση τοῦ μαθηματικοῦ προβλήματος βελτιστοποι-ήσεως καί νά καταφανεῖ ἡ δυνατότητα ἐφαρμογῆς γνωστῶν ἀλγο - ρίθμων ἤ μεθόδων βελτιστοποιήσεως μέ παροχές τίς " ἰδεατές " πού προτείνεται στά κεφάλαια 5 καί 6. Στό κεφάλαιο 8 ὅμως δί-δονται καί τρία χαρακτηριστικά παραδείγματα βελτιστοποιήσεως, δηλαδή δύο σέ δυό γραμμές μεταφορᾶς καί ἕνα σ'ἕνα δίκτυο ἀκτι-νωτό, ἀπό ὅπου προκύπτουν καί σχετικά οἰκονομικά ἀποτελέσμα - τα, τόσο μέ ἐφαρμογή τῶν σωστῶν παροχῶν σχεδιασμοῦ ὅσο καί μέ ἐφαρμογή τῶν παροχῶν πού προτείνονται ἀπό σχετικές ὁδηγίες [18] τοῦ Ὑπουργείου Δημοσίων Ἔργων.

Ἔτσι μέ τήν παροῦσα ἐργασία λύνεται μέ πολύ ἁπλό τρόπο ὁριστικά τό πρόβλημα τοῦ ὀρθοῦ ὑπολογισμοῦ τῶν ἀρδευτικῶν δι-κτύων πού λειτουργοῦν κατά ζήτηση καί ἐξασφαλίζεται ἡ ὁμοιό - μορφη ποιότητα λειτουργίας τους, χάρη στίς προτεινόμενες τι-μές τῶν "ἰδεατῶν παροχῶν σχεδιασμοῦ". Ἀποφεύγεται ἐπομένως ἡ ἐφαρμογή αὐθαίρετων ἤ περίπου αὐθαίρετων παροχῶν σχεδιασμοῦ πού ἔχει σάν ἀποτέλεσμα στίς περισσότερες περιπτώσεις νά δη-μιουργεῖ σοβαρό ὑπερσχεδιασμό.

Σημειώνεται πάντως τό γεγονός ὅτι μέ τήν ἐφαρμογή τῶν"ἰ-δεατῶν" παροχῶν δέν ἀπαιτεῖται πλέον νά βρεθεῖ ἕνας νέος ἀλ-γόριθμος βελτιστοποιήσεως γιά νά δώσει λύση στό πρόβλημα τοῦ βέλτιστου συνδυασμοῦ τῶν διαμέτρων. Ἔτσι μέ τίς καθοριζόμε - νες τιμές ἰδεατῶν παροχῶν σάν παροχῶν σχεδιασμοῦ λύθηκε ὄχι μόνο ἕνα πιθανοθεωρητικό πρόβλημα πού καθίσταται αἰτιοκρατικό, ἀλλά καί ἕνα πρόβλημα βελτιστοποιήσεως. Αὐτό εἶναι φανερό γιατί πλέον ἡ βελτιστοποίηση μπορεῖ νά γίνει ἁπλᾶ καί εὔκολα μέ τούς χρησιμοποιούμενους σήμερα ἀλγορίθμους,π.χ. τῆς μεθόδου Y. Labye [10,11] ἐφαρμόζοντας σάν παροχές τίς "ἰδεατές".Τέλος,σημειώνεται ἰδιαίτερα τό γεγονός ὅτι μέ τήν ἐφαρμογή τοῦ προτεινόμενου τρόπου ὑπολογισμοῦ ἑνός δικτύου καί φυσικά μέ τήν ἀποδοχή τῶν προτεινόμενων κριτηρίων σχεδιασμοῦ ἀπό τή μιά μεριά διατηρεῖται ὁμοιόμορφη ποιότητα λειτουργίας καί ὄχι μικρότερη ἀπό τήν ἐπιθυμητή ἐνῶ ἀπό τήν ἄλλη μεριά ἀποφεύγεται ὁ ὑπερ - σχεδιασμός τῶν ἀκτινωτῶν ὑπό πίεση δικτύων ἀρδεύσεως πού λειτουργοῦν κατά ζήτηση. Ἐπίσης ὅπως εἶναι φανερό,ἐπειδή οἱ ἰδεατές παροχές σχεδιασμοῦ πού προτείνονται γιά τίς ἐφαρμογές, εἶναι μικρότερες ἀπό τίς ἐφαρμοζόμενες σήμερα στό σχεδιασμό δικτύων τεχνητῆς βροχῆς, θά προκύψει μιά οἰκονομία στίς δαπάνες κατασκευῆς των. Ἡ οἰκονομία αὐτή θά ποικίλλει ἀπό ἕνα μικρό ἐλάχιστο ποσοστό τῆς τάξεως τοῦ 15% καί θά φθάνει ἐνδεχόμενα μέχρι καί τό 50% τῆς δαπάνης πού ἀπαιτεῖται γιά τό σωστό σχεδιασμό ἑνός δικτύου (ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ στίς ἰδεατές παροχές πού προτείνονται ἐδῶ).

Στό κεφάλαιο 8 ἀπό τά παραδείγματα καί τά σχετικά συμπεράσματα φαίνονται ὁρισμένα οἰκονομικά ἀποτελέσματα καί προκύπτει ὅτι τό ἀναμφισβήτητο ποσοστό οἰκονομίας στίς δαπάνες σχεδιασμοῦ ποικίλλει ἀνάλογα μέ τή μορφή καί τό μέγεθος τοῦ δικτύου, τό ἀνάγλυφο τοῦ ἐδάφους, τή διάταξη τῶν ὑδροληψιῶν, τό κόστος τῶν σωλήνων κλπ.

Κατά ἕνα μέσο ὅμως στατιστικό ὅρο μπορεῖ νά ἐκτιμηθεῖ ὅτι, ὅπως σχεδιάζονται σήμερα τά δίκτυα στή χώρα μας δημιουργοῦνται δαπάνες πού εἶναι ὁπωσδήποτε μεγαλύτερες σέ σύγκριση μέ τίς δαπάνες ἑνός σωστοῦ σχεδιασμοῦ κατά 20-25% τοὐλάχιστο ή μέ άλλα λόγια έφ'όσο τά δίκτυα σχεδιασθοῦν σωστά μπορεῖ νά ἐπιτυγχάνεται κατά μέσον ὅρο μιά οἰκονομία κατ'ἐλάχιστο 20% ἐπί τοῦ κόστους τῶν πραγματοποιουμένων σήμερα δαπανῶν γιά τήν κατασκευή τους.

Τό οἰκονομικό αὐτό ἀποτέλεσμα εἶναι πάρα πολύ σοβαρό καί προσθέτει ἀκόμα ἕνα σημαντικό στοιχεῖο πού πρέπει νά λαμβάνεται ὑπόψη στό ὅλο θέμα τῆς ἐφαρμογῆς ἑνός σωστοῦ τρόπου σχεδιασμοῦ τῶν ἀρδευτικῶν δικτύων τεχνητῆς βροχῆς.

2. ΟΙ ΓΡΑΜΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Ἡ γενικευμένη σχέση Darcy-Weisbach γιά τόν ὑπολογισμό τῶν ἀπωλειῶν ἐνεργείας σέ ὁμοιόμορφη ροή μέσα σέ κλειστούς κυκλικούς ἀγωγούς ὑπό πίεση (πού καλοῦνται καί γραμμικές ἀπώλειες) εἶναι:

$$h = f.\frac{L}{D}.\frac{\upsilon^2}{2g} \qquad (5)$$

Γιά σωλῆνες ἐμπορίου ὁ συντελεστής τριβῶν f δίδεται ἀπό τήν ἡμιεμπειρική σχέση τῶν Colebrook-White

$$\frac{1}{f^{1/2}} = 1,14-2.\text{λογ}\left(\frac{K_s}{D} + \frac{9,35}{N_R f^{1/2}}\right)$$

ὅπου N_R ὁ ἀριθμός Reynolds καί K_s/D ἡ σχετική τραχύτητα [13].

Ἡ χρήση τῶν παραπάνω ἐξισώσεων εἶναι δυσχερής γιά τήν ἐπίλυση διαφόρων προβλημάτων τῶν δικτύων διανομῆς ὕδατος. Γιαὐτό συνήθως ἐφαρμόζονται ἐμπειρικοί τύποι πού ἡ χρησιμοποίησή τους γίνεται δεκτή, ἀρκεῖ ὁ μηχανικός πού τούς ἐφαρμόζει νά γνωρίζει τό πραγματικό πεδίο ἐφαρμογῆς τους.

Συνήθως οἱ τύποι αὐτοί παίρνουν τήν ἑξῆς γενική μορφή

$$\upsilon = C.R^x.S^y$$

ὅπου υ = μέση ταχύτης

C = συντελεστής ἀπωλειῶν

R = ὑδραυλική ἀκτίνα $= D/4$

S = κλίση γραμμῆς ἐνεργείας $= \frac{\Delta h}{L}$

x,y = ἀριθμητικοί ἐκθέτες πού εἶναι συνήθως $x=\frac{1}{2}$ ἕως 2/3 καί $y= 0,50$ ἕως 0,57 περίπου

Γιά μιά ἁπλῆ ὑπενθύμιση τῶν τύπων πού χρησιμοποιήθηκαν ἤ χρησιμοποιοῦνται πολύ καί σήμερα, ἀναφέρουμε μερικούς ἀπό αὐτούς, οἱ ὁποῖοι μάλιστα εἶναι τῆς πιό πάνω ἐκθετικῆς μορφῆς : $\upsilon = C.R^{x}.S^{y}$.

- Τύπος τοῦ Chezy $\upsilon = C.R^{0,50}.S^{0,50}$

  ὅπου ὁ συντελεστής C εἶναι:

  Κατά Darcy-Weisbach $C = 2\left(\frac{2g}{f}\right)^{0,5}$

  Κατά Kutter $C = \frac{100\ R^{0,5}}{m+R^{0,5}} = \frac{100}{1+m.R^{-0,5}}$

  m = συντελεστής πού ἐξαρτιέται ἀπό τήν ποιότητα τοῦ ὕδατος καί κυμαίνεται ἀπό 0,25 ἕως 0,40

  Κατά Bazin $C = \frac{87}{1+\gamma.R^{-0,5}}$

  γ = συντελεστής πού ἐξαρτιέται ἀπό τήν ποιότητα τῶν σωλήνων

- Τύπος τοῦ Manning $\upsilon = \frac{1}{n}.R^{2/3}.S^{0,50}$

  n = συντελεστής πού ἐξαρτιέται ἀπό τήν ποιότητα τῶν σωλήνων

- Τύπος τοῦ Scimeni
  (Γιά ἀμιαντοσιμεντοσωλῆνες) $\upsilon = C.R^{0,68}.S^{0,56}$

- Τύπος τοῦ Scimeni-Veronese
  (Γιά χαλυβδοσωλῆνες) $\upsilon = C.R^{0,59}.S^{0,55}$

- Τύπος τοῦ Hazen-Williams $\upsilon = 1,318.C.R^{0,63}.S^{0,54}$

  (Σέ ἀγγλικές μονάδες)

  C = συντελεστής πού ἐξαρτιέται ἀπό τήν ποιότητα καί τό ὑλικό τῶν σωλήνων.

- Τύπος τοῦ Scobey

Γιά σωλῆνες ἀπό σκυρόδεμα $\upsilon = C_s . R^{0,625} . S^{0,50}$

C_s = συντελεστής πού ἐξαρτιέται ἀπό τόν τρόπο κατασκευῆς τῶν σωλήνων.

Γιά χαλυβδοσωλῆνες $\upsilon = \frac{1}{K_s} . R^{0,58} . S^{0,526}$

K_s = συντελεστής πού ἐξαρτιέται ἀπό τήν ποιότητα καί τόν τρόπο κατασκευῆς τῶν σωλήνων

- Τύπος τοῦ Vibert

Γιά χαλυβδοσωλῆνες $\upsilon = C . D^{0,65} . S^{0,51}$

'Επίσης μέ βάση πειραματικά δεδομένα ἔχουν χρησιμοποιηθεῖ οἱ ἑξῆς σχέσεις γιά σωλῆνες P.V.C. σύμφωνα μέ τίς γαλλικές προδιαγραφές N.F.T. 54016-V.1969.

$$\upsilon = C_1 . R^{0,705} . S^{0,568} \quad \text{γιά} \quad 3\times10^3 \leqq N_R \leqq 1,5\times10^5$$

ἤ $$\upsilon = C_2 . R^{0,667} . S^{0,556} \quad \text{γιά} \quad 1,5\times10^5 \leqq N_R \leqq 10^6$$

'Από ὅλους τούς παραπάνω ἐμπειρικούς τύπους οἱ πιό εὔχρηστοι σέ μαθηματικούς μετασχηματισμούς εἶναι οἱ τύποι τῆς μορφῆς:

$$\upsilon = C . R^x S^y$$

ὅπου ὅμως C= σταθερός συντελεστής ἀνεξάρτητος τῶν διαφόρων μεταβλητῶν παραμέτρων τοῦ προβλήματος, ὁ ὁποῖος ἐξαρτιέται μόνο ἀπό τήν ποιότητα τῶν σωλήνων.

Ἔτσι, ἄν λάβουμε ὑπόψη ὅτι $\upsilon = \frac{Q}{\pi . D^2/4}$, $R = D/4$ καί $S = \Delta h/L$

ἡ πιό πάνω σχέση παίρνει τήν ἑξῆς μορφή ἄν ἐπιλύσουμε ὡς πρός τήν μεταβολή (Δh) τοῦ φορτίου.

$$\Delta h = 4^{1/y} \left(\frac{1}{c.\pi} + 4^{x} \right). D^{-\left(\frac{2+x}{y}\right)} .Q^{1/y}.L$$

ὁπότε ἄν θέσουμε $4^{1/y} \left(\frac{1}{c.\pi} + 4^{x} \right) = C_o$ καί τό $\Delta h = h$

θά ἔχουμε $h = C_o.D^{-\left(\frac{2+x}{y}\right)}.\, Q^{1/y}.L$ (7)

π.χ. γιά τόν τύπο τοῦ Manning ἡ σχέση (7) γιά $x = {}^{2}/_{3}$ καί $y = {}^{1}/_{2}$ γίνεται

$$h = C_o.D^{-16/3}.Q^{2}.L \qquad (8)$$

ὅπου $C_o = 10{,}3.n^2$ (n=συντελεστής τραχύτητας)

Γενικά οἱ τιμές τῶν ἐκθετῶν κυμαίνονται στά ἑξῆς ὅρια συνήθως

$\alpha = \frac{1}{y}$ = ἀπό περίπου 1,76 ἕως 2,00

$\beta = \frac{2+x}{y}$ = ἀπό περίπου 4,71 ἕως 16/3 = 5,333

Θέτοντας στή σχέση (7)

$$C_o D^{-\left(\frac{2+x}{y}\right)} = C_o D^{-\beta} = K_o \qquad (9)$$

$$K_o L = K \qquad (10)$$

$$\frac{1}{y} = \alpha \qquad (11)$$

θά ἔχουμε τελικά $h = K.Q^{\alpha}$ (12)

Ἡ σχέση (12) στήν περίπτωση ἐφαρμογῆς τοῦ τύπου τοῦ Manning γίνεται

$$h = K.Q^2 \qquad (12\alpha)$$

ὅπου $K = K_o.L = C_o.D^{-16/3}.L$ (12β)

καί $C_o = 10{,}3.n^2$

'Η σχέση (12) ἄν λάβουμε ὑπόψη τή σχέση (2) δηλαδή ὅτι $Q=\mu+\varepsilon\sigma$ γίνεται

$$h= K.(\mu+\varepsilon\sigma)^{\alpha}= K\mu^{\alpha}(1 + \frac{\varepsilon\sigma}{\mu})^{\alpha}$$

ὅπου συνήθως $0<\frac{\varepsilon\sigma}{\mu} = \varepsilon.C_v<1$, $C_v= \frac{\sigma}{\mu}$ = συντελεστής μεταβολῆς παροχῶν

Πράγματι ἐπειδή συνήθως $C_v\leq0,45$ καί $\varepsilon\leq1,65$ ἰσχύει ἡ πιό πάνω ἀνισότητα $\varepsilon.C_v< 1$. 'Αλλά ἀκόμη καί ὅταν $\varepsilon=2,33$ πού σπά - νια συμβαίνει, καί μέ ἕνα ἀκόμη τροφοδοτούμενο κλάδο πού ἐξυ- πηρετεῖ τουλάχιστον 11 στόμια τό $C_v\leq0,426$ ὁπότε πάλι $\varepsilon.C_v<1$. Δηλαδή γενικά μποροῦμε νά δεχθοῦμε ὅτι $\varepsilon.C_v<1$. Στή συνέχεια μέ τή βοήθεια τοῦ τύπου τοῦ Taylor [15] ἄν ἀναπτύ - ξουμε τή σχέση $h=K\mu^{\alpha}(1+ \frac{\varepsilon\sigma}{\mu})^{\alpha} = K\mu^{\alpha}(1+\varepsilon C_v)^{\alpha}$ ἔχουμε, λαμβάνον- τας τούς τρεῖς πρώτους ὅρους πού δίνουν ἱκανοποιητική προσέγ- γιση, ὅτι

$$h=K\mu^{\alpha}+\left[1+\alpha(\frac{\varepsilon\sigma}{\mu})+ \frac{\alpha(\alpha-1)}{2} (\frac{\varepsilon.\sigma}{\mu})^2\right] =K\left[\mu^{\alpha}+\alpha\mu^{\alpha-1}(\varepsilon\sigma)+ + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2} \mu^{\alpha-2}(\varepsilon\sigma)^2\right] \quad (13)$$

ἤ ἐπειδή $\frac{\sigma}{\mu} = C_v$

$$h = K\mu^{\alpha} \left[1+\alpha.\varepsilon.C_v +\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}.\varepsilon^2.C_v^2\right] \quad (13\alpha)$$

Γιά $\alpha=2,00$(π.χ. τύπος τοῦ Manninig)οἱ σχέσεις (13) καί (13α) γίνονται:

$$h= K (\mu^2+2\varepsilon\mu\sigma+\varepsilon^2\sigma^2) = \kappa\mu^2(1+2\varepsilon C_v+\varepsilon^2C_v^2) \quad (14)$$

Μέ τίς σχέσεις (13) ἤ (14) ἔχουμε ἐκφράσει τίς ἀπώλειες φορτίου (γραμμικές ἀπώλειες) σ'ἕνα τμῆμα τοῦ δικτύου πού βρί- σκεται μεταξύ δύο κόμβων, κατά τρόπο πού καθορίζεται ἀπό ἕνα πιθανοθεωρητικό σχῆμα ζητήσεως καί μάλιστα ὑποθέτοντας εἰδι - κότερα ὅτι ἡ κατάντη ζήτηση ἀκολουθεῖ τήν κανονική κατανομή .

Έτσι από κάθε εξεταζόμενο τμήμα ή κλάδο ενός αγωγού μεταφοράς θά πρέπει νά έξυπηρετεῖται τουλάχιστο ένας άγωγός τελευταίας τάξεως, πού θά έχει επίσης τουλάχιστο 10 στόμια ύδροληψίας, ώστε ή παροχή στήν κεφαλή του νά ακολουθεῖ τήν κανονική κατανομή.

Παρατηροῦμε τέλος, ότι οί διάφορες τοπικές απώλειες δέν έξετάζονται ίδιαίτερα, αλλά γενικά συμπεριλαμβάνονται μέσα στίς γραμμικές. Γι'αυτό άν υπάρχει ανάγκη γίνεται προσαύξηση τῶν γραμμικῶν, π.χ. μέ ποσοστιαία προσαύξηση τοῦ συντελεστοῦ C_o τῆς σχέσεως (7). Αυτό διευκολύνει ίδιαίτερα τήν μαθηματική καί υπολογιστική επεξεργασία τῶν σχετικῶν προβλημάτων καί δέν δημιουργεῖ κανένα θέμα στά προκύπτοντα αποτελέσματα, πολύ μάλιστα περισσότερο πού οί τοπικές απώλειες εἶναι συνήθως πολύ μικρές σέ σχέση μέ τίς γραμμικές.

3. ΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

Γιά τή μελέτη τῆς κατανομῆς τῆς ὁλικῆς ἀπώλειας φορτίου σέ μιά γραμμή μεταφορᾶς, ὅπως ὀνομάσαμε τή γραμμή πού σύνδέει ἕνα σημεῖο τροφοδοσίας καί ἕνα ἀπώτατο σημεῖο ὑδροληψίας, ἔχουμε διατυπώσει τίς σχέσεις (13),(13α) καί (14), γιά τό τμῆμα ἤ τόν κλάδο i τῆς γραμμῆς.

Ἔτσι ἡ ὁλική ἀπώλεια θά εἶναι γιά ὅλη τή γραμμή:

$$h = \Sigma h_i = \Sigma K_i \mu_i^{\alpha}\left[1+\alpha\varepsilon_i c_{vi} + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\varepsilon_i^2 c_{vi}^2\right] \qquad (15)$$

Ἡ συνάρτηση (15) καθορίζει τήν κατανομή πιθανότητας τῆς τυχαίας μεταβλητῆς h ὅπου

$$h = m+u.S \qquad (16)$$

m = μέση τιμή ἀπώλειας φορτίου

S = τυπική ἀπόκλιση ἀπώλειας φορτίου

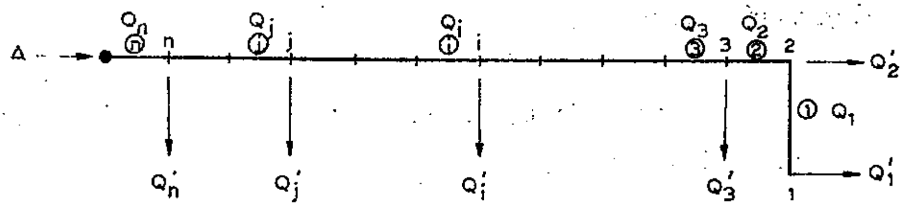
$u = \frac{h-m}{S}$ = τυποποιημένη τιμή τῆς ἀπώλειας φορτίου

Τά K,μ,C_v ,ε καί α καθορίστηκαν στά προηγούμενα κεφάλαια Ἔτσι, ἄν u(φ) εἶναι ἡ τιμή τῆς u γιά στάθμη πιθανότητας φ τότε ὁ ἀγωγός τελευταίας τάξεως, τόν ὁποῖο περιλαμβάνει ἡ ἐξεταζόμενη γραμμή μεταφορᾶς, θά χαρακτηρίζεται ἀπό ποιότητα λειτουργίας φ ἄν τό ὑψόμετρο τῆς πιεζομετρικῆς γραμμῆς (ἤ κατά προσέγγιση τό ὑψόμετρο τῆς γραμμῆς ἐνεργείας) εἶναι στήν κεφαλή Δ (σχ. 3.1) ἴσο πρός:

$$H_\Delta = m+u_{(\varphi)}.S+H_o \qquad (17)$$

ὅπου H_o εἶναι τό ἀπαιτούμενο ὑψόμετρο τῆς πιεζομετρικῆς γραμμῆς στό ἀπώτατο ἐξυπηρετούμενο σημεῖο.

Γιά τήν διεξαγωγή τῶν παραπέρα μαθηματικῶν μετασχηματισμῶν δίδουμε στό σχ. 3.1 τήν εἰκόνα μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς.



Σχ.3.1

'Η γραμμή αὐτή ἀποτελεῖται ἀπό h κλάδους ἤ τμήματα καί ὁ κλάδος (1) εἶναι ὁ ἀγωγός (ἤ κλάδος) τελευταίας τάξεως πού ἔχει στήν κεφαλή παροχή $Q_1 = Q_1'$ ἡ ὁποία ἀκολουθεῖ τήν κανονική κατανομή.

'Αντίστοιχες παροχές μέ κανονική κατανομή ζητιένται στούς κόμβους 2,3,....,i,....,j, ...,n γιά τήν ἐξυπηρέτηση ἀγωγῶν ἤ κλάδων τελευταίας ἤ μεγαλυτέρας τάξεως.

'Από τήν σχέση (15) μποροῦμε νά βροῦμε τή μέση τιμή τῆς τυχαίας μεταβλητῆς , ὁπότε θά ἔχουμε:

$$m = E(h) = \Sigma K_i \mu_i^{\alpha} \left[1+\alpha C_{vi}.E(\varepsilon_i) + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2} C_{vi}^2.E(\varepsilon_i^2)\right] \quad (18)$$

καί ἐπειδή $E(\varepsilon_i)=0$, $E(\varepsilon_i^2) = 1$ βρίσκουμε

$$m = \Sigma K_i \mu_i^{\alpha} \left[1+ \frac{\alpha(\alpha-1)}{2} C_{vi}^2\right] \quad (19)$$

ἤ

$$m = \Sigma K_i \left[\mu_i^{\alpha} + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2} \mu_i^{\alpha-2}.\sigma_i^2\right] \quad (19\alpha)$$

Γιά τήν διακύμανση τῆς ἀπώλειας φορτίου ἔχουμε

$$Var.h=S^2 \quad \text{ὅπου } h= \Sigma h_i$$

Θά εἶναι $Var.h = \Sigma Var.h_i + 2\sum_{j>i} Cov(h_i,h_j)$ (20)

ὅπου $Cov.(h_i,h_j)$ = συνδιακύμανση τῶν h_i,h_j

Ἄν καλέσουμε $\frac{\alpha(\alpha-1)}{2} = \gamma$ ἡ σχέση(20) γίνεται

$$Var.h = S^2 = \Sigma K_i^2 \mu_i^2 \alpha^2 C_{vi}^2 . Var.(\varepsilon_i) +$$

$$+ \Sigma K_i^2 . \mu_i^2 . \gamma^2 . C_{vi}^2 . Var.(\varepsilon_i^2) +$$

$$+ 2\Sigma Cov.(h_i,h_j) \qquad (21)$$

Ἀλλά:

$$2\Sigma Cov(h_i,h_j) = 2\sum_{j>i} Cov\left\{\left[K_i \mu_i^{\alpha}(1+\alpha\varepsilon_i C_{vi} + \gamma\varepsilon_i^2 C_{vi}^2)\right], \left[K_j \mu_j^{\alpha}(1+\alpha\varepsilon_j . C_{vj} + \gamma\varepsilon_j^2 C_{vj}^2\right]\right\} \qquad (22)$$

ἤ ἄν λάβουμε ὑπόψη ὅτι μποροῦμε νά θέσουμε

$$Q_j = Q_i + Q_\rho$$

ὅπου Q_ρ ἡ παροχή πού συμβάλλει μεταξύ τῶν σημείων i καί j (σχ. 3.1) καί ἡ ὁποία ἀκολουθεῖ τήν κανονική κατανομή. Προκύπτει τότε ὅτι: $\mu_j + \varepsilon_j \sigma_j = (\mu_i + \varepsilon_i \sigma_i) + (\mu_\rho + \varepsilon_\rho . \sigma_\rho)$

Ἐπειδή ὅμως $\mu_j = \mu_i + \mu_\rho$ προκύπτει τελικά ὅτι

$$\varepsilon_j = \varepsilon_i \left(\frac{\sigma_i}{\sigma_j}\right) + \varepsilon_\rho \left(\frac{\sigma_\rho}{\sigma_j}\right) \qquad (23)$$

ὁπότε ἡ σχέση (22) μέ ἀντικατάσταση τοῦ ε ἀπό τήν (23) θά γίνει:

$$2 \quad Cov.(h_i,h_j)=2\sum_{j>i} Cov\left\{\left[K_i\mu_i^{\alpha}(1+\alpha\varepsilon_i C_{vi}+\gamma\varepsilon_i^2 C_{vi})\right],\right.$$

$$,\left[K_j\mu_j^{\alpha}\left(1+\alpha C_{vj}\left(\varepsilon_i \frac{\sigma_i}{\sigma_j}+\varepsilon_\rho\cdot\frac{\sigma_\rho}{\sigma_j}\right)+\right.\right.$$

$$\left.\left.\left.+\gamma C_{vj}^2\left(\varepsilon_i^2\left(\frac{\sigma_i}{\sigma_j}\right)^2+\varepsilon_\rho^2\left(\frac{\sigma_\rho}{\sigma\sigma_j}\right)^2+2\varepsilon_i\varepsilon_\rho\frac{\sigma_i\sigma_\rho}{\sigma_j^2}\right)\right]\right\} \qquad (24)$$

Παρατηροῦμε ὅτι τά ε_i, ε_ρ εἶναι ἀνεξάρτητες μεταβλητές καί ἐπομένως ὅλες οἱ συνδιακυμάνσεις τους θά εἶναι μηδενικές. Οἱ ὑπόλοιπες μορφές συνδιακυμάνσεων θά εἶναι:

$$Cov(\varepsilon_i,\varepsilon_i^2)\ , \quad Cov(\varepsilon_i,\varepsilon_i\varepsilon_\rho)\ , \quad Cov(\varepsilon_i^2,\varepsilon_i)$$

$$Cov(\varepsilon_i^2,\varepsilon_i^2)\ , \quad Cov(\varepsilon_i^2,\varepsilon_i\varepsilon_\rho)\ , \quad Cov(\varepsilon_i,\varepsilon_i)$$

Στή συνέχεια ἄν λάβουμε ὑπόψη ὅτι γιά δυό ὁποιεσδήποτε τυχαῖες μεταβλητές x καί y ἰσχύει ἡ σχέση.

$$Cov(x,y) = E(xy)-E(x).E(y) \qquad (25)$$

Τότε $Cov.(\varepsilon_i,\varepsilon_i^2) = E(\varepsilon_i^3)-E(\varepsilon_i)E(\varepsilon_i^2) = 0$

$$Cov.(\varepsilon_i^2,\varepsilon_i) = E(\varepsilon_i^3)-E(\varepsilon_i^2)E(\varepsilon_i) = 0$$

$$Cov.(\varepsilon_i,\varepsilon_i.\varepsilon_\rho)=E(\varepsilon_i^2.\varepsilon_\rho)-E(\varepsilon_i).E(\varepsilon_i.\varepsilon_\rho) =$$

$$= E(\varepsilon_i^2).E(\varepsilon_\rho)-E(\varepsilon_i)E(\varepsilon_i.\varepsilon_\rho) = 0$$

$$Cov.(\varepsilon_i^2,\varepsilon_i.\varepsilon_\rho)= E(\varepsilon_i^3.\varepsilon_\rho)-E(\varepsilon_i^2).E(\varepsilon_i.\varepsilon_\rho) =$$

$$= E(\varepsilon_i^3)E(\varepsilon_\rho)-E(\varepsilon_i^2)E(\varepsilon_i)E(\varepsilon_\rho) = 0$$

Ἐπομένως ἡ σχέση (24) γίνεται ἀφοῦ λάβουμε ὑπόψη τίς παραπάνω τιμές τῶν συνδιακυμάνσεων πού προέκυψαν μέ ἐφαρμογή τήν σχέση (25) καί ἐπί πλέον ὅτι $Cov.(\varepsilon_i,\varepsilon_i) = Cov(\varepsilon_i^2,\varepsilon_i^2) = 1$

$$2\Sigma\, Cov.(h_i,h_j) = 2\left[\sum_{j>i} K_i K_j \mu_i^{\alpha}\mu_j^{\alpha}.C_{vi}.C_{vj}.\alpha^2\frac{\sigma_i}{\sigma_j} + \right.$$

$$\left. + \sum_{j>i} K_i K_j \mu_i^{\alpha}\mu_j^{\alpha}.\gamma^2 C_{vi}.C_{vj}\left(\frac{\sigma_i}{\sigma_j}\right)^2\right] \qquad (26)$$

Τελικά ἡ σχέση (21) γίνεται ἄν λάβουμε ὑπόψη ὅτι

$$Var.(\varepsilon_i) = 1 \quad \text{καί} \quad Var.(\varepsilon_i^2) = 2$$

$$S = \left[\Sigma K_i^2\mu_i^{2\alpha}C_{vi}^2\,(\alpha^2+2\gamma^2C_{vi}^2) + 2\sum_{j>i} K_i K_j \mu_i^{\alpha}\mu_j^{\alpha}C_{vi}C_{vj}\left(\frac{\sigma_i}{\sigma_j}\right)\right.$$

$$\left. .\left[\alpha^2+\gamma^2C_{vi}C_{vj}\left(\frac{\sigma_i}{\sigma_j}\right)\right]\right]^{1/2} \qquad (27)$$

Ἡ σχέση (27) στήν περίπτωση πού α=2,00 ὁπότε ἀντίστοιχα γ=1,00 γίνεται:

$$S = 2\left[\Sigma(K_i\mu_i\sigma_i)^2 + 2\sum_{j>i} K_i K_j \mu_i\mu_j\sigma_i^2 + \frac{1}{2}\sum_{j>i}(K_i^2\sigma_i^4 + K_iK_j\sigma_i^4)\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (28)$$

Ἐπίσης ἡ σχέση (27) ἄνα λάβουμε ὑπόψη ὅτι $C_v = \frac{\sigma}{\mu}$ μπορεῖ νά λάβει καί τήν ἑξῆς μορφή:

$$S = \alpha\left[\Sigma(K_i\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i)^2 + 2\sum_{j>i}(K_iK_j\mu_i^{\alpha-1}\mu_j^{\alpha-1}\sigma_i^2) + \right.$$

$$\left. + 2\left(\frac{\gamma}{\alpha}\right)^2\left(\Sigma K_i^2\mu_i^{2(\alpha-2)}.\sigma_i^4 + \sum_{j>i}K_iK_j\mu_i^{\alpha-2}\mu_j^{\alpha-2}.\sigma_i^4\right)\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (29)$$

'Επειδή όμως ο συντελεστής μεταβολής των παροχών είναι

$$C_v = \left[\frac{1-P}{R.P}\right]^{1/2}$$

οπότε γιά μιά λογικά περίπου κατώτερη τιμή $P=\frac{1}{3}$ καί $R=10$ στόμια προκύπτει $\max C_v=0,45$ ή $\mu_i \geq \frac{1}{0,45}.\sigma_i$ ή $\mu_i \geq 2,222\sigma_i$ ή $\mu_i^2 \geq \approx 5\sigma_i^2$ περίπου.

Στήν περίπτωση πού $\alpha=2,0$ δηλαδή γιά απόκλιση S πού αντιστοιχεί στή σχέση (28) προκύπτει από τίς πιό πάνω σχέσεις:

$$\mu_i^2\sigma_i^2 \geq 5\sigma_i^4$$

ή $$\mu_i\mu_j\sigma_i^2 \geq 5\sigma_i^3\sigma_j > 5\sigma_i^4 (\sigma_j > \sigma_i)$$

οπότε $$\Sigma(K_i\mu_i\sigma_i)^2 > 10(\frac{1}{2}\Sigma K_i^2\sigma_i^4)$$

καί $$2\sum_{j>i} K_iK_j\mu_i\mu_j\sigma_i^2 > 20(\frac{1}{2}\sum_{j>i} K_iK_j\sigma_i^4)$$

Προσθέτοντας τίς δύο τελευταίες σχέσεις έχουμε:

$$\Sigma(K_i\mu_i\sigma_i)^2 + 2\sum_{j>i} K_iK_j\mu_i\mu_j\sigma_i^2 > 10\left[\frac{1}{2}(\Sigma K_i^2\sigma_i^4 + \sum_{j>i} K_iK_j\sigma_i^4)\right] + $$
$$+10(\frac{1}{2}\sum_{j>i} K_iK_j\sigma_i^4) \qquad (31)$$

'Επειδή όμως μπορούμε μέ ικανοποιητική προσέγγιση νά δεχτούμε τήν αντικατάσταση του όρου $\frac{1}{2}(\Sigma K^2\sigma^4)$ μέ τόν όρο

$\frac{1}{2}(\Sigma K_iK_j\sigma_i^4)$ οπότε $10(\frac{1}{2}\sum_{j>i} K_iK_j\sigma_i^4) \approx 5\left[\frac{1}{2}(\sum_{j>i} K_i^2\sigma_i^4 + \Sigma K_iK_j\sigma_i^4)\right]$

θά έχουμε:

$$A=\left[\Sigma(K_i\mu_i\sigma_i)^2+2\sum_{j>i}K_iK_j\mu_i\mu_j\sigma_i^2\right]>15\left[\frac{1}{2}(\Sigma K_i^2\sigma_i^4+\sum_{j>i}K_iK_j\sigma_i^4)\right]=$$
$$=15.B \qquad (32)$$

ὅπου A καί B ὀνομάσαμε τίς ποσότητες μέσα στίς ἀγκύλες ἀντί - στοιχα τοῦ πρώτου καί τοῦ δευτέρου μέλους τῆς πιό πάνω ἀνισό-τητας (32).

Ἄρα προκύπτει ἀπό τήν σχέση (32) ὅτι $B<\frac{1}{15}.A$ ἤ

$A>\frac{15}{16}(A+B)=0{,}9375(A+B)$ ἤ τέλος $(\frac{A}{A+B})^{1/2}>0{,}9682$

Παραλείποντας ἑπομένως τόν ὅρο B ἔχουμε μιά μείωση τῆς τιμῆς τῆς ἀποκλίσεως S πού εἶναι πάντοτε μικρότερη ἀπό 3,18%..

Στήν πραγματικότητα ὅμως ἡ παράλειψη αὐτή τῶν δύο ὅρων $B = \frac{1}{2}\left[(\Sigma K_i^2\sigma_i^4+\sum_{j>i}K_iK_j\sigma_i^4)\right]$ σπάνια μειώνει τήν ἀπόκλιση περισσό - τερο ἀπό 1%. Σχετικά παραπέμπουμε καί στό παράδειγμα 5.2 ὅπου μέ τήν παράλειψη τοῦ ὅρου B μειώνεται μόνο κατά 0,8ο/οο ἡ τι-μή τοῦ S.

Ἔτσι καταλήγουμε στή τελική μορφή τῆς σχέσεως πού δί-δει τήν ἀπόκλιση τῆς ἀπώλειας φορτίου στή σχέση (28) δηλαδή

$$S=2\left[\Sigma(K_i\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i)^2+2\sum_{j>i}K_iK_j\mu_i\mu_j\sigma_i^2\right]^{1/2} \qquad (33)$$

Στή συνέχεια μέ ἕνα ὅμοιο τρόπο, δεχόμενοι καί μερικές προσ - εγγίσεις, μποροῦμε καί στή γενική σχέση (29) νά παραλείψουμε τούς δύο ἀντίστοιχους ὅρους σάν ἀμελητέους κι'ἔτσι ἡ ἔκφραση τῆς ἀποκλίσεως S νά πάρει τή μορφή:

$$S=\alpha\left[\Sigma(K_i\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i)^2+2\sum_{j>i}K_iK_j\mu_i^{\alpha-1}\mu_j^{\alpha-1}\sigma_i^2\right]^{1/2} \qquad (34)$$

Πράγματι ἔχουμε:

$(\frac{\sigma}{\mu})^2 \leqq (0,45)^2 = 0,2025$

ἤ $K^2\mu^{2(\alpha-1)}.\mu^{-2}.\sigma^4 \leqq (0,2025)K^2\mu^{2(\alpha-1)}\sigma^2$

καί ἄν λάβουμε ὑπόψη ὅτι

$(\frac{\gamma}{\alpha})^2 = \left[\frac{\alpha(\alpha-1)}{2.\alpha}\right]^2 = (\frac{\alpha-1}{2})^2$ ὅπου συνήθως $1,76 \leqq \alpha \leqq 2,0$

ἤ $0,144 \leqq (\frac{\gamma}{\alpha})^2 \leqq 0,25$ ὁπότε προκύπτει

$$K^2\mu^{2(\alpha-1)},\sigma^2 \geqq (\frac{1}{0,0506})\left[(\frac{\gamma}{\alpha})^2 K^2\mu^{2(\alpha-2)}.\sigma^4\right]$$

Δηλαδή $\Sigma K_i^2\mu_i^{2(\alpha-1)}.\sigma_i^2 \geqq (19,75)\left[(\frac{\gamma}{\alpha})^2 \Sigma K_i^2\mu_i^{2(\alpha-2)}\sigma_i^4\right]$ (34)

Ὅμοια ἀπό τή σχέση $\frac{\sigma_i^2}{\mu_i\mu_j} < \frac{\sigma_i\sigma_j}{\mu_i\mu_j} \leqq (0,45)^2 = 0,2025$

πού γράφεται καί ὡς $\mu_i^{-1}\mu_j^{-1}\sigma_i^2 < 0,2025$
θά ἔχουμε:

$$K_iK_j\mu_i^{\alpha-2}\mu_j^{\alpha-2}.\sigma_i^4 < (0,2025).K_iK_j\mu_i^{\alpha-1}.\mu_j^{\alpha-1}.\sigma_i^2$$

καί ἐπειδή $(\frac{\gamma}{\alpha})^2 \leqq 0,25$

καί $(\frac{\gamma}{\alpha})^2 K_iK_j\mu_i^{\alpha-2}\mu_j^{\alpha-2}\sigma_i^4 < (0,0506).K_iK_j\mu_i^{\alpha-1}\mu_j^{\alpha-1}\sigma_i^2$

θά εἶναι $\sum_{j>i} K_iK_j\mu_i^{\alpha-1}\mu_j^{\alpha-1}\sigma_i^2 > (19,75)(\frac{\gamma}{\alpha})^2 \sum_{j>i} K_iK_j\mu_i^{\alpha-2}\mu_j^{\alpha-2}\sigma_i^4$ (34β)

Ἀπό τίς σχέσεις (34α) καί (34β) προκύπτει ὅτι:

$$A = \Sigma(K_i\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i)^2 + 2\sum_{j>i} K_iK_j\mu_i^{\alpha-1}\mu_j^{\alpha-1}\sigma_i^2 > (9,875).\left[2(\frac{\gamma}{\alpha})^2\right].$$

$$\left[\Sigma K_i^2\mu_i^{2(\alpha-2)}\sigma_i^4 + 2\sum_{j>i} K_iK_j\mu_i^{\alpha-2}\mu_j^{\alpha-2}\sigma_i^4\right] \cong (1,5).(9,875).B =$$

$$= 14,81.B$$

όπου $B = 2(\frac{\gamma}{\alpha})^2 \cdot \left[\Sigma K_i^2 \; \mu_i^{2(\alpha-2)} \sigma_i^4 + \sum_{j>i} K_i K_j \mu_i^{\alpha-2} \mu_j^{\alpha-2} \sigma_i^4 \right]$ καί

δεχθήκαμε ότι $\sum_{j>i} K_i K_j \mu_i^{\alpha-2} \mu_j^{\alpha-2} \approx \Sigma \; K_i \mu_i^{2(\alpha-2)} \sigma_i^4$

Έτσι άπό τήν άνισότητα $A>14,81\ B$ προκύπτει $A>0,937(A+B)$

ή $(\frac{A}{A+B})^{1/2} > 0,968$

Αύτό σημαίνει ότι ή παράλειψη τοῦ όρου B μειώνει τήν τιμή τῆς άποκλίσεως τῆς άπώλειας φορτίου, κατά ποσοστό πού εἶναι μικρότερο άπό 3,20%. Στήν πραγματικότητα βέβαια έπειδή τό άποτέλεσμα έχει προκύψει μέ δυσμενεῖς παραδοχές εἶναι πολύ μικρότερο, π.χ. έκτιμᾶμε ότι εἶναι πάντοτε μικρότερο τοῦ 1%.

Έτσι ή έξίσωση (17) πού έκφράζει τήν άπώλεια φορτίου κατά μῆκος μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς γίνεται σέ συνδυασμό μέ τίς (28), (29) καί τίς(33)(34).

$$H_\Delta = \Sigma K_i (\mu_i^\alpha + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2} \mu_i^{\alpha-2} . \sigma_i^2) +$$

$$+\alpha . u_{(\varphi)} \left[\Sigma (K_i \mu_i{}^{\alpha-1} \sigma_i)^2 + 2 \sum_{j>i} K_i K_j \mu_i^{\alpha-1} \mu_j^{\alpha-1} \sigma_i^2 \right]^{1/2} + H_o \qquad (35)$$

όπου α = 1,76 έως 2,00

Γιά α=2,00 ή σχέση (35) γίνεται

$$H_\Delta = K_i (\mu_i^2 + \sigma_i^2) + 2 . u_{(\varphi)} \left[\Sigma (K_i \mu_i \sigma_i)^2 + 2 \sum_{j>i} K_i K_j \mu_i \mu_j \sigma_i^2 \right]^{1/2} + H_\iota . \qquad (36)$$

Στίς πιό πάνω σχέσεις $u_{(\varphi)}$= ή τιμή τῆς μεταβλητῆς u τῆς σχέσεως (16) γιά στάθμη πιθανότητας φ.

Στή συνέχεια παρατηροῦμε ότι ή άπόκλιση

$$S = \alpha\left[\Sigma(K_i\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i)^2+2\sum_{j>i}K_iK_j\mu_i^{\alpha-1}\mu_j^{\alpha-1}\sigma_i^2\right]^{1/2} <$$

$$< \alpha.\left[(\Sigma K_i\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i)^2\right]^{1/2} = \alpha.\ (\Sigma K_i\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i) \qquad (37)$$

καί τοῦτο γιατί

$$(\Sigma K\ \mu_i^{\alpha-1}\sigma_i)^2=\Sigma(K_i\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i)^2+\ 2\sum_{j>i}K_iK_j\mu_i^{\alpha-1}\mu_j^{\alpha-1}\sigma_i\sigma_j>$$

$$> \Sigma(K_i\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i)^2+2\sum_{j>i}K_iK_j\mu_i^{\alpha-1}\mu_j^{\alpha-1}\sigma_i^2\ (=S^2)$$

τό ὁποῖο ἰσχύει γιατί πάντοτε $\sigma_j>\sigma_i$

῎Αρα ἄν ὀνομάσουμε σάν $S'=\alpha.\Sigma(K_i\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i)$ (38)

ὁπότε θά εἶναι πάντοτε $S'>S$ καί θέσουμε

$$u_{(\varphi)}.S = u'_{(\varphi)}.\ S' \qquad (39)$$

θά ἔχουμε τήν τελική ἔκφραση τῶν ἐξισώσεων (35) καί (36)

$$H_\Delta= \Sigma K_i(\mu_i^\alpha+ \frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\ \mu_i^{\alpha-2}\sigma_i^2)+ u'_{(\varphi)}.\alpha(\Sigma K_i\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i)+H_o \qquad (40)$$

κάί γιά α=2,00

$$H_\Delta= \Sigma K_i(\mu_i^2+\sigma_i^2)+2.u'_{(\varphi)}.(\Sigma K_i\mu_i\sigma_i)+H_o \qquad (41)$$

Δηλαδή ἡ σχέση (17) παίρνει τή μορφή $H_\Delta=m+u'_{(\varphi)}.S'+H_o$

Οἱ ἐξισώσεις (40) καί (41) ὅπως θά δοῦμε στό κεφάλαιο 6 εἶναι πολύ ἐνδιαφέρουσες, ἀρκεῖ νά καθορίσουμε μιά σχέση τῶν S καί S' πού θά μπορεῖ νά μᾶς δώσει τελικά τήν κατανομή τῆς $u'_{(\varphi)}$ ἡ ὁποία εἶνάι $u'_{(\varphi)}= u_{(\varphi)}.\frac{S}{S'}$ $\quad u'_{(\varphi)}<u_{(\varphi)}$

Πράγματι ἐφόσον ἐπιτύχουμε αὐτό θά ἔχουμε ἐκφράσει τήν ἀπώλεια φορτίου μ'ἕναν πολύ ἁπλό τρόπο τῆς μορφῆς

$$h= \Sigma K_iQ_i^\alpha \qquad (43)$$

ὅπου ἡ $Q_i=Q_i(\mu_i,\sigma_i)$ θά εἶναι μιά "ἰδεατή παροχή" γιά κάθε τμῆμα (i) ὁποιουδήποτε ἀγωγοῦ τοῦ δικτύου πού ὅταν ἐφαρμοστεῖ σέ ὅλα τά τμήματα $i=1,2,\ldots,n$ μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς θά ἐπαληθεύει τίς ἐξισώσεις (40) ἤ (41) καί κατά συνέπεια τίς (35) καί (36).

Ἔτσι μ'αὐτό τόν ἁπλό τρόπο θά ἐπιλύεται γρήγορα τό πρόβλημα τοῦ καθορισμοῦ τῶν παροχῶν σχεδιασμοῦ καί σέ συνέχεια τό πρόβλημα τοῦ ὀρθοῦ καθορισμοῦ τῶν διαμέτρων τοῦ δικτύου, ὥστε νά ἀποφεύγεται ὁ πραγματοποιούμενος σήμερα ἀρκετά αὐθαίρετος καθορισμός τῶν παροχῶν σχεδιασμοῦ καί ὁ ὑπερσχεδιασμός τοῦ δικτύου. Σημειώνεται τέλος, ὅτι μ'αὐτό τόν τρόπο θά μποροῦμε, ὅπως ἀναφέραμε καί στήν εἰσαγωγή, νά μετατρέπουμε τό πιθανοθεωρητικό πρόβλημα σ'ἕνα κλασσικό "ντετερμινισμό " γιά τόν καθορισμό τῶν διαμέτρων τοῦ δικτύου γνωρίζοντας τίς παροχές οἱ ὁποῖες ἐδῶ θά εἶναι "ἰδεατές" καί φυσικά ὄχι πραγματικές.

4. Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

Ἡ ἀπώλεια φορτίου ἐκφράστηκε ἀπό τή σχέση (15) δηλαδή

$$h = \Sigma K_i \mu_i^{\alpha}\left[1+\alpha\varepsilon_i C_{vi}+\gamma.\varepsilon_i^2 C_{vi}^2\right]$$

ὅπου $\gamma = \dfrac{\alpha(\alpha-1)}{2}$

α = 1,76 περίπου ἕως 2,00

$C_{vi} = \sigma_i/\mu_i$ = συντελεστής μεταβολῆς τῶν παροχῶν

ε_i = τυποποιημένη κανονική κατανομή (0,1)

Ἄν λάβουμε ὑπόψη (σχ. 3.1) ὅτι ἡ παροχή στόν κλάδο n θά εἶναι $Q_n = Q_n' + Q_{n-1}' + \ldots \pm Q_j' + \ldots + Q_i' + \ldots \pm Q_2' + Q_1'$ (44)
μέ τήν βοήθεια τῶν σχέσεων

$$Q_i' = \mu_i' + \varepsilon_i'\sigma_i$$
$$\mu_i' = \mu_{(i-1)}' + \mu_{(i-2)}' + \ldots \pm \mu_2' + \mu_1'$$

μποροῦμε νά πάρουμε μιά ἔκφραση τῆς ε_n , πού ἀντιστοιχεῖ στό τμῆμα n , σάν συνάρτηση ὅλων τῶν $\varepsilon_i'(0,1)$ πού ἀντιστοιχοῦν στά κατάντη τοῦ n τμήματα ἤ κλάδους καί πού συμβάλλουν στή θεωρούμενη γραμμή μεταφορᾶς. Οἱ τυχαῖες αὐτές μεταβλητές εί εἶναι φανερά ἀνεξάρτητες.

Ἔχουμε λοιπόν $\varepsilon_n = \dfrac{\sigma_1'}{\sigma_n}\varepsilon_1' + \ldots + \dfrac{\sigma_n'}{\sigma_n}\varepsilon_n'$ (45)

εἶναι δέ $\sigma_n = (\sigma_1'^2 \ldots \pm \sigma_n'^2)^{1/2}$

ἤ $\sigma_n^2 = \sigma_1'^2 + \ldots \pm \sigma_n'^2$

Καταλήγουμε ἔτσι μέ σχετικές ἀντικαταστάσεις ἀπό τίς σχέσεις (45) στή σχέση (15) καί μέ κατάλληλους σχετικούς στοιχειώδεις μετασχηματισμούς νά πάρουμε τή σχέση:

$$h=\sum_{i=1}^{n} K_i\mu_i^{\alpha}+\alpha\sum_{i=1}^{n}\alpha_i(\varepsilon_i')+\sum_{i=1}^{n}\beta_i(\varepsilon_i'^2)+2\sum_{j>i}\gamma_i\varepsilon_i'\varepsilon_j' \qquad (46)$$

$(i=1,2,\ldots n)$ καί $j>i$

ὅπου $\alpha_i = \sigma_i'\left[K_i\mu_i^{\alpha-1}+\ldots+K_n\mu_n^{\alpha-1}\right]$

$\beta_i = \gamma(K_i+\ldots\ldots+K_n)\mu_i^{\alpha-2}\sigma_i'^2$

$\gamma_i = \gamma(K_j+\ldots\ldots+K_n)\mu_i^{\alpha-2}\sigma_i'\sigma_j'$

Παρατηροῦμε ὅτι γιά $\alpha=2,0$ οἱ σχέσεις (46) γίνονται

$$h = \Sigma K_i\mu_i^2 +2\Sigma\alpha_i\varepsilon_i'+\Sigma\beta_i\varepsilon_i'^2+2\sum_{j>i}\gamma_i\varepsilon_i'\varepsilon_j' \qquad (47)$$

ὅπου $\alpha_i = \sigma_i'(K_1\mu_1+\ldots\ldots+K_i\mu_i)$

$\beta_i =(K_i+\ldots\ldots+K\ )\sigma_i'^2$

$\gamma_i= (K_j+\ldots\ldots K_n)\sigma_i'\sigma_j'$

Ἔτσι βλέπουμε γιά τόν ὅρο $2\Sigma\gamma_i\varepsilon_i'\varepsilon_j'$ τῶν σχέσεων (46) ἤ (47) ὅτι τά ε_i' καί ε_j' εἶναι ἀνεξάρτητες τυχαῖες μεταβλητές (καί μάλιστα ἐδῶ εἶναι τυποποιημένης κανονικῆς κατανομῆς $\mu=0$, $\sigma=1$) καί ἐπί πλέον ὅτι:

- Γενικά γιά τίς ἀνεξάρτητες τυχαῖες μεταβλητές x,y [9] καί ἄν $E(x)=\mu_x$, $E(y)=\mu_y$, $Var(x)=\sigma_x^2$, $Var(y)=\sigma_y^2$ τότε ἡ μέση τιμή καί ἡ διακύμανση τῆς συναρτήσεως

$$Z=g(x,y)$$

δίδονται κατά προσέγγιση ἀπό τίς παρακάτω συναρτήσεις(μέ τή βοήθεια τοῦ τύπου τοῦ Taylor)

$$E(Z)\simeq g(\mu_x,\mu_y)+\frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2}\sigma_x^2+\frac{\partial^2 g}{\partial y^2}\sigma_y^2\right)$$

$$Var.(Z)=(\Delta Z)\simeq \left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2.\sigma_x^2+\left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2.\sigma_y^2$$

ὅπου οἱ μερικές παράγωγοι ὑπολογίζονται στή θέση (μ_x,μ_y)

- Ἔτσι εἶναι εὔκολο νά βροῦμε γιά τή συνάρτηση

$Z=g(x,y)=x.y$ ὅτι $E(Z)\simeq 0$ καί $Var.(Z)\simeq 0$

Πού σημαίνει ὅτι γιά τίς συναρτήσεις $2\gamma_i\varepsilon_i'\varepsilon_j'$ θά εἶναι ἡ μέση τιμή τους καί ἡ ἀπόκλισή τους μηδέν δηλαδή ὅτι ὁ ὅρος $2\Sigma\gamma_i\varepsilon_i'\varepsilon_j'$ μπορεῖ νά θεωρηθεῖ ἀμελητέος καί νά τεθεῖ

$$2\Sigma\gamma_i\varepsilon_i'\varepsilon_j' \simeq 0$$

Τό θέμα αὐτός τῆς ἀμελητέας συμβολῆς τοῦ παραπάνω ὅρου, ἐξετάσθηκε στήν ἐργασία [19] μόνον μερικά μέ τήν θεώρηση τῶν συναρτήσεων κατανομῆς $\varepsilon_i'(1+\frac{2\gamma_i}{\alpha_i}\varepsilon_j')\varepsilon_i'x$ καί ε_i καί τή σύγκριση τιμῶν τῆς ὁλικῆς πιθανότητας σέ ὁρισμένες θέσεις τῆς τυχαίας μεταβλητῆς.

Φάνηκε ἑπομένως ὅτι οἱ συναρτήσεις κατανομῆς $\varepsilon_i'x$ καί ε_i' δέν διαφέρουν ἀξιόλογα καί ἔτσι μπορεῖ νά παραλείπεται ὁ ὅρος πού περιέχει τό γινόμενο $\varepsilon_i'\varepsilon_j'$. Στήν περίπτωση αὐτή μάλιστα βρέθηκε ὅτι ἡ $P\lfloor \varepsilon x \leq A \rfloor$ καί ἡ $P\lfloor \varepsilon \leq A \rfloor$, ὅπου στό A δόθηκαν οἱ τιμές 0, 1.50, 2,00 καί 2.50 λαμβάνει τίς ἑξῆς τιμές:

γιά A = 0 ,	$P(\varepsilon x\leq A)$ = 0,5000,	$P(\varepsilon\leq A)$	= 0,5000
" A = 1,50,	" = 0,9278,	"	= 0,9332
" A = 2,00,	" = 0,9663,	"	= 0,9772
" A = 2,50,	" = 0,9860,	"	= 0,9938

Μετά ἀπό τήν πιό πάνω ἐξέταση τοῦ προβλήματος τῆς κατανομῆς καί μετά τήν ἀπόδειξη πού ἔγινε γιά τήν ἀσήμαντη ἐπιρροή τοῦ ὅρου $2\Sigma\gamma_i'\varepsilon_i'\varepsilon_j'$ τῆς σχέσεως (46), αὐτή ἡ σχέση καταλήγει ὡς ἐξῆς:

$$h = \sum_{i=1}^{i=n} K_i \mu_i^{\alpha} + \alpha \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i (\varepsilon_i') + \sum_{i=1}^{i=n} \beta_i (\varepsilon_i')^2 \qquad (48)$$

δηλαδή ἡ ὁλική ἀπώλεια φορτίου κατά μῆκος μιᾶς γραμμῆς μετα - φορᾶς ἐκφράζεται σάν ἄθροισμα ἀνεξαρτήτων τυχαίων μεταβλητῶν.

Ἔτσι σύμφωνα μέ τό κεντρικό ὁριακό θεώρημα [9,19] ἡ κατανομή τῆς ἀπώλειας φορτίου h θά τείνει πρός τήν κανονική κατανομή ὅσο τό πλῆθος τῶν κλάδων (ἤ τμημάτων) αὐξάνει καί ἑπομένως ἡ μεταβλητή u τῆς σχέσεως (16) θά τείνει νά λάβει τήν τιμή $u=u_{(\varphi)}=\varepsilon$ τῆς τυποποιημένης κανονικῆς κατανομῆς γιά τήν ἐξεταζόμενη στάθμη πιθανότητας φ.

5. ΟΙ ΟΡΙΣΤΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΕΑΤΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

5.1 Ἀναζήτηση μιᾶς ἐφαρμόσιμης τιμῆς τῆς μεταβλητῆς u΄

Στό κεφάλαιο 3 ἔχουμε ἐκφράσει τήν ἀπώλεια φορτίου κατά μῆκος μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς μέ τίς ἐξισώσεις (35) καί (36), δηλαδή:

$$h = \Sigma K_i \left[\mu_i^{\alpha} + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\,\mu_i^{\alpha-2} . \sigma_i^2\right] +$$

$$+\alpha . u_{(\varphi)} \left[\Sigma(K_i \mu_i^{\alpha-1} \sigma_i)^2 + 2\sum_{j>i} K_i K_j \mu_i^{(\alpha-1)} \mu_j^{(\alpha-1)} . \sigma_i^2\right]^{1/2}$$

ὅπου α = περίπου 1,76 ἕως 2,00

$u_{(\varphi)}$ = ἡ τιμή τῆς τυποποιημένης κατανομῆς γιά στάθμη πιθανότητας φ.

Ἡ πιό πάνω σχέση γιά α=2,0 γίνεται

$$h = \Sigma K_i(\mu_i^2 + \sigma_i^2) + 2u_{(\varphi)} \left[\Sigma(K_i \mu_i \sigma_i)^2 + 2\sum_{j>i} K_i K_j \mu_i \mu_j \sigma_i^2\right]^{1/2}$$

Ἐπίσης μέ τίς ἐξισώσεις (40) καί (41) τοῦ κεφ. 3 ἔχουμε ἐκφράσει τήν ἀπώλεια φορτίου κατά ἕνα τρόπο πιό ἁπλό καί χρήσιμο γιά τίς ἐφαρμογές δηλαδή:

$$h = \Sigma K_i \left[(\mu_i^{\alpha} + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\mu_i^{\alpha-2} . \sigma_i^2\right] + \alpha . u'_{(\varphi)} \left[\Sigma(K_i \mu_i^{\alpha-1} \sigma_i)\right]$$

ἤ γιά α=2,0

$$h = \Sigma K_i(\mu_i^2 + \sigma_i^2 + 2u'_{(\varphi)} \mu_i \sigma_i) \quad \text{ὅπου} \quad u'_{(\varphi)} = u_{(\varphi)} . \frac{S}{S'}$$

καί S = ἀπόκλιση ἀπώλειας φορτίου , $S' = \alpha . K_i \mu_i^{\alpha-1} \sigma_i$

Ἀπομένει τώρα νά προβοῦμε σέ μιά ἔστω καί κατά προσέγγιση συσχέτιση τῶν S καί S' ὥστε νά μπορέσουμε νά ἐκφράσουμε ὁριστικά τή σχέση (40) ἤ (41) καθορίζοντας τή μεταβλητή u΄καί συγχρόνως μιά σχέση μεταξύ τῶν $u_{(\varphi)}$ καί $u'_{(\varphi)}$.

Στή συνέχεια θέτουμε γιά εὐκολία καί συντόμευση τῶν ὑπολογισμῶν τά ἑξῆς:

$$(K_i\mu_i^{\alpha-1}.\sigma_i) = x_i \tag{49}$$

$$\alpha_{ij} = \frac{\sigma_i}{\sigma_j} < 1 \ (j>i \ \text{καί} \ \sigma_j > \sigma_i) \tag{49α}$$

$$y_i = \frac{x_i}{x_1} = \frac{K_i\mu_i^{\alpha-1}.\sigma_i}{K_1\mu_1^{\alpha-1}\sigma_1} \leqq 1 \tag{49β}$$

Ἐάν n= τό πλῆθος τῶν κλάδων ἤ τμημάτων σ'ἕνα ἀγωγό μεταφορᾶς

θέτουμε
$$f(\hat{x}) = \sum_{i=1}^{i=n} x_i^2 + 2\sum_{j>i} x_i x_j \alpha_{ij} \tag{49γ}$$

$$F(\hat{x}) = (x_1 + \ldots\ldots + x_n)^2 = (\sum_{i=1}^{i=n} x_i)^2 \tag{49δ}$$

$$g(\hat{y}) = \frac{f(\hat{x})}{F(\hat{x})} \leqq 1 \tag{49ε}$$

Εἶναι φανερό τότε ὅτι:

$$(\frac{S}{\alpha})^2 = f(\hat{x}) = \Sigma(K_i\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i)^2 + 2\sum_{j>i} K_i K_j \mu_i^{\alpha-1}\mu_j^{\alpha-1}\sigma_i^2 \tag{49στ}$$

$$(\frac{S'}{\alpha})^2 = F(\hat{x}) = (\Sigma K_i\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i)^2 \tag{49 ζ}$$

$$(\frac{S}{S'})^2 = \frac{f(\hat{x})}{F(\hat{x})} = g(\hat{y}) \tag{49η}$$

Ἔτσι τό τελικό μας ἐνδιαφέρον συγκεντρώνεται στήν εὕρεση τῆς $g(\hat{y})$ ἤ τουλάχιστον στόν καθορισμό κάποιας κατώτερης ὁριακῆς τιμῆς της, ἡ ὁποία συνήθως παρατηρεῖται στό πεδίο ἐφαρμογῆς τῶν x_i ἤ τῶν ἀντίστοιχων $y_i = \frac{x_i}{x_1}$.

Πράγματι θά ἔχουμε

$$g(\hat{y}) = \frac{f(\hat{x})}{F(\hat{x})} = \frac{\Sigma x_i^2 + 2\sum_{j>i} x_i x_j \alpha_{ij}}{(\Sigma x_i)^2} = \frac{\Sigma y_i^2 + 2\sum_{j>i} \alpha_{ij} y_i y_j}{(\Sigma y_i)^2} \qquad (50)$$

ὅπου $y_1 = 1$

Ἄν θέσουμε ἔπειτα

$$y = \begin{bmatrix} 1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \qquad \varepsilon = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \qquad (51)$$

$$A_\alpha = \begin{bmatrix} 1 & \alpha_{12} \cdots\cdots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{12} & 1 \cdots\cdots & \alpha_{2n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{1n} & \alpha_{2n} \cdots\cdots & 1 \end{bmatrix}, \qquad A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \cdots\cdots & 1 \\ 1 & 1 \cdots\cdots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 \cdots\cdots & 1 \end{bmatrix} \qquad (51\alpha)$$

καί ἐπειδή $(\Sigma y_i)^2 = \Sigma y_i^2 + 2\sum_{j>i} y_i y_j$ ἡ σχέση 50 μπορεῖ νά γραφεῖ σέ μητρική μορφή.

$$g(\hat{y}) = \frac{f(\hat{x})}{F(\hat{x})} = \frac{f(\hat{y})}{F(\hat{y})} = \frac{y \cdot A_\alpha \cdot y^T}{y \cdot A_1 \cdot y^T} < 1$$

ὅπου οἱ $f(\hat{y})$ καί $F(\hat{y})$ εἶναι τετραγωνικές μορφές [6,15] καί y^T = ἡ ἀνάστροφος μήτρα τῆς y βλ. σχέση (51)

Ἡ πιό πάνω σχέση (52) ἐπιτρέπει ἐνδεχομένως τή θεωρητική ἀναζήτηση τῶν ὁριακῶν τιμῶν τῆς $g(\hat{y})$ γιά τό πεδίο ἐφαρμο -

γῆς τῶν y_i, πού εἶναι δυνατό νά καθοριστεῖ μέ κάποια προσέγγιση ὥστε νά περιλαμβάνει τίς περισσότερες τιμές τῶν y_i πού συναντιένται στίς ἐφαρμογές.

Πάντως ἐδῶ ἡ ἀναζήτηση θά γίνει τελικά σέ ὁρισμένες χαρακτηριστικές ὁριακές περιπτώσεις ἀφοῦ πρῶτα γίνουν καί ὁρισμένοι χρήσιμοι ἀλγεβρικοί μέτασχηματισμοί τῆς (49ε) καί ἔτσι θά ἐξάγουμε σχετικά συμπεράσματα γιά τήν ἐλάχιστη τιμή τῆς $g(\hat{y})$. Μέ αὐτό τόν τρόπο καί μέ τόν ἔλεγχο πού θά γίνει μέ συγκεκριμένα ἀριθμητικά παραδείγματα θά δεχθοῦμε στή συνέχεια μιά κατώτερη ὁριακή τιμή τῆς $g(\hat{y})$ πού συνήθως παρουσιάζεται στίς ἐφαρμογές. Ἔτσι θά ἔχουμε πρακτικά καταλήξει στό ἐπιθυμητό συμπέρασμα καί μάλιστα μέ ἀρκετά περιθώρια ἀσφαλείας, τά ὁποῖα θά ἐπιδιώξουμε, ὥστε τελικά νά μήν εἶναι ἀπόλυτα ἀναγκαῖα ἡ ἀκριβής θεωρητική ἀναζήτηση τῆς κατώτερης ὁριακῆς τιμῆς τῆς $g(\hat{y})$.

Ἐάν θέσουμε $\hat{y}=y=\varepsilon$ δηλαδή $y_i=1$

τότε $(\Sigma y_i)^2 = n^2$ καί $y.A_\alpha.y^T=n+2\sum_{j>i}\alpha_{ij}$

$$\text{καί } g(\hat{y})=g(\varepsilon)=g(1) = \frac{n+2\Sigma\alpha_{ij}}{n^2} \tag{53}$$

Ἐπίσης ἄν θέσουμε $y_2,\ldots\ldots,y_n=0$ τότε $g(\hat{y})=g(0)=1$ (54)

Ἀπό τίς σχέσεις (53) καί (54) προκύπτει ὅτι

$$g(\varepsilon)-g(0)= \frac{2\Sigma\alpha_{ij}-(n^2-n)}{n^2}$$

Ἀπό τίς σχέσεις (50) καί (53) θά ἔχουμε

$$g(\hat{y})-g(1) = \frac{\Sigma y_i^2+2\Sigma\alpha_{ij}y_iy_j}{(\Sigma y_i)^2} - \frac{n+2\Sigma\alpha_{ij}}{n^2} =$$

$$= \frac{\Sigma y_i^2+2\Sigma\alpha_{ij}y_iy_j}{(\Sigma y_i)^2} + \frac{-n^2+\frac{2n(n-1)}{2} - 2\Sigma\alpha_{ij}}{n^2} =$$

$$= \frac{\Sigma y_i^2+2\Sigma\alpha_{ij}y_iy_j}{(\Sigma y_i)^2} -1-(\frac{2}{n^2})\,\Sigma(\alpha_{ij}-1) \qquad (55)$$

Στή σχέση (55) τό πλῆθος α_{ij} εἶναι $\frac{n(n-1)}{2}$.
'Επίσης ἡ σχέση (55) γράφεται ἄν θέσουμε $\frac{\Sigma y_i^2}{\Sigma y_i^2} = 1$ καί λάβουμε ὑπόψη ὅτι $(\Sigma y_i)^2 = y_i^2+2\sum_{j>i} y_iy_j$

$$g(\hat{y})-g(1)= \frac{2\Sigma y_i(\alpha_{ij}-1).y_j}{(\Sigma y_i)^2} - \frac{2}{n^2}\,\Sigma(\alpha_{ij}-1) \qquad (56)$$

'Επειδή ὅμως $y_i \leqq 1$ καί $(\Sigma y_i)^2 \leqq n^2$

ἡ σχέση (56) γίνεται $g(\hat{y})-g(1) \geqq \frac{2}{n^2} \sum_{j>i}(\alpha_{ij}-1)(y_iy_j-1)$ (57)

$(i=1......n)$

'Από τίς σχέσεις (57) καί (54) ἔχουμε

$$g(\hat{y})-g(1) \geqq \frac{2}{n^2}\,\Sigma(\alpha_{ij}-1)(y_iy_j-1) \qquad (58)$$

ἤ ἐπειδή $\alpha_{ij}-1<0$ καί $y_iy_j-1<0$ θά εἶναι

$$g(\hat{y})-g(1) \geqq \frac{2}{n^2}\,\Sigma(1-\alpha_{ij})(1-y_iy_j) \qquad (58\alpha)$$

Τέλος ἐπειδή $g(\hat{y})\leq 1$ καί $g(0)=1$ θά ἔχουμε τελικά ἄν λάβουμε ὑπόψη καί τήν(58α).

$$1\geq g(\hat{y})\geq g(1)+\frac{2}{n^2}\,\Sigma(1-\alpha_{ij})(1-y_i y_j) \qquad (59)$$

ὅπου ἡ $g(1)=\dfrac{n+2\Sigma\alpha_{ij}}{n^2}$ σύμφωνα μέ τή σχέση (53).

Ἀπό τήν πιό πάνω σχέση (59) μποροῦμε νά βροῦμε σέ χαρακτηριστικές ὁριακές περιπτώσεις ἤ καί σέ διάφορες χαρακτηριστικές τιμές τοῦ διανύσματος $\hat{y}(1,y_1,\ldots\ldots y_n)$ τίς ἐλάχιστες τιμές τῆς $g(\hat{y})$. Μ'αὐτό τόν τρόπο μποροῦμε νά βροῦμε γιά τό συνηθισμένο πεδίο τῶν τιμῶν $\hat{y}$ ποῦ παρουσιάζεται στίς ἐφαρμογές τήν ἀντίστοιχη συνηθισμένη διακύμανση τῆς $g(\hat{y})$ καί ἐπομένως νά καθορίσουμε καί μιά κατά ἱκανοποιητική προσέγγιση κατώτερη ὁριακή τιμή της.

Στή συνέχεια γιά τό σκοπό αὐτό ὑποθέτουμε μερικές συνηθισμένες ὁριακές τιμές τόσο τῶν α_{ij} ὅσο καί τῶν y_i σέ συνάρτηση βέβαια μέ τίς ἀποδεκτές ὁριακές ταχύτητες στά δίκτυα ἀρδεύσεως (ἀπό τίς ὁποῖες ἐξαρτιένται τά παραπάνω μεγέθη πού εἶναι συναρτήσεις τῶν διαμέτρων καί παροχῶν..

Ἔτσι βρίσκουμε στίς πιό κάτω πέντε χαρακτηριστικές περιπτώσεις (α), (β), (γ), (δ), (ε) διάφορες κατώτερες ὁριακές τιμές τῆς $g(\hat{y})$ ἐνῶ στήν ἕκτη (στ) περίπτωση δίνουμε μερικές συνηθισμένες μέσες χαρακτηριστικές τιμές τῶν μεγεθῶν Q,υ,D,y_i, α_{ij} κλπ. πού συχνά συναντιένται στά δίκτυα ἀρδεύσεως.

α) Γιά ἀριθμό $n = 2$ κλάδων

$$g(\hat{y})\geq\frac{2+2\alpha_{12}}{4}+\frac{2}{4}(1-\alpha_{12})(1-y_1y_2)$$

καί ἐπειδή $y_1=1{,}0$ $\quad g(\hat{y})\geq\dfrac{1+\alpha_{12}}{2}+\dfrac{1}{2}(1-\alpha_{12})(1-y_2)$

(ι) Ἐάν $y_2=y_1=1,0$ ὁπότε τό σ_1 θά διαφέρει ἐλάχιστα τοῦ σ_2 δηλαδή $\alpha_{12}\simeq 1,0$ ἤ ἔστω $\alpha_{12}\simeq 0,90$ ἤ 0,95 , τότε $g(\hat{y})\geq 0,95$ ἤ 0,975

(ιι) Ἐάν τό $y_2 \ll y_1$ δηλαδή $\sigma_1 \ll \sigma_2$ τότε τό α_{12} θά εἶναι πολύ μικρό, π.χ. σέ μιά ὁριακή περίπτωση πού μπορεῖ συνήθως νά ἐμφανιστεῖ σέ ἐφαρμογές εἶναι $\alpha_{12}\simeq 0,10$.

Βρίσκουμε τότε ὅτι $y_2=\dfrac{K_2\mu_2\sigma_2}{K_1\mu_1\sigma_1}$ (ἤ $\dfrac{K_2\mu_2^{\alpha-1}\sigma_2}{K_1\mu_1^{\alpha-1}\sigma_1}$) ὁπότε

γιά $\alpha=2,0$ $\quad y_2=\dfrac{K_2\mu_2\sigma_2}{K_1\mu_1\sigma_1}=\dfrac{K_2(100\mu_1)(10\sigma_1)}{K_1\mu_1\sigma_1}=1000\dfrac{K_2}{K_1}=$

$$=1000\frac{l_2}{l_1}\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{16/3}<1000\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{16/3}<$$

$$<\text{συνήθως } (1000)\times(1,0\times 10^{-4}) = 0,10$$

Αὐτό συμβαίνει γιατί σύνηθως πάντοτε $l_2<l_1$ ($l_1=$ τό μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ τελευταίας τάξεως καί D_1/D_2 γιά τήν περίπτωση αὐτή εἶναι $D_1/D_2<0,178$ δηλαδή

$$(D_1/D_2)^{16/3}<1,0\times 10^{-4} \text{ (βλ. σχετ.διάγρ.5.1)}$$

Ἑπομένως μέ τίς τιμές αὐτές θά εἶναι

$g(\hat{y})>\dfrac{1+0,10}{2}+\dfrac{1}{2}(1-0,10)(1-0,10)=0,955$

(ιιι) Γιά μιά ἐνδιάμεση τιμή, π.χ. $\alpha_{12}=0,707$ $\quad g(\hat{y})>\dfrac{1+0707}{2}\simeq$ $\simeq 0,853$.
ὅταν $y_2=y_1$ ἐνῶ ἄν $y_2<y_1$, π.χ. $y_2=0,8$ τότε ἡ $g(\hat{y})$ εἶναι ἀκόμα μεγαλύτερη, π.χ. $g(\hat{y})=0,882$

β) Γιά ἀριθμό $n=3$ κλάδων $g(\hat{y})\geq\dfrac{3+2(\alpha_{12}+\alpha_{13}+\alpha_{23})}{9}+\left(\dfrac{3}{9}\right)\cdot$

$$\cdot\left[(1-\alpha_{12})(1-y_2)+(1-\alpha_{13})(1-y_3)+(1-\alpha_{23})(1-y_2y_3)\right]$$

Εὔκολα βρίσκουμε ὅτι

(ι) Γιά $\alpha_{12} \approx \alpha_{13} \approx 0,10$ ὁπότε $\alpha_{23} \approx 0,95$ καί ἄν θεωρήσουμε ὅτι τοὐλάχιστο $y_2, y_3 < 0,50$ προκύπτει ὅτι $g(\hat{y}) > 0,818$

(ιι) Ἄν ὑποθέσουμε μετά ὅτι τά $\alpha_{12}, \alpha_{13}, \alpha_{23}$ εἶναι τά μεγαλύτερα δυνατά δηλαδή, π.χ. $\alpha_{12} = 0,707$, $\alpha_{13} \approx 0,58$ καί $\alpha_{23} \approx 0,82$ καί ὅτι γενικά τά y_2 εἶναι κοντά στή μονάδα, δηλαδή, π.χ. $y_1, y_2 \approx 0,95$ καί $y_3 \approx 0,90$, πού εἶναι ὁπωσδήποτε μιά δυσμενής παραδοχή, καταλήγουμε

$$g(\hat{y}) > 0,811$$

γ) Ἐκτός ἀπό τίς πιό πάνω περιπτώσεις n =2 καί 3 κλάδων λαμβάνουμε γιά ἐξέταση καί μιά περίπτωση μέ περισσότερους κλάδους, π.χ. n=10 ὅπου ἐξετάζουμε μάλιστα τίς ἑξῆς ὑποπεριπτώσεις:

(ι) Ἄν θεωρήσουμε σάν ὁριακή περίπτωση τά $\alpha_{1,2}, \alpha_{1,3}$ ……… …$\alpha_{1,10} \approx 0,10$ δηλαδή πολύ μικρά τότε ὅλα τά ὑπόλοιπα $\alpha_{ij} > 0,95$ θά εἶναι κοντά στήν μονάδα.

Σ'αὐτή τήν περίπτωση λοιπόν ἄν τελικά δεχθοῦμε $\alpha_{1,j} = 0,10$ καί $\alpha_{ij} = 0,95$ $(i \neq 1)$ καί ἐπί πλέον δώσουμε συντηρητικές τιμές στά $y_2, \ldots, y_{10} \approx 0,50$ καταλήγουμε σέ μιά τιμή τῆς $g(\hat{y}) > 0,91$

(ιι) Μιά ἄλλη περίπτωση θά εἶναι νά δεχθοῦμε τίς ἑξῆς τιμές γιά τά $\alpha_{1j} = {}^{1}/(j)^{1/2}$:

Δηλαδή $\alpha_{1,2} = 0,707$, $\alpha_{1,3} = 0,378$, $\alpha_{1,4} = 0,500$, $\alpha_{1,5} = 0,447$, $\alpha_{1,6} = 0,408$, $\alpha_{1,7} = 0,378$, $\alpha_{1,8} = 0,354$, $\alpha_{1,9} = 0,333$, $\alpha_{1.10} \cdot 0,316$ ὁπότε προσδιορίζονται τά ὑπόλοιπα $\alpha_{i,j} = (^{i}/_{j})^{1/2}$

Βρίσκουμε τοτε γιά τήν:

$$g(\hat{y}) > \frac{10+2\Sigma\alpha_{ij}}{100} + \frac{2}{100}\left[\Sigma(1-\alpha_{ij})(1-y_i y_j)\right]$$

ἄν λάβουμε ὑπόψη ὅτι $\Sigma\alpha_{ij}$ =30,742 ὅτι μόνο μέ τόν πρῶτο ὅρο τῆς πιό πάνω σχέσεως ἔχουμε $g(\hat{y})>0,715$, ἄν δέ δεχθοῦμε ἔστω καί μερικά ἀπό τά $y \neq 1$, π.χ. $y_6,\ldots\ldots,y_{10}=0,70$ (ἐνῶ $y_2,\ldots y_5=1,0$ πρᾶγμα πού εἶναι δυσμενές) θά ἔχουμε $g(\hat{y})>0,75$.

δ) Στίς παραπάνω ειδικές ὁριακές, ὅπως θά μπορούσαμε νά ποῦμε κατά ἕνα τρόπο, περιπτώσεις μέσα στίς ὁποῖεςκινοῦνται συνήθως τά μεγέθη α_{ij} καί y_i, στίς ἐφαρμογές γιά δίκτυα πού ἔχουν περίπου μέχρι 10 κλάδους τελευταίας ἤ καί ἀνωτέρας τάξεως, ἡ ἐξέταση πού ἔγινε ἔδειξε ὅτι γενικά $g(\hat{y})>0,75$ περίπου καί μάλιστα γιά ἕνα εὐρύ πεδίο τιμῶν,π.χ. $0,10\leqq\alpha_{ij}\leqq0,95$ καί y_i μέ ἀντίστοιχες τιμές ἀλλά πού πάρθηκαν πολύ δυσμενεῖς.

Γενικότερα μάλιστα θά μπορούσαμε νά ἐπεκτείνουμε τίς παραπάνω σκέψεις μας κατά κάποιο ἐπαγωγικό τρόπο δηλαδή ἀντί γιά n=10 κλάδους νά θεωρήσουμε περισσότερους, ἔτσι:

(ι) Π.χ. γιά n κλάδους ὅταν $\alpha_{1,j}\simeq0,10$ καί τά ὑπόλοιπα $\alpha_{ij}\simeq0,95$ τότε $g(\hat{y}) = \frac{n+0,10.n+0,95(n^2-2n)}{n^2} = 0,95-\frac{0,80}{n}$ πού γιά n>10 προκύπτει

$$g(\hat{y})>0,87$$

(ιι) Ὁμοίως ὅπως καί προηγούμενα, στή περίπτωση n=10, ἄν δεχθοῦμε τίς μέγιστες τιμές τῶν $\alpha_{1,} = \left(1/j\right)^{1/2}$ μποροῦμε νά ἐξετάσουμε ἕνα μεγαλύτερο πλῆθος π.χ. n=**50**, δεχόμενοι ἀντίστοιχες τιμές τῶν y_i δυσμενεῖς, π.χ. γιά τήν πρώτη δεκάδα τῶν $y_i = y_2, \ldots\ldots, y_{10} = 0{,}80$ ἕως 1,00, γιά τήν δεύτερη δεκάδα τῶν $y_i = y_{11} \ldots\ldots\ y_{20} \leqq 0{,}70$, γιά τήν τρίτη 0,40 ἕως 0,50 κ.ο.κ. ὁπότε θά βροῦμε γιά τή $g(\bar{y}) > 0{,}75$.

Γενικότερα παρατηροῦμε ὅτι στίς πιό κάτω περιπτώσεις ἐξε - τάσαμε γραμμές μεταφορᾶς πού ἐξυπηρετοῦν κλάδους σχετικά ὁμοιόμορφους ὅπως καί στό παράδειγμα 5.1 στό ὁποῖο μάλιστα βρίσκουμε ὅτι ἡ $g(\bar{y}) \geqq 0{,}81$.

ε) Παρατηροῦμε ὅμως, ὅτι οἱ τιμές $g(\bar{y})$ μποροῦν σέ εἰδικές περιπτώσεις, ὅπως, π.χ. στό παράδειγμα 5.2 νά κατεβοῦν καί σέ χαμηλότερα ἀπό τά κατώτερα ὅρια πού προσδιορίζονται πιό πάνω, ἀλλά στήν περίπτωση αὐτή ἡ τιμή τοῦ ὅρου $\alpha.u'S'$ σέ σχέση μέ τό συνολικό h μικραίνει ὥστε τελικά ἡ ποσοστιαία συμμετοχή αὐτοῦ (δηλαδή ὁ ὅρος $\frac{\alpha.u'S'}{h}$) νά μήν αὐξάνει.

Σχετικά, μάλιστα, ἀναφερόμαστε πιό κάτω ἐκτενέστερα τόσο στήν ἐξέταση τοῦ ὅρου $\lambda = \frac{a.u'.S'}{h}$ καί τήν διακύμανσή του ἀνάλογα μέ τό πλῆθος τῶν στομίων R τόν συντελεστή C_v μεταβολῆς τῆς παροχῆς καί τήν τιμή τῆς $u'_{(\varphi)}$, ὅσο καί στίς συγκεκριμένες τιμές τῆς $g(\bar{y})$ στό ἀριθμητικό παράδειγμα 5.2 ὅπου τελικά παρά τό γεγονός ὅτι ἡ $g(\bar{y}) = 0{,}593$ ἐπειδή τό λ μικραίνει σημαντικά, ἡ αὔξηση τοῦ h παραμένει μέσα στά περιθώ - ρια πού καθορίζουμε πιό κάτω.

στ) Θά δώσουμε στή συνέχεια μερικές συνηθισμένες τιμές παροχῶν, διαμέτρων κλπ. πού ἀπαντιένται στά ἀρδευτικά δί - κτυα ἀνάλογα μέ τό πλῆθος τῶν στομίων ὑδροληψίας πού ἐξυ - πηρετοῦν (Διάγραμμα Δ.5.1). Ἀπό αὐτές θά ἐκτιμήσουμε τίς ἀντίστοιχες μέσες τιμές τῶν μεγεθῶν y_i καί $\alpha_{1,i} = {}^{\sigma}1/\sigma_i$ ὥστε νά ἀποκτήσουμε μιά ἀντίληψη τοῦ μεγέθους τῶν y_i καί $\alpha_{1,i}$.

θεωρώντας έτσι έναν άγωγό μεταφορᾶς πού τροφοδοτεῖ έκατό κλάδους τελευταίας τάξεως πού ὁ καθένας πάλι έξυπηρετεῖ 10 στόμια καί δίδοντας τιμές άπό $P=\frac{1}{3}$ ἕως $P=2/3$ βρίσκουμε ἄν δεχτοῦμε είδική παροχή άρδεύσεως γιά 18ωρο λειτουργία δικτύου 0,082 λ/δλ/στρεμ., ὅτι ἡ παροχή q_o κάθε στομίου γιά έπιφά - νεια άγροτεμαχίου 25 στρεμ. θά κυμαίνεται άπό $q_o=3{,}08$ ἕως 6,15 λ/δλ καί άντίστοιχα γιά 45 στρεμ. άπό $q_o=5{,}54$ ἕως 11.07 λ/δλ.

'Αντίστοιχα ἡ διακύμανση τῆς παροχῆς γιά ἕνα κλάδο τελευταίας τάξεως μέ R=10 στόμια καί ποιότητες λειτουργίας,π.χ. φ= =0,90-0,95-0,99 μπορεῖ νά ὑπολογιστεῖ εὔκολα μέ τίς σχέσεις (3) καί (4) τοῦ κεφαλ. 1 έφαρμόζοντας σάν άκραῖες όριακές τιμές, τίς πιό πάνω τιμές τῆς q_o. Βρίσκουμε ἔτσι τά διαστήματα μέσα στά ὁποῖα βρίσκεται συνήθως ἡ τιμή τῆς παροχῆς σέ συνάρτηση μέ τό πλῆθος τῶν στομίων R. Μετά έκτιμᾶμε τήν άντίστοιχη διακύμανση τῆς διαμέτρου, μέ όριακές ταχύτητες αὐτές πού άναφέρονται στό κεφάλαιο 7 καί τέλος δεχόμαστε μέσες τιμές γιά τή διάμετρο D_i, οἱ ὁποῖες εἶναι τελείως ένδεικτικές καί άπλῶς έκφράζουν κατά προσέγγιση μιά τάξη μεγέθους διαμέτρου πού μπορεῖ νά ποῦμε ὅτι εἶναι καί ἕνας κατά κάποιο τρόπο μέσος στατιστικός ὅρος τῶν μεγεθῶν D_i πού παρουσιάζονται σέ έφαρμογές. Στή συνέχεια μέ τίς διαμέτρους αὐτές σάν βάση έκτιμοῦμε τίς τιμές y_j (j=2,............,i) καί $\alpha_{1,j}$ άπό τίς σχέσεις:

$$y_j = \frac{K_j \mu_j \sigma_j}{K_1 \mu_1 \sigma_1} = \left(\frac{R_j}{R_1}\right)^{3/2} \cdot \left(\frac{K_j}{K_1}\right) = \left(\frac{R_j}{R_1}\right)^{3/2} \cdot \left(\frac{D_1}{D_j}\right)^{16/3} \qquad j\ 2,.......i$$

$$\text{καί} \qquad \alpha_{1,i} = \frac{\alpha_1}{\sigma_i} \qquad , \qquad R_1 = 10 \text{ στόμια}$$

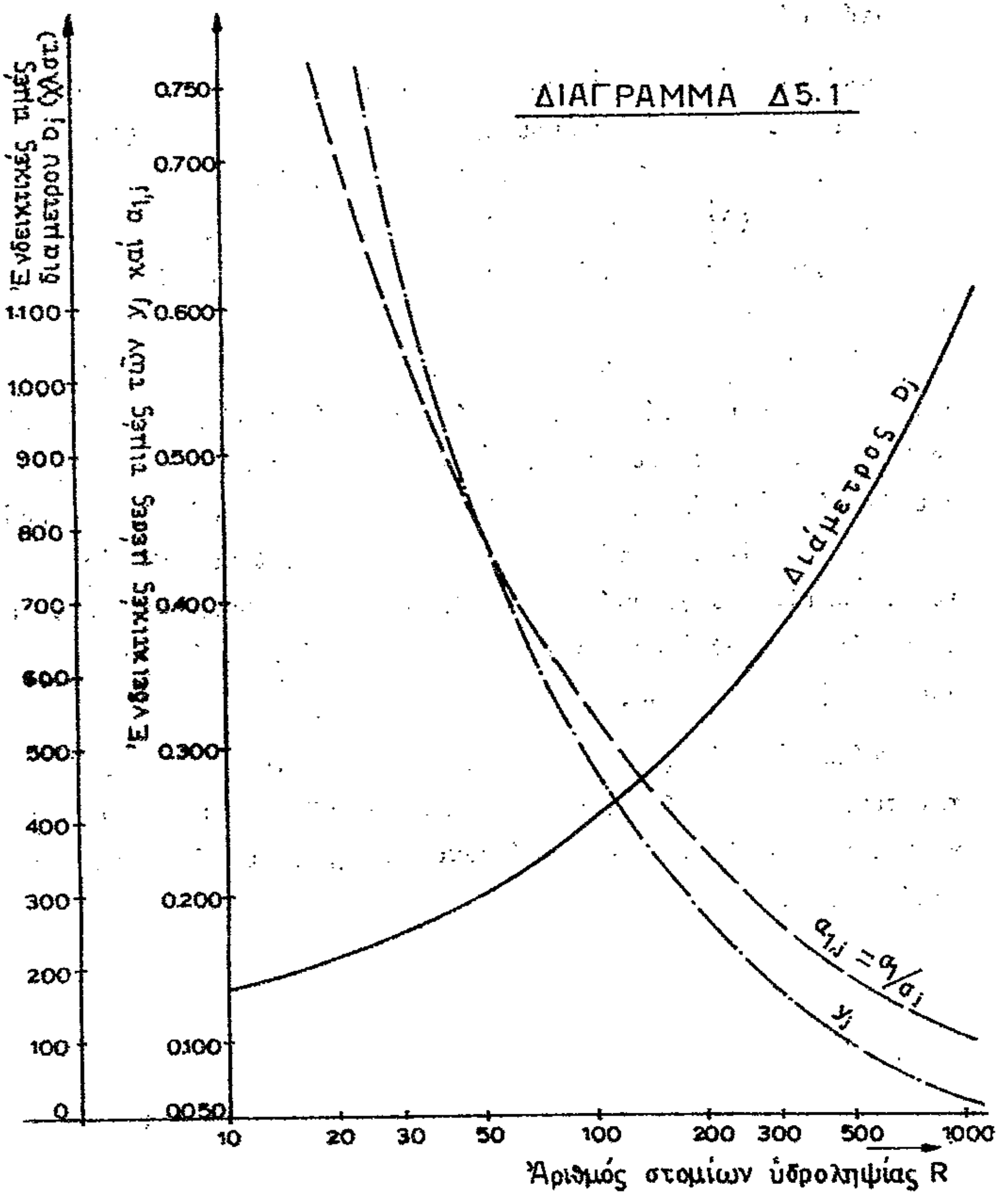
$$\mu = R.p.q_o \quad \text{καί} \quad \sigma = R.p.(1-p)^{1/2}.q_o$$

Τά ἀποτελέσματα πού βγῆκαν μέ κάποιες προσεγγίσεις ἐμφανίζονται στό διάγραμμα Δ 5.1.

Βλέπουμε ἀπ'τό διάγραμμα αὐτό ὅτι οἱ τιμές πού χρησιμοποιήθηκαν πιό πάνω στίς ειδικές περιπτώσεις (α) ἕως (δ)γιά τά y καί α_{1j} , ὥστε νά ὑπολογιστεῖ μιά λογικά κατώτερη τιμή τῆς συναρτήσεως g($\hat{y}$) βρίσκονται μέσα σέ πιθανά ὅρια,ἄσχετα ἄν γιά λόγους δυσμενέστερους πάρθηκαν σέ ὡρισμένες περιπτώσεις σχετικά συντηρητικά.

Οἱ τιμές τῶν y καί α_{1j} τοῦ διαγράμματος Δ.5.1 καλύπτουν κατά προσέγγιση ἐκτάσεις πού φθάνουν περίπου μέχρι 45000 στρέμματα. Τετοιες ἐκτάσεις δέν παρατηροῦνται εὔκολα σέ μιά μόνο ἐνιαία ζώνη ἀρδεύσεως καί πολύ περισσότερο σέ μιά μόνο γραμμή μεταφορᾶς. Πράγματι στίς συνηθισμένες περιπτώσεις τῶν ἀρδευτικῶν δικτύων οἱ γραμμές μεταφορᾶς μπορεῖ νά θεωρηθεῖ ὅτι οἱ περισσότερεες θά ἐξυπηρετοῦν μέχρι 100 στόμια καί μερικές μέχρι 400 ἤ 500 τό πολύ.

Τέλος ἀπ'τό διάγραμμα Δ.5.1 βλέπουμε τήν μεγάλη μείωση τῶν τιμῶν y_i μέ τήν αὔξηση τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στομίων,πού δείχνει ὅτι ἡ συνάρτηση g($\hat{y}$) πράγματι διατηρεῖται σέ σχετικά ὑψηλές τιμές.


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ5.1
Ἐνδειχτικές τιμές διαμέτρου Dj (χλστ.)
Ἐνδειχτικές μέσες τιμές τῶν yj καί a1,j
Διάμετρος Dj
a1,j = a1/aj
yj
Ἀριθμός στομίων ὑδροληψίας R

5.2. Συμπεράσματα ἀπό τίς πιό πάνω διερευνήσεις καί ἀναζητή - γιά τήν u″.

Μποροῦμε τελικά μετά ἀπό ὅλες τίς πιό πάνω ἐξετάσεις πού ἔγιναν γιά νά ἐκτιμηθεῖ μιά κατώτερη ὁριακή τιμή τῆς $g(\hat{y})$ πού συνήθως παρουσιάζεται στίς ἐφαρμογές, καί στή συνέχεια μιά κατάλληλη τιμή τῆς $u'=u.\frac{S}{S} = u(g(\hat{y}))^{1/2}$ νά δεχθοῦμε ὅτι:

$g(\hat{y}) > 0{,}44$ ἕως $0{,}70$ περίπου

ἤ ἐπειδή $\quad g(\hat{y})= \frac{f(\hat{x})}{F(\hat{x})} =(\frac{S}{S'})^2$ θά εἶναι

$$\frac{S}{S'} = \left[g(\hat{y})\right]^{1/2} > 0{,}80 \text{ ἕως } 0{,}84 \text{ περίπου}$$

Στίς ἐξισώσεις ὅμως (40) ἤ (41) θά εἶναι γιά κάθε κλάδο i τό ποσοστό συμμετοχῆς τοῦ δεύτερου ὅρου $\alpha.u'.S'$ ἤ $2u'.S'$ σέ σχέση πρός τό σύνολο τῆς ἀπώλειας φορτίου, ἴσο πρός

$$\lambda = \frac{\alpha.u'_{(\varphi)}.\mu_i^{\alpha-1}.\sigma_i}{\mu_i^{\alpha}+\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\mu_i^{\alpha-2}\sigma_i^2+\alpha.u'_{(\varphi)}.\mu_i^{\alpha-1}.\sigma_i} =$$

$$= \frac{\alpha.u'_{(\varphi)}.C_{vi}}{1+\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}C_{vi}^2 + \alpha u'_{(\varphi)}C_{vi}} \tag{60}$$

ἤ γιά α=2,0

$$\lambda = \frac{2u'_{(\varphi)}C_{vi}}{1+C_{vi}^2+2u'_{(\varphi)}C_{vi}} \tag{61}$$

Ἡ σχέση (61) ἄν λάβουμε ὑπόψη ὅτι $C_{vi}= (\frac{1-p}{R.p})^{1/2}$ καί θεωρήσουμε ὅτι τό ἐλάχιστο $R_i=10$ στόμια θά δώσει τίς ἑξῆς τιμές στό λ γιά $u'_{(\varphi)} = 1{,}28,\ 1{,}65$ καί $2{,}33$ ($p =\frac{1}{3}$ ἕως $^2/_3$)

Γιά u′=

			=1,28	=1,65	=2,33
$P=^1/_3$	R=10	C_v=0,447	0,488	0,550	0,580
	R=20	C_v=0,316	0,424	0,487	0,515
$P=^2/_3$	R=10	C_v=0,224	0,353	0,413	0,498
	R=20	C_v=0,158	0,283	0,337	0,418
	R=30	C_v=0,129	0,245	0,295	0,371

'Από τίς πιό πάνω τιμές τοῦ λ βγαίνει τό συμπέρασμα γιά τίς συνηθισμένες περιπτώσεις $\varphi \leq 0{,}95$ καί R>10 ὅτι $\lambda \leq 0{,}50$. Βέβαια σέ ἀκραῖες περιπτώσεις ὅπου $R \leq 10$ καί τό $C_v \geq 0{,}45$ τό λ μπορεῖ νά πάρει καί μεγαλύτερες τιμές. Αὐτό ὅμως ἄν συμβεῖ θά εἶναι τελείως περιορισμένο σέ κάποια είδική γραμμή μρταφορᾶς ἑνός δικτύου.

Μέ τήν εὐκαιρία μάλιστα δίδουμε καί τόν συντελεστή μεταβολῆς τῆς ἀπώλειας φορτίου $C_{vh}=\dfrac{2\mu_i\sigma_i}{\mu_i^2+\sigma_i^2}=\dfrac{2^2C_{vi}}{1+C_{vi}^2}$ ὅπου παρθηκε α=2,0 καί C_{vi} εἶναι ὁ συντελεστής μεταβολῆς τῶν παροχῶν. Γιά C_{vi}=0,45 ἔχουμε C_{vh}=0,75 πού εἶναι συνήθως καί μιά μέγιστη τιμή.

'Επανερχόμενοι μετά ἀπό ὅλα τά πιό πάνω στό θέμα τῆς ἀπώλειας φορτίου h πού προκύπτει ἀπό τήν ἐξίσωση (40) ἤ (41) βλέπουμε ὅτι αὐτή θά εἶναι αὐξημένη τό πολύ κατά 8 ἕως 10% ἀπό τήν ἀπώλεια h πού ἐξάγεται μέ τήν ἐφαρμογή τῶν ἐξισώσεων (35) ἤ (36). Μάλιστα ἄν λάβουμε ὑπόψη ὅτι ἤδη ἔχουμε παραλείψει δυό ὅρους ἀπό τίς ἐξισώσεις (28) ἤ (29) πού ἀντιπροσωπεύουν καί αὐτοί ἔστω καί ἕνα μικρό ποσόστό (π.χ.1,0%) τῆς ἀπώλειας h τότε πραγματικά ἡ αὔξηση 8 ἕως 10% θά εἶναι ἡ μέγιστη δυνατή πού θά παρατηρεῖται στήν h ὅταν ἐφαρμοσθοῦν οἱ ἐξισώσεις (40) ἤ (41).

'Ακόμη μάλιστα καί σέ εἰδικές περιπτώσεις ὅπου ἤ $g(\hat{y})<0,64$ ἤ $g(\hat{y})^{1/2}<0,80$, ἐπειδή τότε μειώνεται ὁ ὅρος $au'S'$ σέ σχέση πρός τό συνολικό h, πάλι ἡ αὔξηση τοῦ h δέν θά περνάει τό ποσοστό 8 ἕως 10% πού ἐκτιμήθηκε πιό πάνω. Σχετικά ἀριθμητικά δεδομένα μπορεῖ νά δεῖ κανείς στό παράδειγμα 5.2 πού ἀκολουθεῖ.

'Η πιό πάνω ποσοστιαία αὔξηση τοῦ h(8 ἕως 10%)εἶναι φανερό ὅτι ἀντιστοιχεῖ σέ αὔξηση τῆς ἀντίστοιχης παροχῆς σχεδιασμοῦ πού εἶναι περίπου 3%.

Οἱ τιμές τῆς h πού ἐφαρμόζονται στίς σχέσεις (35)ἤ (36) κυμαίνονται μέσα σέ σχετικά περιορισμένα διαστήματα τά ὁποῖα εἶναι περισσότερο περιορισμένα ὅσο χαμηλότερη εἶναι ἡ στάθμη πιθανότητας φ. Ἔτσι στήν ὁριακή περίπτωση ἑνός κλάδου ὅπου γιά α=2,0 οἱ σχέσεις (19α) καί (28) δίδουν $m=k_1(\mu_1^2+\sigma_1^2)$ καί $S= 2k_1\sigma_1(\mu_1^2+\frac{1}{2}\sigma_1)^{1/2}$ οἱ ὁποῖες μέ ἀντικατάσταση στή σχέση: $h=m+uS=K_1(\mu_1+\varepsilon\sigma_1)^2$ δίδουν τελικά τήν τιμή τῆς $u=\dfrac{(\varepsilon^2-1)C_v+2\varepsilon}{(4+2C_v^2)^{1/2}}$

(ὅπου $C_v = \dfrac{\sigma_1}{\mu_1}$). Ἔτσι προκύπτουν γιά τήν τά ἑξῆς ὅρια διακυμάνσεως [19].

Γιά φ = 0,90, ε=1,28 καί C_v=0 ἕως 0,45 ἀντίστοιχα τό u=1,28 ἕως 1,36

Γιά φ = 0,95, ε=1,65 καί C_v=0 ἕως 0,45 " τό u=1,65 ἕως1,93

" φ = 0,99 ε=2,33 καί C_v=0 ἕως 0,45 " τό u=2,33 " 3,17

Ἔχουν προταθεῖ κατόπιν τῶν πιό πάνω οἱ ἑξῆς μέσες τιμές [19]

Γιά φ = 0,90 u=1,33

Για φ = 0,95 u=1,85

Πάντως μιά έξομείωση [19] σέ μιά γραμμή μεταφορᾶς μέ δέκα κλάδους ἔδωσε γιά φ =0,95 τιμές τῆς u≈1,70. Τελικά ἡ τιμή τῆς u΄ εἶναι $u' = u.\frac{S}{S'}$ ὅπως προκύπτει ἀπό τή σχέση (39). Ἀλλά ὑπολογίσθηκε ὅτι μποροῦμε νά δεχθοῦμε ὅτι σχεδόν πάντοτε στίς ἐφαρμογές θά εἶναι 0,80 ἕως 0,84 $< \frac{S}{S'} < 1,0$ πρᾶγμα πού σημαίνει ὅτι u΄<u.

Ἔτσι προτείνεται ἡ μείωση τῆς τιμῆς (πού ἡ τιμή της ὅπως εἴδαμε πιό πάνω κυμαίνεται σέ διαστήματα στά ὁποῖα τό κατώτερο ὅριο συμπίπτει μέ τήν τιμή τῆς ε) κατά μέσο ποσοστό 8 ἕως 10%, ὥστε νά προσεγγίσουμε στίς τιμές τῆς u΄, ἡ ὁποία πρακτικῶς τότε μπορεῖ νά θεωρηθεῖ ὅτι συμπίπτει σχεδόν μέ τήν τυποποιημένη τυχαία μεταβλητή τῆς κανονικῆς κατανομῆς. δηλαδή τήν ε.

Μάλιστα κάνοντας δεκτό ὅτι u΄= ε, ἐνδεχόμενα κάνουμε κάποια μικρή ὑπερτίμηση ἤ ὑποτίμηση τοῦ h, αὐτή ὅμως εἶναι πολύ μικρή ἄν λάβουμε ὑπόψη ὅτι ὁ ὅρος α u΄S΄ σέ σχέση μέ τό συνολικό h εἶναι πάντοτε μικρότερος τοῦ 0,50h καί πρακτικῶς τίς περισσότερες φορές πέφτει συνήθως κάτω ἀπό τήν τιμή 0,33h.

Αὐτό πάντως ἐπαληθεύεται καί στά παραδείγματα πού ἀκολουθοῦν (παραδ. 5.1 καί 5.2) στό τέλος τοῦ κεφαλαίου.

Καταλήγουμε ἔτσι νά προτείνουμε τίς ἑξῆς τιμές γιά τήν τυποποιημένη τιμή τῆς ἀπώλειας φορτίου u΄ .

Γιά	φ=0,90	u΄ ≃ 1,28	
"	φ=0,95	u΄ ≈ 1,65	Δηλαδή γενικά u΄=ε
"	φ=0,99	u΄ ≃ 2,33	καί μερικές φορές ἴσως μέχρι 2,40)

ὅπου ε = τυποποιημένη τυχαία μεταβλητή κανονικῆς κατανομῆς.

5.3. Ὁριστική ἔκφραση τῶν ἐξισώσεων ἀπώλειας φορτίου

Ἔτσι οἱ ὁριστικές ἐξισώσεις πού ἐκφράζουν τήν ἀπώλεια φορτίου δηλαδή οἱ ἐξισώσεις (40) καί (41) γράφονται μέ τήν πιό κάτω μορφή:

$$h=(H_\Delta-H_o)=\Sigma h_i=\Sigma K_i\left[\mu_i^\alpha+\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\mu_i^{\alpha-2}\sigma_i^2+\alpha.\varepsilon.\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i\right] \qquad (62)$$

καί γιά α =2,0

$$h=\Sigma K_i\left[\mu_i^2+\sigma_i^2+2.\varepsilon.\mu_i\sigma_i\right] \qquad (63)$$

Στήν συνέχεια ἄν ὀνομάσουμε

$$\mu_i^\alpha\left[+\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\mu_i^{\alpha-2}\sigma_i^2+\alpha.\varepsilon.\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i\right]^{1/\alpha}=Q_i \qquad (64)$$

ἤ γιά α=2

$$\left[\mu_i^2+\sigma_i^2+2\varepsilon\mu_i\sigma_i\right]^{1/2}=Q_i \qquad (65)$$

Οἱ ἐξισώσεις (62) καί (63) ἄν λάβουμε ὑπόψη καί τίς (64), (65) γίνονται

$$h=\Sigma K_iQ_i^\alpha \qquad (66)$$

$$(i=1,\dots n)$$

ἤ γιά α=2,0 $h=\Sigma K_iQ_i^2$ (67)

$$(i=1\dots\dots n)$$

Στίς πιό πάνω ἐξισώσεις ὑπενθυμίζουμε ὅτι:

ε= τυποποιημένη τυχαία μεταβλrτή κανονικῆς κατανομῆς

α= 1,76 περίπου ἕως 2,00

μ_i,σ_i = μέση τιμή καί τυπική ἀπόκλιση τῆς παροχῆς στόν κλάδο i πού ὑπολογίζονται ἐφαρμόζοντας τίς σχέσεις (3) καί (4)

5.4. Οἱ " ἰδεατές παροχές" σχεδιασμοῦ

Πιό πάνω στίς σχέσεις (64)καί (65) ὀνομάσαμε μέ Q_i μιά ποσότητα μέ διαστάσεις παροχῆς.

Τό μέγεθος αὐτό ἀπό δῶ καί πέρα θά τό ὀνομάζουμε "ἰ δ ε τ ή π α ρ ο χ ή" τοῦ κλάδου ἤ τοῦ τμήματος τοῦ ἀγωγοῦ μεταφορᾶς.

Εἶναι φανερό ὅτι ἄν θεωρήσουμε τίς πιό πάνω "ἰδεατές παροχές" σάν παροχές σχεδιασμοῦ, θά ἰσχύουν οἱ ἐξισώσεις (62)ἤ (63) καί κατά συνέπεια θά καλύπτονται οἱ ἀπαιτήσεις γιά τή διατήρηση μιᾶς ἐλάχιστης ποιότητας λειτουργίας φ σέ κάθε γραμμή μεταφορᾶς. Σχετικά παρατηροῦμε ὅτι οἱ ἰδεατές παροχές δέν ἐκπληρώνουν τό νόμο τῆς συνέχειας καί ἑπομένως τό ἀλγεβρικό τους ἄθροισμα σέ κάθε κόμβο (ὅπου θεωρεῖται θετική ἡ προσερχόμενη παροχή καί ἀρνητική ἡ ἀπερχόμενη) δέν θά εἶναι μηδέν.

Ἐδῶ κάνουμε μιά διευκρίνηση σχετικά μέ τόν ἀγωγό τελευταίας τάξεως πού ἀνήκει σέ μιά ἐξεταζόμενη γραμμή μεταφορᾶς , καί ἐξυπηρετεῖ λιγότερα ἀπό 10 ἤ 12 στόμια ὑδροληψίας. Στήν περίπτωση αὐτή οἱ ἰδεατές παροχές Q_i γιά τό σχεδιασμό τοῦ ἀγωγοῦ τελευταίας τάξεως προκύπτουν ἀπό τήν ἄθροιση τῶν παροχῶν πού δίνουν τά θεωρούμενα στόν κλάδο ἀνοιχτά στόμια,τά ὁποῖα καθορίζονται μέ σχετικές ὁδηγίες τοῦ κεφαλαίου 6.

Ἐπανερχόμενοι στίς τιμές πού δίδουν οἱ σχέσεις (64) καί (65) εἶναι εὔκολο νά διαπιστώσουμε ὅτι αὐτές βρίσκονται πολύ κοντά καί ἔτσι γιά τόν ὑπολογισμό τῆς " ἰδεατῆς παροχῆς" θά εἶναι δυνατό νά χρησιμοποιοῦμε πάντοτε τή σχέση (64).

Πράγματι οἱ σχέσεις (64) καί (65) μποροῦν νά πάρουν τήν ἑξῆς μορφή ἀντίστοιχα.

$$\left[(\mu_i^{\alpha}+\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\mu_i^{\alpha-2}\sigma_i^2+\alpha.\varepsilon.\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i)\right]^{1/\alpha} \approx$$

$$\approx \left[(\mu_i+\varepsilon\sigma_i)^{\alpha}-\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\mu_i^{\alpha-2}\sigma_i^2(\varepsilon^2-1)\right]^{1/\alpha} \tag{67α}$$

$$\text{καί} \left[(\mu_i^2+\sigma_i^2+2\varepsilon\mu_i\sigma_i)\right]^{1/2} = \left[(\mu_i+\varepsilon\sigma_i)^2-\sigma_i^2(\varepsilon^2-1)\right]^{1/2} \tag{67β}$$

Στή σχέση (67α) παρατηροῦμε ὅτι ὁ δεύτερος ὅρος μέσα στήν ἀγκύλη εἶναι πολύ μικρός σέ σύγκριση μέ τόν πρῶτο ὅρο στήν ἴδια ἀγκύλη.

Ἔτσι ἄν θέσουμε $\lambda = \dfrac{\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\mu_i^{\alpha-2}.\sigma_i^2(\varepsilon^2-1)}{(\mu_i^{\alpha}+\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\mu_i^{\alpha-2}\sigma_i^2\varepsilon^2+\alpha\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i\varepsilon} =$

$$= \frac{\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}C_v^2(\varepsilon^2-1}{1+\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}C_v^2\varepsilon^2+\alpha\varepsilon C_v} \tag{67γ}$$

Ἀπό αὐτή τή σχέση (67γ) προκύπτουν οἱ ἑξῆς τιμές

Γιά α=1,76 καί	C_v=0,45,	ε=1,28	τό	λ = 0,0387
	" ",	ε=1,65	"	λ = 0,087
	C_v=0,10	ε=1,28	"	λ = 0,0035
	" "	ε=1,65	"	λ = 0,0088
Γιά α=2,0 καί	C_v=0,45,	1,28	"	λ = 0,052
	" "	1,65	"	λ = 0,115
	C_v=0,10	1,28	"	λ = 0,005
	" "	1,65	"	λ = 0,0107

Προκύπτει ἔτσι ὅτι ἀκόμα καί στή δυσμενέστερη περίπτω - ση ὅπου C_v=0,45, πού πραγματοποιεῖται γιά ἀγωγούς τελευταίας τάξεως μέ R=10, ἄν παραλείψουμε τό δεύτερο ὅρο στήν ἀγκύλη τῶν ἐξισώσεων (67α) καί (67β) θά προκύψει ὅτι γενικά θά εἶναι:

$$(\mu_i+\varepsilon\sigma_i) \geq \left[\mu_i^{\alpha}+\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\mu_i^{\alpha-2}\sigma_i+\alpha\varepsilon\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i\right]^{1/\alpha} \geq \left[0,913(\mu_i+\varepsilon\sigma_i)^{\alpha}\right]^{1/\alpha} \approx$$

$\approx 0,95(\mu_i+\varepsilon\sigma_i)$ καί γιά $\alpha=2,0$

$$(\mu_i+\varepsilon\sigma_i) = \left[\mu_i^2+\sigma_i^2+2\varepsilon\mu_i\sigma_i\right]^{1/2} = \left[0,885(\mu_i+\varepsilon\sigma_i)\right]^{2\ 1/2} \approx$$

$\approx 0,94(\mu_i+\varepsilon\sigma_i)$.

Δηλαδή παρατηροῦμε ὅτι οἱ τιμές πού δίδουν οἱ ἐξισώσεις (64) καί (65) εἶναι πολύ κοντά. Μάλιστα ὅσο μικραίνει τή τιμή τοῦ συντελεστοῦ μεταβολῆς C_v τόσο οἱ τιμές τῶν ἰδεατῶν παρο - χῶν πλησιάζουν τίς παροχές πού δίδει ἡ σχέση (2) δηλαδή $Q_i = \mu_i+\varepsilon\sigma_i$.

Ἡ σύμπτωση σχεδόν τῶν παροχῶν πού δίδουν οἱ σχέσεις(64) καί (65) μποροῦμε νά τή δοῦμε καί στά ἀριθμητικά ἀποτελέσματα τοῦ παραδείγματος 9.2 ὅπου μάλιστα παρατίθενται καί οἱ τιμές $Q_i=\mu_i+\varepsilon\sigma_i$ πού δίδει ἡ σχέση (2) τοῦ R.Clement ὥστε νά καταφανεῖ ἡ μεγάλη προσέγγιση πού πραγματοποιεῖται στίς Q_i τῆς σχέσεως (2) καί τῆς (65) ὅσο αὐξάνει ὁ ἀριθμός τῶν στομίων R πού ἐξυπηρετοῦνται ἀπό τόν κλάδο i καί ἑπομένως μικραίνει ἡ τιμή τοῦ συντελεστοῦ C_v.

Ἔτσι τελικά ὡς " ἰδεατή παροχή" σχεδιασμοῦ λαμβάνεται ἡ

$$Q_i = (\mu_i^2+\sigma_i^2+2\varepsilon\mu_i\sigma_i)^{1/2} \quad ἤ \quad Q_i=\mu_i(1+C_{vi}^2+2\varepsilon C_{vi}) \qquad (68)$$

ὅπου C_{vi} = συντελεστής μεταβολῆς τῶν παροχῶν στόν κλάδο i.

Ἐπειδή τό C_{vi}^2 εἶναι πολύ μικρό σέ σύγκριση μέ τήν ὅλη Q_i ἰδίως ὅταν ὁ κλάδος ἐξυπηρετεῖ ἀρκετά στόμια μποροῦμε νά θέσουμε

$$Q_i \simeq \mu_i(1+2\varepsilon C_{vi})^{1/2} \qquad (69)$$

Αὐτό εἶναι μᾶλλον σκόπιμο τίς περισσότερες φορές στίς ἐφαρμογές γιατί ὅπως εἴπαμε ἤδη οἱ ἰδεατές παροχές τῆς σχέσεως ((68) δίδουν ἕνα μικρό ποσοστό αὐξημένης ἀπώλειας φορτίου.

5.5. Τελική κατάληξη γιά τό σχεδιασμό

Καταλήγουμε λοιπόν στό ἑξῆς συμπέρασμα μετά ἀπό ὅλη τήν πιό πάνω ἐπεξεργασία τοῦ προβλήματος.

" Γιά νά σχεδιάσουμε ἕνα ὑπό πίεση ἀκτινωτό δίκτυο ἀρδεύσεως ἐξασφαλίζοντας σ'αὐτό ὁμοιόμορφα μιά ἐπιθυμητή ποιότητα λειτουργίας φ, θά πρέπει νά ὑπολογίσουμε τίς ἀπώλειές του κατά μῆκος ὅλων τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς μέ ἰδεατές παροχές:

$$Q_i = \bar{Q}_i \cdot \rho_i \tag{70}$$

ὅπου $\bar{Q}_i = \mu_i$ = ἡ μέση τιμή τῆς παροχῆς στόν κλάδο ἤ τό τμῆμα i μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς.

καί

$$\rho_i = (1+C_{vi}^2+2\varepsilon C_{vi})^{1/2} \simeq (1+2\varepsilon C_{vi})^{1/2} \tag{71}$$

ἤ

$$Q_i = (\mu_i^2+\sigma_i^2+2\varepsilon\mu_i\sigma_i)^{1/2} \simeq (\mu_i^2+2\varepsilon\mu_i\sigma_i)^{1/2} \tag{71a}$$

ὑπενθυμίζουμε ὅτι C_{vi} = συντελεστής μεταβολῆς τῶν παροχῶν στόν κλάδο $i = \sigma_i/\mu_i$

ε = Ἡ τιμή τῆς τυποποιημένης τυχαίας μεταβλητῆς κανονικῆς κατανομῆς πού ἀντιστοιχεῖ στήν ἐπιθυμητή στάθμη πιθανότητας φ. Ὁ μελετητής μηχανικός ἐνδεχομένως γιά ὑψηλές τιμές τῆς φ, π.χ. φ =0,99 μπορεῖ κατά τήν ἐκτίμησή του νά αὐξήσει κατά ἕνα μικρό ποσοστό τήν τιμή τῆς ε, π.χ. σέ ε=2,40 Ἐπίσης γιά τιμές φ<0,90 μπορεῖ νά τή

μειώσει κατά μικρό ποσοστό.
Πάντως έπειδή ή έπιρροή αύτή στήν ὅλη τιμή τοῦ h θά εἶναι μικρή,προτείνεται γιά τά συνηθισμένα ὅρια τῆς φ τῶν έφαρμογῶν νά μή γίνεται καμμιά μεταβολή στό ε.

Τελικά βλέπουμε ὅτι οἱ ἐξισώσεις (66) ἤ (67)δηλ.$h=\Sigma K_i Q_i^{\alpha}$ ἤ $\Sigma K_i Q_i^2$ καί οἱ ἐξισώσεις (70) καί (71) ἤ (71α) προσδιορίζουν ἀκριβῶς ἐκεῖνες τίς ἀπώλειες φορτίου (μέ ἐφαρμογή κατάλληλων παροχῶν σχεδιασμοῦ) πού ἀντιστοιχοῦν σέ μιά ποιότητα λειτουργίας φ τοῦ δικτύου. Ἔτσι ἐπιλύεται ἁπλᾶ καί γρήγορα τό πρόβλημα πού ὑπῆρχε μέχρι σήμερα γιά τόν σωστό σχεδιασμό ἑνός ὑπό πίεση ἀρδευτικοῦ δικτύου .

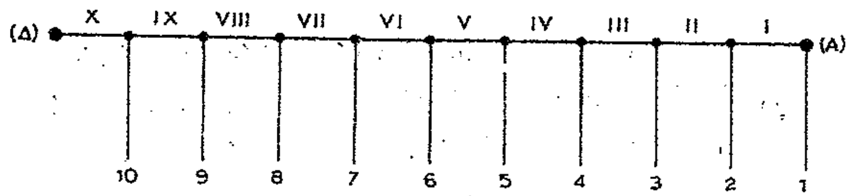
Παρατηροῦμε πάντως, ὅτι γιά τόν ἀγωγό τελευταίας τάξεως οἱ ἰδεατές παροχές ὅταν τά στόμια R<10 ἤ 12 θά ὑπολογίζονται μέ τίς ὁδηγίες τοῦ κεφαλαίου 6.

Στήν συνέχεια καί πρίν κλείσουμε τοῦτο τό κεφάλαιο γιά νά δοῦμε τά ἀποτελέσματα πού προκύπτουν ἀπό τήν ἐφαρμογή τῶν ἐξισώσεων (66) ἤ (67) καί (70) ἤ (71), ἤ (71α) δίδουμε τό παράδειγμα 5.1 στό ὁποῖο ἐξάγουμε σχετικά ἀποτελέσματα καί τά συγκρίνουμε μέ τά ἀποτελέσματα πού προέκυψαν ἀπό σχετική ἐξομοίωση [19] τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ ἴδιου παραδείγματος.

Βλέπουμε πάντως ὅτι τά ἀποτελέσματα πού προκύπτουν ἀπό τά παραδείγματα 5.1 καί 5.2 εἶναι πάρα πολύ ἱκανοποιητικά καί δικαιολογοῦν ἀπόλυτα τίς γενόμενες παραδοχές καί προσεγγίσεις.

Παράδειγμα 5.1.

Γιά τό δίκτυο (γραμμή μεταφορᾶς Δ-Α) τοῦ σχήματος 5.1 πού ἀποτελεῖται ἀπό ἕνα ἀγωγό μέ δέκα τμήματα I,II, ... X καί ἐξυπηρετεῖ δέκα ἀγωγούς τελευταίας τάξεως δίδονται τά πιό κάτω στοιχεῖα:



Σχῆμα 5.1

Βαθμός ἐλευθερίας B = 2,60

$$P = \frac{1}{B} = 0{,}385$$

Γιά τούς ἀγωγούς τελευταίας τάξεως 1,3,6,7 καί 9:

q_o=13 λ/δλ, μ=50 λ/δλ, σ=20 λ/δλ

Γιά τούς ἀγωγούς τελευταίας τάξεως 2,4,5,8 καί 10:

q_o= 7,80 λ/δλ, μ=30 λ/δλ, σ=12 λ/δλ

Ἄρα γιά τίς τιμές τῶν μ καί σ σέ λ/δλ τῶν τμημάτων I,...,X θά ἔχουμε:

μ_1=50 μ_2=80 μ_3=130 μ_4=160 μ_5=190 μ_6=240 μ_7=290
μ_8=320 μ_9=370 μ_{10}=400

σ_1=20 σ_2=23,32 σ_3=30,72 σ_4=32,98 σ_5=35,10 σ_6=40,40
σ_7=45,08 σ_8=46,65 σ_9=50,75 σ_{10}=52,15

Στή συνέχεια βρίσκουμε τίς τιμές τῶν ἰδεατῶν παροχῶν σέ λ/δλ γιά τά τμήματα I,.........,X μέ τήν ἐφαρμογή τῆς σχέσεως(71α)

$Q_i = \left[\mu_i^2 + \sigma_i^2 + 2\varepsilon\mu_i\sigma_i\right]^{1/2}$ γιά φ=0,95 δηλαδή μέ ε=1,65 ὁπότε:

$Q_1=78{,}74$ $Q_2=114{,}46$ $Q_3=176{,}13$ $Q_4=210.00$ $Q_5=243{,}60$

$Q_6=302{,}04$ $Q_7=359{,}55$ $Q_5=392{,}22$ $Q_9=448{,}82$ $Q_{10}=481{,}20$

Ὑποθέτοντας ὅτι $h=\Sigma K_i Q_i^2$ καί λαμβάνοντας ὑπόψη τίς ἑξῆς τιμές γιά τίς διαμέτρους D σέ χλστ. τά μήκη L σέ μέτρα καί κατά συνέπεια τοῦ K (σέ $\delta\lambda^2.\mu^{-5}$ μέ τιμή n =0,0115)

Τμῆμα	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
D	250	300	350	400	450	500	500	600	600	600
L	180	180	180	220	300	300	180	360	300	240
K	400,0	151,0	64,0	39,0	29,0	16,2	9,8	7,4	6,2	4,9

Καταλήγουμε σέ συνολική ἀπώλεια h=16,15 μετρ. (φ=0,95)

Χρησιμοποιώντας τήν προσεγγιστική ἔκφραση τῆς σχέσεως(71α) $Q_i=(\mu^2+2\varepsilon\mu_i\sigma_i)^{1/2}$ προκύπτει γιά τήν ἴδια πιό πάνω γραμμή μεταφορᾶς (Δ-Α) h= 15,63 μετρ.

Μέ τά ἴδια πιό πάνω δεδομένα ἀλλά μέ φ=0.90 προκύπτει γιά γιά ε=1,28, h=14,71 ἐνῶ γιά φ=0,99, ε=2,33 καί h=18,80

Ἡ ἐξομοίωση τῆς λειτουργίας τοῦ ἴδιου ἀγωγοῦ (γραμμῆς μεταφορᾶς) (Δ-Α) τοῦ σχήματος 5.1 ἔδωσε τίς ἑξῆς τιμές [19], πού σημειώνουμε ἀμέσως παρακάτω, τοποθετώντας γιά σύγκριση καί τίς τιμές πού βρήκαμε μέ τήν ἐφαρμογή τῶν σχέσεων (67)καί(71α)

φ=0,90 μέ ἐξομοίωση h=14,10 μ., ἐνῶ μέ τήν ἐφαρμογή ἰδεατῶν παροχῶν h= 14,71

φ=0,95 μέ ἐξομείωση h=15,40 μ. ἐνῶ μέ τήν ἐφαρμογή ἰδεατῶν παροχῶν h= 16,15 (ἤ 15,63) φ=0,99 μέ ἐξομοίωση h =18,90μ., ἐνῶ μέ τήν ἐφαρμογή ἰδεατῶν παροχῶν h = 18,80

Βλέπουμε ἔτσι πράγματι μιά πάρα πολύ ἱκανοποιητική προσέγγιση τῶν ἀποτελεσμάτων τῆς ἐξομοιώσεως μέ τά ἀποτελέσματα πού δίδει ἡ μέθοδος ἐφαρμογῆς "ἰδεατῶν παροχῶν".

Γιά τό συγκεκριμένο παράδειγμα τοῦ σχήματος 5.1, ὑποθέτοντας σάν K_1=400 (δηλαδή τό K τοῦ ἀγωγοῦ 1 τελευταίας τάξεως) βρίσκεται ὅτι S/S′=0,90. Συνήθως ὅμως τό K_1 εἶναι πάντοτε ἀρκετά μεγαλύτερο γιατί οἱ διάμετροι τοῦ ἀγωγοῦ τελευταίας τάξεως εἶναι μικρότερες καί ἔτσι στίς ἐφαρμογές τό S/S′ αὐξάνει σημαντικά.

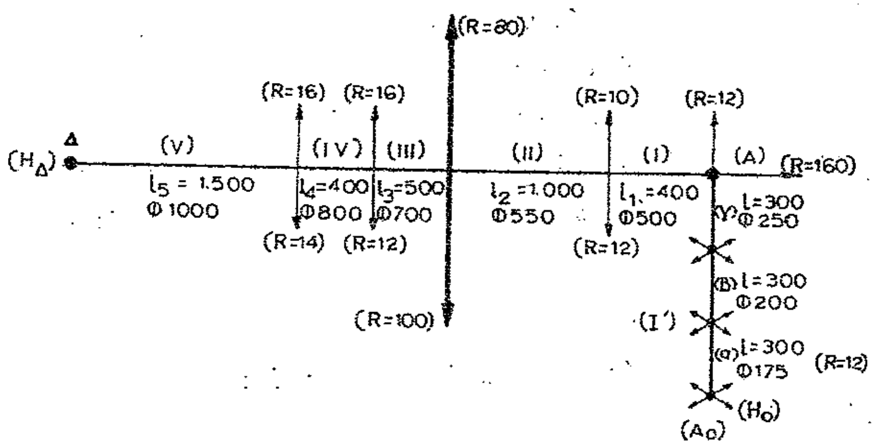
Εἶναι εὔκολο μέ κάποια λογική αὔξηση τοῦ K_1 νά βροῦμε εὔκολα ὅτι ὁ λόγος S/S′ στήν ἴδια πιό πάνω περίπτωση σχεδόν πλησιάζει τή μονάδα.

Ἔτσι προκύπτει ὅτι μέ τίς ἁπλοποιημένες προσεγγιστικές ἐξισώσεις (66) ἤ (67) καί (71) ἤ (71α) προκύπτουν τά ἴδια ἀποτελέσματα σχεδόν πού δίδουν οἱ ἀπόλυτα σωστές (16), (19) καί (27) ἤ ἀκόμα καί οἱ (35) ἤ (36).

Παράδειγμα 5.2

Στό πιό κάτω σχῆμα 5.2 σημειώνεται μιά γραμμή μεταφορᾶς (Δ-Α-A_o). Ἡ γραμμή μεταφορᾶς αὐτή δέν ἐξυπηρετεῖ ἀγωγούς μόνο τελευταίας τάξεως ὅπως στό προηγούμενο παράδειγμα 5.1 ἀλλά τροφοδοτεῖ καί ἀγωγούς μέ σημαντικές παροχές. Ἐπίσης τά μήκη τῶν διαφόρων τμημάτων τοῦ ἀγωγοῦ μεταφορᾶς διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους καί τό πέρας τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς καταλήγει σ' ἕνα ἀγωγό τελευταίας τάξεως μέ 12 στόμια ὑδροληψίας ὅπως περίπου συμβαίνει στίς ἐφαρμογές.

Μέσα σέ παρενθέσεις στό σχῆμα 5.2 δίδουμε μέ τήν ἔνδειξη R τόν ἀριθμό τῶν στομίων πού ἐξυπηρετεῖ κάθε πλευρική παροχή, πού ἐξυπηρετεῖται ἀπό τή γραμμή μεταφορᾶς, ἐκτός ἀπό τόν ἀγωγό τελευταίας τάξεως A-A_o στόν ὁποῖο σημειώνονται λεπτομεριακά τά 12 στόμια.



Σχῆμα 5.2

Γίνεται δεκτό ὅτι B=3,00, $p=\frac{1}{3}$, q_o=6,0 λ/δλ, φ=0,95 ὁ - πότε μέ = ε= 1,65 ὑπολογίζουμε τίς μέσες τιμές μ_i καί τίς τυπικές ἀποκλίσεις σ_i σέ λ/δλ τῶν παροχῶν στά τμήματα I,......,V τοῦ τμήματος (Δ-Α) τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς δηλαδή:

μ_1=368 μ_2=412 μ_3=772 μ_4=828 μ_5= 888

σ_1=38,36 σ_2=40,6 σ_3=55,57 σ_4=57,55 σ_5=59,6

Γιά τόν ἀγωγό τελευταίας τάξεως ὑπολογίζουμε στήν κεφαλή του (τμῆμα γ) μ_1' = 24,0, σ_1'=9,8 λ/δλ.

'Εφαρμόζοντας τίς ὁδηγίες τοῦ κεφαλαίου 6 βρίσκουμε γιά τά τμήματα (α), (β), (γ) τοῦ ἀγωγοῦ τελευταίας τάξεως (A-A_o)

ή (Ι΄) τίς ἑξῆς τιμές $Q_{1\alpha}$= 18 δ/δλ. $Q_{1\beta}$=30 λ/δλ καί $Q_{1\gamma}$ = = 40,17 λ/δλ (ή δυσμενέστερα 42 λ/δλ).

Γιά τόν ἀγωγό τελευταίας τάξεως ($A-A_o$) προτιμᾶμε νά δώσουμε μία ἀνηγμένη τιμή K_1' γιά ὅλα τά μτήματά του (α), (β) καί (γ), τήν $K_1' = \frac{1}{49}\left[9.K_{1\alpha}+25K_{1\beta}+49K_{1\gamma}\right]$= 2595 ὅπου δεχθήκαμε $K_{1\alpha}$=4452 $K_{1\beta}$= 2184 $K_{1\gamma}$=663 καί ἀνοιχτά στόμια στά τμήματα (α),(β),(γ) ἀντίστοιχα 3,5 καί 7, ὑποθέτοντας ἐπί πλέον ὅτι

$$K=10{,}3.n^2.D^{-16/3}.L.$$

Ἔτσι καταλήξαμε νά ἔχουμε ἀντί τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς $\Delta-A-A_o$ μέ ὀκτώ τμήματα, μιά γραμμή πάλι Δ-$A-A_o$ ἀλλά μέ ἕξη τμήματα Ι΄,Ι, ...,V στήν ὁποία ἀντιστοιχοῦν τά παρακάτω στοιχεῖα

Τμῆμα	Παροχή (λ/δλ) Κατά Clement	Τιμή τοῦ K $\delta\lambda^2.\mu^{-5}$
Ι΄	40,17 (ή 42)	2595,00
Ι	431,29	22,00
ΙΙ	479,00	33,00
ΙΙΙ	863,69	4,55
ΙV	922,96	1,80
V	986,34	2,05

Ἐφαρμόζοντας τή σχέση [19] γιά α=2 βρίσκουμε ὅτι

$$\mu m = \Sigma K_i(\mu_i^2+\sigma_i^2) = 15{,}99 \text{ μετρ.}$$

καί ἀπό τή σχέση (28) ἐπίσης βρίσκουμε

$$S^2=4\left[\Sigma(K_i\mu_i\sigma_i)^2+\underset{j>i}{2K_iK_j\mu_i\mu_j\sigma_i^2}+\frac{1}{2}\underset{j>i}{\Sigma}(K_i^2\,\sigma_i^4+K_iK_j\sigma_i^4)\right]$$

ὁπότε $\Sigma(K_i\mu_i\sigma_i)^2 + 2\Sigma K_iK_j\mu_i\mu_j\sigma_i^2 = 2{,}046$
$$\qquad\qquad j>i$$

$$\frac{1}{2}\left[\Sigma K_i^2\sigma_i^4 + \Sigma K_iK_j\sigma_i^4\right] = 3{,}61\text{X}10^{-3}$$

Ἀπό τά παραπάνω ἀποτελέσματα φαίνεται ἡ ἀσήμαντη ἐπιρροή τοῦ παραλειπόμενου ὅρου στήν ἐξίσωση (28) $B=\frac{1}{2}\ (\Sigma\ K_i^2\sigma_i^4+\Sigma K_iK_j\sigma_i^4)$. Ἡ παράλειψη τοῦ ὅρου αὐτοῦ μειώνει τήν τιμή τοῦ S μόνο κατά 0,8ο/οο.

Ἄν λάβουμε ὑπόψη μετά ὅτι $S'^2 = \Sigma(K_i\mu_i\sigma_i)^2$ θά ἔχουμε:

$$S = 2(2{,}046)^{1/2} = 2{,}861$$

$$S' = 2\text{X}1{,}857 = 3{,}714$$

$$\text{ἤ } {}^S/_{S'} = 0{,}77 \text{ καί } g(\hat{y}) = ({}^S/_{S'})^2 = 0{,}593$$

Ἐπειδή ὅμως $\frac{\varepsilon S'}{h} = \frac{1{,}65\text{X}3{,}714}{15{,}993+1{,}65\text{X}3{,}714} = 0{,}277(\simeq 0{,}28)$

δηλαδή ἡ ποσοστιαία συμμετοχή τοῦ ὅρου εS΄ στό ὅλο h μικραίνει σημαντικά (ὅπως γράφτηκε στήν προηγούμενη παράγραφο 5.1 ε καί στήν ἀρχή τῆς παρούσας) παρ'ὅλο πού ἡ τιμή τοῦ λόγου ${}^S/_{S'}$ ἤ ἀντίστοιχα τῆς $g(\hat{y}) = ({}^S/_{S'})^2$ ξεφεύγει κάπως ἀπό τά συνηθισμένα περιθώρια διακυμάνσεως πού δεχθήκαμε, ἐντούτοις μέ τήν ἐφαρμογή τῆς προσεγγιστικῆς (67) καί (71α) ἡ τιμή τοῦ h δέν ξεφεύγει τελικά ἀπό τά περιθώρια πού προσδιορίσαμε γιά τή διακύμανσή της.

Ἔτσι ἡ τιμή τοῦ $h=m+\varepsilon.S' = 22{,}12$ μέτρα, ἐνῶ ἡ σωστή τιμή $h \simeq m+u.S = 21{,}28$ μ. ὅπου πάρθηκε $u=1{,}85$, δηλαδή ἡ αὔξηση τοῦ h εἶναι τελικά μέ τίς προσεγγίστικές σχέσεις (67) καί (71α) μόνο 3,95% πού σημαίνει ὅτι βρίσκεται μέσα στά ὅρια 8 ἕως 10%

πού δεχθήκαμε ότι κυμαίνεται στίς συνηθισμένες περιπτώσεις έ-φαρμογών.

'Επίσης άπό τό παραπάνω άριθμητικό παράδειγμα προκύπτει ότι όρθά έχει μειωθεῖ ή τιμή τοῦ u σέ u'=ε=1,65,στήν περί-πτωση πού χρησιμοποιοῦμε άντί τῆς S τήν S.' Μάλιστα, ἴσως θά έπρεπε σέ πολλές περιπτώσεις νά μειωθεῖ καί περισσότερο άλλά μέ αὐτό δέν κερδίζουμε παρά μικρό ποσοστό άπώλειας καί μόνο σέ όρισμένες περιπτώσεις, ένῶ σέ άλλες ἴσως θά έπρεπε νά αὐξηθεῖ όπως, π.χ. σέ μεγάλες ποιότητες λειτουργίας φ=0,99 κλπ.

"Ετσι, έπειδή μέ τίς τιμές u'=ε καλύπτουμε ένα μέσο όρο τιμῶν έφαρμογῆς τῆς $u'=u.^{S}/S'$ γιά τίς διάφορες γραμμές μετα-φορᾶς καί διάφορες τιμές τῆς ποιότητας λειτουργίας, δεχόμαστε πάντοτε σάν σωστή τήν άποδοχή τῆς u'=ε.

'Επίσης έπισημαίνουμε ότι ή παράλειψη τῶν δύο όρων τῆς έξισώσεως (28) $\frac{1}{2}(\Sigma K_i^2\sigma_i^4+2\Sigma K_iK_j\sigma_i^4)$ εἶναι άπόλυτα δικαιολογημέ-νη έπειδή τό μέγεθός τους εἶναι άσήμαντο.

6. Ο ΑΓΩΓΟΣ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ Η ΕΞΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ.

Ὁ σχεδιασμός τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως μέ τίς ἀποδεκτές σήμερα δυσμενεῖς παραδοχές ὑπολογισμοῦ, εἶναι ἕνα θέμα πού φαίνεται κατ'ἀρχή ὅτι δέν εἶναι δυνατό νά δημιουργήσει σοβαρό ὑπερσχεδιασμό στό ὅλο δίκτυο καί ἔτσι ἀντιμετωπίζεται συνήθως, ἐνῶ κανονικά θά πρέπει νά ἐξετάζεται μέ ἰδιαίτερη προσοχή καί πάντοτε μέσα στά πλαίσια τῶν γενικῶν παραδοχῶν ὑπολογισμοῦ, γιατί τό μῆκος τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως εἶναι κατά κανόνα πολύ μεγάλο σέ σύγκριση μέ τό ὑπόλοιπο δίκτυο.

Βέβαια πολλές φορές διατυπώνονται ἀπόψεις ὅπως, π.χ. ὅτι ὁ πραγματοποιούμενος ὑπερσχεδιασμός εἶναι καί ἐπιθυμητός καί σκόπιμος, διότι ἡ πραγματοποιούμενη ἀντίστοιχη αὔξηση τῆς ποιότητας λειτουργίας στούς ἀγωγούς τελευταίας τάξεως καλύπτει ἀπρόβλεπτους παράγοντες.

Νομίζουμε ὅμως, ὅτι καί ἄν ἀκόμη ὑπάρχουν ἀστάθμητοι παράγοντες γιά τούς ὁποίους θά πρέπει νά γίνεται ὑπερσχεδιασμός τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως, θά ἦταν ἀπόλυτα σωστό νά γνωρίζουμε κατ'ἀρχή ἀκριβῶς ἤ μέ ἱκανοποιητική προσέγγιση τίς παραδοχές καί τά ἀποτελέσματα ἑνός σωστοῦ σχεδιασμοῦ. Ἔτσι θά ἦταν δυνατό ὁ σχεδιασμός τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως νά γίνει μέσα στά πλαίσια τῶν γενικῶν παραδοχῶν μέ τίς ὁποῖες ὑπολογίζεται τό ὅλο δίκτυο καί ἑπομένως νά διατηρεῖται καί σ'αὐτούς ἡ ἴδια (ἤ περίπου ἡ ἴδια) ποιότητα λειτουργίας μέ τήν ὁποία σχεδιάζεται καί τό ὑπόλοιπο δίκτυο.

Ἐάν βέβαια στή συνέχεια θέλουμε νά αὐξήσουμε τήν ποιότητα λειτουργίας τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως γιά ὁποιοδήποτε λόγο, μποροῦμε νά τό κάνουμε ἀλλά τοὐλάχιστον νά γνωρίζουμε ἀπό ποιά βάση θά ξεκινήσουμε καί ποιό θά εἶναι τό ποσοστό αὐξήσεως πού ἐνδεχόμενα θά δεχθοῦμε. Σχετικά μέ τά ποσοστά συμμετοχῆς τοῦ μήκους τοῦ πρωτεύοντος, δευτερεύοντος καί τριτεύοντος δικτύου σέ σχέση μέ τό συνολικό μῆκος τοῦ ὅλου δικτύου, δίδουμε ὁρισμένα στοιχεῖα πού προέκυψαν ἀπό διάφορες ἐκπονηθεῖσες μελέτες, θεωρώντας αὐτά σά μέσα στατιστικά στοιχεῖα.

- Τριτεῦον	δίκτυο	περίπου	58	ἕως	78%	Μ.Ο.	68%
- Δευτερεῦον	"	"	15	"	30%	"	22%
- Πρωτεῦον	"	"	7	"	12%	"	10%
						Ἄθροισμα	100%

Ἐπίσης δίδονται πιό κάτω ὁρισμένα μέσα ἐνδεικτικά στοιχεῖα ἀπό οἰκονομικῆς ἀπόψεως, σέ ποσοστά στίς ἑκατό τῆς δαπάνης κατασκευῆς διαφόρων δικτύων πού ἐξετάσθηκαν, δηλαδή:

- Τριτεῦον	δίκτυο	περίπου	45%	(κατά μέσο ὅρο)
- Δευτερεῦον	"	"	25%	
- Πρωτεῦον	"	"	30%	
		Ἄθροισμα	100%	

Τά πιό πάνω στοιχεῖα δικαιολογοῦν τή λεπτομερέστερη ἐξέταση τοῦ προβλήματος σχεδιασμοῦ τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως.

Ἡ μέχρι τώρα ἐφαρμοζόμενη τακτική εἶναι ἡ ἐπιβάρυνση τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως τόσο μέ ἐπί πλέον παροχή ὅσο καί μέ δυσμενῆ συγκέντρωσή της στά τέρματά τους, Ἔτσι ἔχουμε παρατηρήσει ὅτι ὁ ὑπερσχεδιασμός ἀπό πλευρᾶς δαπάνης εἶναι σέ πολλές περιπτώσεις πολύ σημαντικός.

Ὅπως ἀναφέρθηκε ὅμως σχετικά καί στήν εἰσαγωγή (Κεφ.1) στή χώρα μας μέ όδηγίες τοῦ 'Υπουργείου Δημοσίων Ἔργων [16] σ'ἕνα ἀγωγό τελευταίας τάξεως πρέπει νά δεχόμαστε πάντοτε τήν ταυτόχρονη λειτουργία τούλάχιστον δώδεκα στομίων ἐφόσον R>12 ἐνῶ γιά R≤12 θεωροῦμε ὅτι N=R. Γιά τίς περιπτώσεις μάλιστα πού εἶναι συνηθισμένες στίς ἐφαρμογές καταλήγουμε σχεδόν πάντοτε νά θεωροῦμε ὅτι εἶναι ἀνοικτά ὅλα τά στόμια καί συγκεντρωμένα μάλιστα στό τέρμα τοῦ ἀγωγοῦ. Αὐτό εἶναι εὔλογο γιατί τό πλῆθος τῶν στομίων δέν ξεπερνᾶ εὔκολα τόν ἀριθμό R =20 συνήθως καί μάλιστα ἄν λάβουμε ὑπόψη ὅτι γιά πιθανότητες p = $\frac{1}{3}$ ἕως $\frac{2}{3}$ σπάνια προκύπτει ἀριθμός ἀνοιχτῶν στομίων N μεγαλύτερες τῶν δώδεκα.

Τελευταία προτείνεται [19] ὅπως ἡ ζητούμενη παροχή ἀπό ἕνα ἀγωγό τελευταίας τάξεως κατανέμεται στά πλέον ἀπομακρυσμένα στόμια τοῦ ἀγωγοῦ καί μέ ὅμοιο τρόπο πού κατανέμεται ἡ μέγιστη ζητούμενη παροχή ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ στήν ἐπιθυμητή ποιότητα λειτουργίας φ. Ὅπως θά δοῦμε ὅμως καί σέ συγκεκριμένα παραδείγματα μέ αὐτό τόν τρόπο, προκύπτουν βέβαια λογικότερα ἀποτελέσματα ἀλλά πάλι δέν ἀποφεύγεται ἕνας σχετικά σημαντικός ὑπερσχεδιασμός.

Γίνεται φανερό ἀπό τά πιό πάνω,πού ἀναφέρονται σέ ὅσα ἐφαρμόζονται ἤ προτείνονται γιά ἐφαρμογή μέχρι σήμερα, ὅτι χωρίς να μειωθεῖ καθόλου ἡ ποιότητα λειτουργίας τοῦ ἀγωγοῦ τελευταίας τάξεως κάτω ἀπό τήν ἐπιθυμητή, εἶναι δυνατό νά μειώσουμε τόσο τόν ἀριθμό τῶν θεωρούμενων σάν ἀνοιχτῶν στομίων ὅσο καί νά ἀποφύγουμε τή συγκέντρωσή τους στό πέρας τοῦ ἀγωγοῦ.

Ἔτσι,ἄν πετύχουμε, τόν ὁρισμένο ἀριθμό N τῶν ἀνοιχτῶν στομίων πού εὔκολα ὑπολογίζεται, νά τόν κατανείμουμε κατάλληλα σέ κάθε ἐξεταζόμενη περίπτωση ἀγωγοῦ τελευταίας τάξεως, ὥστε νά διατηροῦμε ποιότητα λειτουργίας ἴση ἤ λογικά μεγαλύτερη ἀπό τήν ἐπιθυμητή, ἔχουμε πετύχει τό στόχο μας πού βασικά εἶναι ἡ ἐπίτευξη ἑνός πιό λογικοῦ καί σωστοῦ σχεδιασμοῦ τοῦ ἀ - γωγοῦ.

Πράγματι τά θεωρούμενα σάν ἀνοιχτά στόμια καθορίζουν ἕνα αἰτιοκρατικό (determenistic) σχῆμα ζητήσεως πού ἀντιστοιχεῖ καί καλύπτει τό πραγματικό πιθανοθεωρητικό σχῆμα λειτουργίας τοῦ ἀγωγοῦ, σ'ἕνα προκαθορισμένο ποσοστό περιπτώσεων ζητήσεως πού καθορίζεται ἀπό μιά ἀντίστοιχη προκαθορισμένη ποιότητα λειτουργίας. Φυσικά μ'αὐτό τόν τρόπο καταλήγουμε πάλι νά προσδιορίζουμε γιά κάθε τμῆμα τοῦ ἀγωγοῦ τελευταίας τάξεως μιά " ἰδεατή παροχή" πού προκύπτει ἀπό τό πλῆθος τῶν θεωρού - μενων ἀνοιχτῶν στομίων κατάντη τοῦ ἐξεταζόμενου τμήματος.

Στή συνέχεια ἐξετάζουμε διάφορες περιπτώσεις ἀγωγῶν τε - λευταίας τάξεως μέ 1,2,3,4,5 καί 10 στόμια μέ γενικό τρόπο ἤ μέ ἐξομοίωση τῆς λειτουργίας κάποιου συγκεκριμένου ἀγωγοῦ ὥ - στε νά πάρουμε ἀποτελέσματα σχετικά μέ τήν κατανομή τῆς ἀπώ - λειας φορτίου. Κατ'αὐτό τόν τρόπο μποροῦμε νά συγκρίνουμε τήν ἀπώλεια φορτίου πού ἀντιστοιχεῖ σέ μιά στάθμη πιθανότητας(ποιότητας λειτουργίας), μέ τήν ἀπώλεια φορτίου πού προκύπτει γιά μιά κατάλληλη τοποθέτηση τῶν ἀνοιχτῶν στομίων ἐπάνω στόν ἀγωγό τελευταίας τάξεως καί κατά συνέπεια μέ τίς ἀντίστοιχες ἰδεατές παροχές. Ὅπως εἴδαμε στό προηγούμενο κεφάλαιο τό θέμα αὐτό τῆς ἐφαρμογῆς " ἰδεατῶν παροχῶν" τό ἔχουμε γενικεύσει σ' ὅλες τίς γραμμές μεταφορᾶς πού ἐξυπηρετοῦν ἕνα πλῆθος στομίων μεγαλύτερο ἀπό 10 ἕως 12.

Οἱ σχέσεις (71) καί (71α) δίδουν σ'αὐτές τίς περιπτώσεις τίς ἰδεατές παροχές πού θεωρεῖται ὅτι ἀκολουθοῦν τήν κανονική κατανομή.

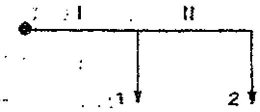
Γι'αὐτό ἐδῶ κυρίως θά ἀσχοληθοῦμε μέ περιπτώσεις ἀγωγῶν πού ἐξυπηρετοῦν μέχρι 10 στόμια ἤ τό πολύ 12. Γιά περισσότερα ἀπό 10 ἤ 12 στόμια θά δεχόμαστε τίς ἰδεατές παροχές τῶν προηγουμένων κεφαλαίων.

Κατ'ἀρχή τό πλῆθος τῶν ἀνοικτῶν στομίων N πού ἀντιστοιχεῖ σ"ἕνα τμῆμα ἀγωγοῦ τελευταίας τάξεως, τό ὁποῖον ἐξυπηρετεῖ R συνολικά στόμια προσδιορίζεται εὔκολα ἀπό ἕνα πίνακα διωνυμικῆς κατανομῆς [9,15] σέ συνάρτηση μέ τήν πιθανότητα P λειτουργίας κάθε στομίου καί τήν ἐπιθυμητή ποιότητα λειτουργίας φ.

Γιά νά προσδιορίσουμε ὅμως ἐκείνη τή διάταξη τῶν ἀνοιχτῶν στομίων πού καλύπτει σέ κάθε περίπτωση τήν ἀπώλεια φορτίου γιά στάθμη φ θά ἐξετάσουμε τίς ἑξῆς μερικές ἀλλά ὅμως ἀρκετά χαρακτηριστικές περιπτώσεις.

(α) Γιά ἕνα ἀγωγό τελευταίας τάξεως μέ ἕνα μόνο τμῆμα πού ἐξυπηρετεῖ ἕνα καί μόνο στόμιο γιά νά ἐξασφαλίσουμε ποιότητες λειτουργίας πού ἐφαρμόζονται συνήθως στά ἀρδευτικά δίκτυα εἶναι φανερό ὅτι πρέπει νά θεωρήσουμε τό μοναδικό στόμιο ἀνοιχτό γιά ὁποιεσδήποτε τιμές τῆς πιθανότητας P. Τό ἴδιο μποροῦμε νά ποῦμε ὅταν ὁ ἀριθμός τῶν στομίων εἶναι $R=2$, οἱ τιμές τοῦ $P=\frac{1}{3}$ ἕως $\frac{2}{3}$ καί ἐπροτείναμε ποιότητες λειτουργίας $\varphi \geq 0,90$ ὁπότε $N=R=2$.
Γιά μεγαλύτερο ἀριθμό στομίων στό πέρας τοῦ ἀγωγοῦ πού ἀποτελεῖται ἀπό ἕνα μόνο τμῆμα, π.χ. τεσσάρων στομίων ὁ ἀριθμός τῶν ἀνοιχτῶν N στομίων προσδιορίζεται ἀπό ἕνα πίνακα διωνυμικῆς κατανομῆς σέ συνάρτηση μέ τήν P καί τήν τιμή τῆς φ.

(β) Γιά ἕνα ἀγωγό πού ἀποτελεῖται ἀπό δύο τμήματα καί ἐξυπηρετεῖ δύο στόμια (σχῆμα 6.1) γιά νά ἐξασφαλίσουμε μιά ποιότητα λειτουργίας $\varphi \geq 0,90$ θά πρέπει καί τά δύο στόμια νά εἶναι ἀνοιχτά. Αὐτό προκύπτει εὔκολα ἀπό ἕνα πίνακα διωνυμικῆς κατανομῆς γιά τιμές P= $^1/_3$ ἕως $^2/_3$.

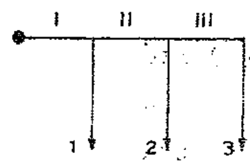


Σχ.6.1

'Εάν ἔχουμε διπλές ὑδροληψίες (Σχ.6.2) τότε γιά νά ἔχουμε $\varphi \geq 0{,}90$ μέ P = $\frac{1}{3}$ ἕως $\frac{2}{3}$ θά πρέπει νά θεωρήσουμε ἀνοιχτά N=3 στόμια καί μάλιστα συγκεντρωμένα στό πέρας τοῦ ἀγωγοῦ, π.χ. τά 2,3 καί 4.

Σχ.6.2

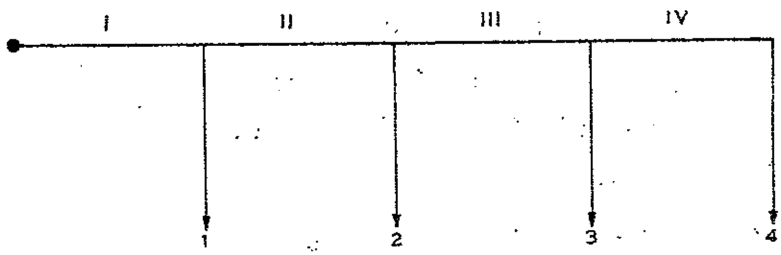
(γ) Στόν ἀγωγό τοῦ σχήματος 6.3. γιά νά διατηρηθεῖ ἡ ποιότης $\varphi \geq 0{,}90$ θά πρέπει νά θεωρήσουμε ἀνοιχτά N=2 στόμια μέ τιμές P=$\frac{1}{3}$ ἕως 0,45 καί γιά P>0,45 N=3.



Σχ.6.3

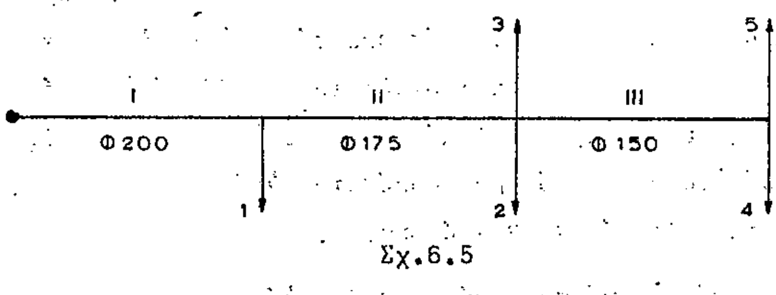
Γιά νά βροῦμε μιά κατάλληλη διάταξη τῶν ἀνοιχτῶν στομίων πραγματοποιήσαμε μιά ἐξομοίωση πού ἔγινε μέ τήν ἐκτέλεση ἑνός πειράματος τύχης γιά 500 τριάδες στομίων, καί P=$\frac{1}{3}$. Προέκυψε ἔτσι ὅτι ἐφ'ὅσον τά N=2 ἀνοιχτά στόμια συγκεντρωθοῦν στό πέρας τοῦ ἀγωγοῦ ἐξασφαλίζουμε ποιότητα λειτουργίας φ>0,45. Βλέπουμε τέλος ὅτι οἱ ἰδεατές παροχές προκύπτουν γιά τό τελευταῖο τμῆμα III μέ ἀριθμό στομίων N=1, γιά τό τμῆμα II μέ N=2 καί ὅμοια γιά τό I, δηλαδή γιά ἀριθμό N πού προσδιορίζεται ἀπό ἕνα πίνακα διωνυμικῆς κατανομῆς μέ P=$^1/_3$ καί φ>0,95.

(δ) Γιά τόν ἀγωγό τοῦ σχήματος 6.4 ἐάν θέλουμε, π.χ. νά ἐξασφαλίσουμε $\varphi \geq 0{,}95$ τότε γιά P>0,45 πρέπει νά δεχθοῦμε ὅτι λειτουργοῦν ὅλα τά στόμια N=R=4. Ἄν ὅμως δεχθοῦμε P=$\frac{1}{3}$ ἕως 0,45 τότε άρκεΐ νά δεχθοΰμε σάν άνοιχτά τά N=3 στόμαια. Εύκολα προκύπτει καί γιά συγκεκριμένες περιπτώσεις ότι ή τοποθέτηση τών άνοιχτών στομίων πρέπει νά γίνει όπως δείχνουν τά βέλη τοΰ σχήματος 6.4 γιά νά έξασφαλίζεται $\varphi \geq 095$.



Σχ.6.4

(ε) Στό σχήμα 6.5 άπεικονίζεται ένας άγωγός μέ τρία τμήματα καί πέντε στόμια ύδροληψίας. Τά μήκη τών τμημάτων είναι ίσα μέ 75 μέτρα τό καθένα. Δεχθήκαμε γιά τόν ύπολογισμό τής όλικής άπώλειας στήν κεφαλή τοΰ άγωγοΰ τίς γραμμικές άπώλειες γιά κάθε τμήμα $h_i = KQ_i^2$ όπου $K_i = 10{,}3n^2 D_i^{-16/3} L_I$ καί $n = 0{,}0115$ δηλαδή $K_I = 2597$, $K_{II} = 6608$ καί $K_{III} = 15628$ $(\delta\lambda^2.\mu^{-5})$ καί $q_o = 7{,}8$ λ/δλ = παροχή κάθε στομίου.



Σχ.6.5

-Στή συνέχεια πραγματοποιήσαμε μιά έξομοίωση γιά 500 περιπτώσεις μέ τήν έκτέλεση ένός πειράματος τύχης. Στό πείραμα γιά κάθε στόμιο ὑδροληψίας δεχθήκαμε $p=\frac{1}{3}$ πού ὑλοποιήθηκε μέ τή βοήθεια μιᾶς λευκῆς σφαίρας (ἀνοιχτή ὑδροληψία) πού θεωρήθηκε ἐπιτυχία καί δύο ἐρυθρῶν (κλειστή ὑδροληψία) πού θεωρήθηκαν σάν ἀποτυχία. Στήν περίπτωση αὐτή ὁ ἀριθμός τῶν ἀποτυχιῶν ἀκολουθεῖ τήν διωνυμική κατανομή (Bernou - illi).

Βρήκαμε λοιπόν μ'αὐτό τόν τρόπο 500 τιμές τῆς ἀπώλειας φορτίου πού ἔδωσαν μέση τιμή μ = 2,55 μέτρα καί τυπική ἀπόκλιση 6=3,76 μετρ. καί τιμή h πού ἀντιστοιχεῖ σέ στάθμη πιθανότητας (ποιότης λειτουργίας) φ=0,95 τήν τιμή $h_{0.95}=$ =8,84 μετρ.

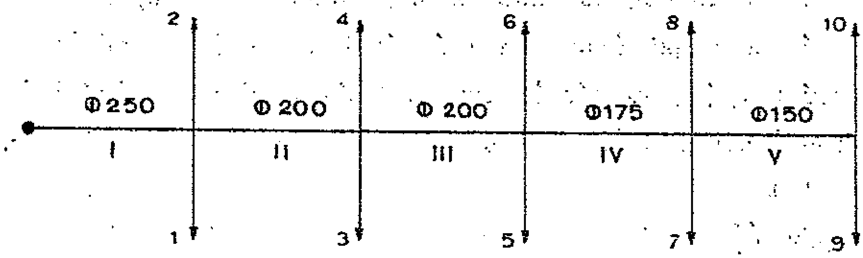
Ἄν θεωρήσουμε μετά σάν ἀνοιχτά τά στόμια 2,4 καί 5 βρίσκουμε h=8,84. Βλέπουμε ἔτσι ὅτι οἱ ἰδεατές παροχές τῶν τμημάτων I,II,III τά ὁποῖα ἐξυπηρετοῦν R= 5,4,2 στόμια ἀντίστοιχα, προσδιορίζονται ἀπό ἕνα πλῆθος ἀνοιχτῶν στομίων πού ἐπίσης εἶναι ἀντίστοιχα N=3,3 καί 2 δηλαδή ὅσα προκύπτουν ἀπό ἕνα πίνακα διωνυμικῆς κατανομῆς γιά φ≥0,95, $p=\frac{1}{3}$ καί R=5,4 καί 2.

Ἄν τέλος δεχόμασταν τή λειτουργία ὅλων τῶν στομίων τότε ἡ ἀπώλεια θά ἦταν R=14,18 μετρ. δηλαδή σημαντικά μεγαλύτερη ἀπό τήν πραγματική τιμή $h_{0,95}$=8,84 μετρ.

(στ) Στήν περίπτωση τοῦ σχήματος 6.6 δίδεται ἕνας ἀγωγός τελευταίας τάξεως μέ 10 στόμια. Τά μήκη τῶν πέντε τμημάτων, I, II ,III, IV καί V θεωροῦνται ἴσα μέ L=175 μ.

Θεωρώντας καί ἐδῶ ὅπως καί προηγούμενα στόν ἀγωγό τοῦ σχήματος 6.5, ὅτι $h_i=K_iQ_i^2$ καί $K_i=10{,}3n^2D_i^{-16/3}.L_i$ κλπ. ἔχουμε:

K_I =1274, K_{II}= 2597 , K_{III}=2597, K_{IV} =6608 καί K_V=15628.



Σχῆμα 6.6

Ὅπως καί στήν προηγούμενη περίπτωση, πραγματοποιήσαμε κι' ἐδῶ μιά ἐξομοίωση γιά 500 περιπτώσεις δεκάδων μέ τήν βοήθεια τριῶν σφαιρῶν πού ἡ μία ἦταν λευκή (ἐπιτυχία- ἀνοιχτή ὑδρο - ληψία) δηλαδή δεχθήκαμε $P={}^{1}/_{3}$. Πήραμε ἔτσι 500 τιμές τῆς ἀ - πώλειας φορτίου στήν κεφαλή τοῦ ἀγωγοῦ, ἀντίστοιχες πρός τίς 500 περιπτώσεις ἀνοιχτῶν στομίων (ἐπιτυχιῶν) πού βρήκαμε σέ κάθε δεκάδα καί πού προφανῶς ἀκολουθοῦν τή διανυμική κατανομή. Ἡ μέση τιμή προέκυψε ἴση μέ μ=5,13 μετρ. καί ἡ τυπική ἀπόκλι- ση σ=4,47 μετρ.

Τά ἀποτελέσματα τῆς ἐξομοιώσεως δίδονται στό διάγραμμα Δ6.1 πού ἀκολουθεῖ, ὅπου ὅμως μαζί μέ τά ἀποτελέσματα τῶν τυ - ποποιημένων τιμῶν ἀπώλειας φορτίου $u=\frac{h-\mu}{\sigma}$ δώσαμε γιά σύγκρι- ση καί τήν καμπύλη τῆς τυποποιημένης κανονικῆς κατανομῆς ε.

Ἀπό τό διάγραμμα Δ 6.1 προκύπτει ὅτι γιά ἀριθμό R=10 στο- μίων καί γιά ποιότητες λειτουργίας φ=0,90 ἕως 0,95 πού εἶναι συνηθισμένες ἡ καμπύλη τῆς τυποποιημένης τιμῆς u τῆς ἀπώλειας φορτίου, προσεγγίζει ἀρκετά πρός τήν καμπύλη τῆς τυποποιημέ- νης κανονικῆς κατανομῆς ε.

'Εκτός όμως άπό τήν εικόνα τῆς κατανομῆς άπώλειας φορτίου στήν κεφαλή,εἶναι εὔκολο νά διαπιστώσουμε ὅτι μέ ἀνοιχτά τά στόμια 1,3,5,7,9,10 παίρνουμε τιμή R=16,69 μετρ.,πού εἶναι μεγαλύτερη άπό τήν τιμή $h_{o,95}$=13,72 μετρ.τῆς έξομοιώσεως.

Κατ'αὐτό τόν τρόπο ἔχουμε τήν ἑξῆς εικόνα γιά τά 5 τμήματα τοῦ ἀγωγοῦ.

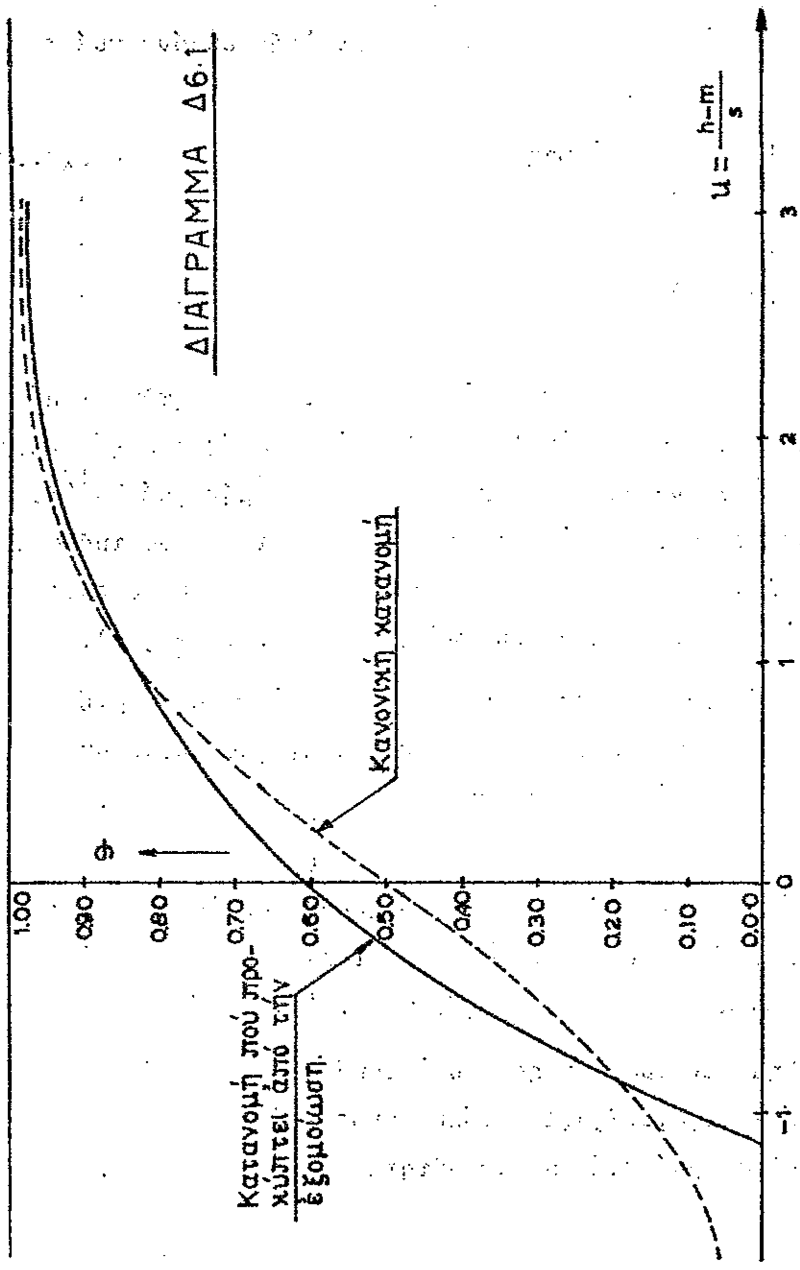
Τμῆμα	I	Σύνολο	ἐξυπηρετουμένων	στομίων	R=10	'Ανοιχτ.στόμ.	N=6
"	II	"	"	"	R= 8	" "	N=5
"	III	"	"	"	R= 6	" "	N=4
"	IV	"	"	"	R= 4	" "	N=3
"	V	"	"	"	R= 2	" "	N=2

Βλέπουμε ἔτσι ὅτι ὁ ἀριθμός Ν τῶν ἀνοιχτῶν στομίων μέ τά ὁποῖα θά πρέπει νά ὑπολογισθοῦν οἱ ἰδεατές παροχές,προσδιορίζονται ἀπό ἕνα πίνακα διωνυμικῆς κατανομῆς γιά $P=^1/_3$, μέ R τό πλῆθος στομίων πού ἐξυπηρετεῖ κάθε ἐξεταζόμενο τμῆμα τοῦ ἀγωγοῦ καί ἀντίστοιχο Ν τέτοιο ὥστε νά διατηρεῖται πάντοτε κάποια ἐπιθυμητή στάθμη πιθανότητας φ (π.χ. φ≥0,95).

Γιά σύγκριση ὑπολογίστηκε ὅτι ἡ ἀπώλεια φορτίου γιά ἕξη στόμια συγκεντρωμένα στό πέρας τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι h=24,40 μετρ. ἐνῶ γιά δέκα ἀνοιχτά στόμια εἶναι h= 33,75 μετρ.

Βέβαια ἡ παραπάνω ἀπώλεια φορτίου h=24,40 μπορεῖ νά μειωθεῖ ἄν πάρουμε τήν παροχή πού προκύπτει ἀπό τόν τύπο τοῦ Clement καί τήν μοιράσουμε στά ἕξη τελευταῖα στόμια ὁπότε q=7,53 λ/δλ καί ἀντίστοιχο h=22,73 μετρ. ἀντί γιά 24,40.

Σημειώνουμε ἐπίσης ὅτι ἡ τιμή h=16,69 πού προέκυψε μέ ἀνοιχτά τά 1,3,5,7,9,10 στόμια ὅπως πιό πάνω ἀναφέραμε ἀντιστοιχεῖ σέ μιά στάθμη πιθανότητας φ=0,97 περίπου.


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ6.1
Κανονική κατανομή
Κατανομή πού προκύπτει άπό τήν έξομοίωση.
φ
u = (h−m)/s
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
−1
0
1
2
3

Σάν τελικό συμπέρασμα από όλες τίς πιό πάνω ειδικές περιπτώσεις, πού εἶναι ὅμως χαρακτηριστικές, βρήκαμε ὅτι ἡ ἀπώλεια φορτίου σέ ἕνα ἀγωγό τελευταίας τάξεως, πού ἀντιστοιχεῖ σέ μιά στάθμη πιθανότητας (ἤ ποιότητας λειτουργίας) φ , πού συνήθως βρίσκεται κοντά ἤ μέσα στό διάστημα 0,90 ἕως 0,95 καί ἐξυπηρετεῖ μέχρι 10 στόμια, μπορεῖ πάντοτε νά ὑπολογίζεται ἀπό τή σχέση:

$$h' = \Sigma K_i Q_i^{\alpha} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (72)$$

ὅπου Q_i= ἰδεατές παροχές = $N.q_o$

καί N= ὁ ἀριθμός τῶν ἀνοιχτῶν στομίων πού ὑπολογίζονται γιά κάθε τμῆμα τοῦ ἀγωγοῦ ἀπό ἕνα πίνακα διωνυμικῆς κατανομῆς γιά τήν ἐπιθυμητή φ, τήν δεδομένη P καί τό συνολικό πλῆθος R τῶν στομίων πού ἐξυπηρετοῦνται ἀπό τό παραπάνω τμῆμα.

α= 1,76 περίπου ἕως 2,00

Συνήθως ἡ τιμή τοῦ $h'_\varphi > h_\varphi$ ἀλλά ὁ πραγματοποιούμενος ὑπερσχεδιασμός εἶναι λογικός καί ὁπωσδήποτε ἀνεκτός. Ἔτσι καταλήγουμε νά ἔχουμε πάντοτε μιά εὐμενέστερη διάταξη ἀνοιχτῶν στομίων, σέ σύγκριση μέ τίς μέχρι σήμερα ἐφαρμοζόμενες ἤ προτεινόμενες διατάξεις, καί ἑπομένως εὐνοϊκώτερη τιμή ἀπώλειας φορτίου πού ἔχει σάν ἄμεσο ἀποτέλεσμα τήν μικρότερη οἰκονομική ἐπιβάρυνση τοῦ δικτύου.

Πάντως ὅσο μικρότερη εἶναι ἡ τιμή τοῦ P π.χ. πλησίον στή τιμή $^1/_3$ (καί φ = 0,90 ἕως 0,95) τόσο μεγαλύτερη ἀξία ἔχει ἡ ἐξεύρεση τῆς σωστῆς διατάξεως τῶν ἀνοιχτῶν στομίων γιά τήν ἀποφυγή σημαντικοῦ ὑπερσχεδιασμοῦ.

Στή συνέχεια δίδουμε στόν πίνακα 6.1 γιά διάφορες τιμές τῆς P=0,25 ἕως 0,65 καί γιά φ=0,90 - 0,95 - 0,99 τό πλῆθος τῶν ἀνοιχτῶν στομίων N μέ τά ὁποῖα θά πρέπει νά ὑπολογίζονται οἱ ἰδεατές παροχές σέ ἀγωγούς τελυταίας τάξεως πού ἐξυπηρετοῦν μέχρι 12 στόμια ὑδροληψίας, γιατί ὅπως εἴπαμε πιό πάνω γιά περισσότερα ἀπό 10 ἕως 12 στόμια μποροῦμε νά ἐφαρμόζουμε τίς σχέσεις (71) ἤ (71α) τοῦ κεφαλαίου 5.

Μέ τόν πίνακα 6.1 καλύπτονται ὅλες οἱ περιπτώσεις πού συνήθως παρουσιάζονται στίς ἐφαρμογές.

Ἡ χρήση τοῦ πίνακος 6.1 εἶναι ἀπλούστατη γιατί γιά κάθε τμῆμα ἀγωγοῦ, ἀπό τό ὁποῖο ἐξυπηρετοῦνται $R \leq 10$ ἤ 12 στόμια καί γιά δεδομένες τιμές τῆς φ καί P βρίσκουμε τό πλῆθος N καί ἐπομένως τήν ἀντίστοιχη ἰδεατή παροχή $Q = N \cdot q_o$. Τέλος σημειώνουμε τό γεγονός ὅτι μ'αὐτό τόν τρόπο γίνεται εὔκολα καί συσχετισμός τῆς ἀπώλειας φορτίου μέ τήν παροχή κεφαλῆς τοῦ ἐξεταζόμενου ἀγωγοῦ τελευταίας τάξεως.

Μπορεῖ ἔτσι νά καθορισθεῖ καί μιά σχέση

$$h = K' . Q^2 (\text{ ἤ } K' Q^{\alpha}) \tag{72α}$$

ὅπου $K' = \frac{1}{Q^2} . (\Sigma K_i Q_i^2)$ ἤ $(= \frac{1}{Q^{\alpha}} \Sigma K_i Q_i^{\alpha})$ (72β)

Q = παροχή κεφαλῆς

καί K_i, Q_i = οἱ ἀντίστοιχες τιμές τῶν K καί Q γιά τά διάφορα τμήματα τοῦ ἀγωγοῦ τελευταίας τάξεως.

Ἔτσι εἶναι εὔκολο καί μποροῦμε σέ μιά γραμμή μεταφορᾶς,ἄν θέλουμε στό τέρμα της(ὅπου συνήθως καταλήγει σέ ἀγωγό τελευταίας τάξεως)νά ἀντικαταστήσουμε τόν ἀγωγό τελευταίας τάξεως, μέ ἕνα ἰδεατό τμῆμα πού θά ἔχει χαρακτηριστικά στοιχεῖα K΄καί Q΄.Αὐτό πολλές φορές ἐνδεχομένως μπορεῖ νά διευκολύνει τούς ὑπολογισμούς καί νά μειώσει ἐπίσης καί τόν ὄγκο τους.

Γιά νά μή γίνει σύγχιση στή χρήση τοῦ Πίνακος 6.1 τονί - ζουμε τά ἑξῆς:

Ὅταν θέλουμε νά βροῦμε ὄχι μόνο τόν ἀριθμό τῶν ἀνοιχτῶν στομίων ἀλλά καί τή διάταξή τους, ξεκινᾶμε ἀπό τό τελευταῖο τμῆμα τοῦ ἐξεταζόμενου ἀγωγοῦ βλέποντας ἔτσι τόν ἀριθμό, π.χ. N_1 στό τέρμα του. Στή συνέχεια μεταβαίνουμε στό ἑπόμενο προ - τελευταῖο τμῆμα του ὅπου πέρνουμε ἕνα νέο ἀριθμό N_2,ὁπότε τή διαφορά N_2-N_1 τήν τοποθετοῦμε στόν προτελευταῖο κόμβο. Ἐργα-ζόμενοι μέ τόν ἴδιο τρόπο φθάνουμε στήν κεφαλή π-τυχαίνοντας ἔτσι καί μιά σωστή διάταξη κατανομῆς τοῦ συνολικοῦ ἀριθμοῦ N ἀνοιχτῶν στομίων.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 6.1

Γιά τόν καθορισμό τοῦ ἀριθμοῦ N ἀνοιχτῶν στομίων σέ ἀγωγούς τελευταίας τάξεως.

Ἐξυπηρετούμενο πλῆθος στομίων	Ἀριθμός N ἀνοιχτῶν στομίων																													
	P = 0.25			P = 0.30			P = 1/3			P = 0.35			P = 0.40			P = 0.45			P = 0.50			P = 0.55			P = 0.60			P = 0.65		
	φ			φ			φ			φ			φ			φ			φ			φ			φ			φ		
R	0.90	0.95	0.99	0.90	0.95	0.99	0.90	0.95	0.99	0.90	0.95	0.99	0.90	0.95	0.99	0.90	0.95	0.99	0.90	0.95	0.99	0.90	0.95	0.99	0.90	0.95	0.99	0.90	0.95	0.99
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	2	3	3	2	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	4	3	4	5	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	3	3	4	3	4	5	3	4	5	4	4	5	4	4	5	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	3	4	5	4	4	5	4	4	5	4	5	5	4	5	6	5	5	6	5	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	4	4	5	4	5	6	4	5	6	5	5	6	5	5	6	5	6	7	6	6	7	7	8	8	7	8	8	7	8	8
9	4	4	5	4	5	6	5	5	6	5	6	7	5	6	7	6	6	7	6	7	8	8	9	9	8	9	9	8	9	9
10	4	5	6	5	5	7	5	5	7	5	6	7	6	7	8	6	7	8	7	8	8	9	9	10	9	9	10	9	10	10
11	5	5	6	5	6	7	6	6	7	6	7	8	6	7	8	6	7	8	7	8	9	10	11	11	10	10	11	10	11	11
12	5	6	7	6	6	7	6	6	8	6	7	8	7	8	9	8	8	9	8	8	9	10	11	11	10	11	12	11	12	12

7. ΟΙ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ-ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

7.1. Οἱ ταχύτητες σχεδιασμοῦ

Στή χώρα μας ἀπό τίς σχετικές ὁδηγίες [18] τοῦ Ὑπουργείου Δημοσίων Ἔργων προκύπτει ἡ ἀνάγκη γιά τόν περιορισμό τῶν μέγιστων ταχυτήτων σέ σωληνωτά ἀρδευτικά δίκτυα ἀνάλογα μέ τή διάμετρο ὡς ἑξῆς:

Γιά	Φ100	χλστ.,	μεγ.υ=	1,20	μ/δλ	Γιά	Φ500	χλστ.,	μεγ.υ=	2,20	μ/δλ
"	Φ125	"	"	1,40	"	"	Φ600	"	"	2,20	"
"	Φ150	"	"	1,60	"	"	Φ700	"	"	2,30	"
"	Φ175	"	"	1,70	"	"	Φ800	"	"	2,80	"
"	Φ200	"	"	1,80	"	"	Φ900	"	"	2,40	"
"	Φ250	"	"	2,00	"	"	Φ1000	"	"	2,40	"
"	Φ300	"	"	2,00	"	"	Φ1100	"	"	2,50	"
"	Φ350	"	"	2,00	"	"	Φ1200	"	"	2,50	"
"	Φ400	"	"	2,10	"	"	Φ1300	"	"	2,50	"
"	Φ450	"	"	2,10	"	"	Φ1400	"	"	2,50	"

Σάν ἐλάχιστη ταχύτητα γιά ὅλες τίς διαμέτρους ἀπό τίς πιό κάνω ὁδηγίες τοῦ Ὑπουργείου καθορίζεται ἡ ταχύτητα υ=0,50 μ/δλ.

Ὁ πιό πάνω καθορισμός τῶν ὁριακῶν ταχυτήτων περιορίζει στά σωληνωτά ὑπό πίεση δίκτυα τόν κίνδυνο ἀπό τή δημιουργία ὑδραυλικῶν πληγμάτων καί τόν κίνδυνο καθιζήσεως λεπτοκόκκων - αἰωρούμενων- στερεῶν.

Βέβαια ἐκτός ἀπό τους περιορισμούς τῶν μέγιστων ταχυτήτων ὁρίζονται καί περιορισμοί τῆς πιέσεως λειτουργίας , ὥστε πάντοτε νά παραμένει ἕνα περιθώριο ἀσφαλείας 3,0 ἤ 4,0 ἀτμοσφ. καί ἔτσι νά μειώνονται ἀκόμη περισσότερο οἱ κίνδυνοι ἀπό ὑ -

δραυλικά πλήγματα.

Μέ τήν εὔκαιρία ὑπενθυμίζεται ὅτι καί στά ἐσωτερικά δί - κτυα ὑδρεύσεως καθορίζονται περιορισμοί ἀπό πολλούς μελετητές στίς μέγιστες ταχύτητες [2] ἀνάλογα μέ τή διάμετρο. Ἔτσι π.χ. καθορίζονται τιμές μέγιστων ταχυτήτων D+0.60 σέ μ/δλ. (ὅπου ἡ D λογαριάζεται σέ μέτρα) καί τιμές ἐλάχιστων ταχυτήτων 0,25 - 0,30 μ/δλ. Βέβαια πολλές φορές οἱ μελετητές δέχονται μεγαλύ - τερες τιμές μέγιστων ταχυτήτων μιά καί οἱ αἰχμές τῶν παροχῶν σχεδιασμοῦ πραγματοποιοῦνται σπάνια καί σύγχρονα διατηροῦνται καί σημαντικά περιθώρια ἀσφαλείας στίς τιμές τῶν ὑδροστατικῶν πιέσεων.

Ἐπανερχόμενοι στό θέμα τῶν ταχυτήτων στό σωληνωτό ἀρ - δευτικό δίκτυο παρατηροῦμε ὅτι στήν περίπτωση πού θά θέλαμε νά δώσουμε στίς ὁριακές ταχύτητες πιθανοθεωρητικό χαρακτῆρα [19] τότε, π.χ. γιά τήν παροχή Q=μ+ε.σ θά εἴχαμε ἀντίστοιχα:

$$\upsilon=\upsilon_\mu+\varepsilon.\upsilon_\sigma \qquad (73)$$

ὅπου υ_μ = ἡ μέση τιμή τῆς ταχύτητας

υ_σ = ἡ τυπική ἀπόκλιση τῆς ταχύτητας

ε = τυποποιημένη τυχαία μεταβλητή κανονικῆς κατανομῆς

Διαπιστώνουμε ἔτσι ὅτι θά ἦταν πραγματικά δύσκολο νά κα- θορίσουμε ἐλάχιστες τιμές ταχύτητας, γιατί θά ἔπρεπε νά καθο- ρίσουμε πάλι τίς τιμές τοῦ ε γιά κάποια ἐλάχιστη στάθμη πιθα- νότητας. Αὐτό ὅμως θά ἦταν πάλι τό ἴδιο αὐθαίρετο, ὅπως καί μέ τόν καθορισμό πού κάνουμε τώρα ὁρίζοντας κατά κάποιο αὐθαί- ρετο τρόπο μιά τιμή ἐλάχιστης ταχύτητας, π.χ. υ_{min} =0,50 μ/δλ.

Γιαυτό νομίζουμε ὅτι δέν θά προσέφερε τίποτα τό ἰδιαίτε- ρο ὁ πιθανοθεωρητικός καθορισμός τῆς minυ καί ὅτι μέ τόν πά- γιο καθορισμό ἑνός κατώτερου ὁρίου ταχύτητας, ὅπως γίνεται καί

καί σήμερα, πάλι δημιούργοῦνται συνθῆκες καλῆς λειτουργίας τοῦ δικτύου.

Γιά τίς μέγιστες ταχύτητες, θά ἔπρεπε στίς μέγιστες παροχές καί μέ δεδομένη διάμετρο νά ἐπιβάλλεται ἕνας περιορισμός μέγιστης τιμῆς. Ἑπομένως γίνεται δεκτός ὁ καθορισμός πού ἔγινε γιά τίς μέγιστες τιμές ἀπό τό Ὑπουργεῖον Δημοσίων Ἔργων.

Βέβαια οἱ ὁριακές ταχύτητες πού ἐπιβάλλουν οἱ ὁδηγίες τοῦ Ὑπουργείου Δημοσίων Ἔργων μποροῦν νά τροποποιηθοῦν γενικά ἤ σέ εἰδικές περιπτώσεις ἀλλά αὐτό εἶναι θέμα πού ξεφεύγει ἀπό τά πλαίσια τῆς παρούσας ἐργασίας. Σχετικά μάλιστα πληροφορούμεθα ὅτι τό Ὑπ.Δημ.Ἔργων πρόκειται νά αὐξήσει τίς πιό πάνω μέγιστες ταχύτητες.

7.2 Διάφορες παρατηρήσεις γιά τίς ἐφαρμογές.

Ὅπως ἀναφέρθηκε στό κεφάλαιο 5 γιά νά ἐπιτύχουμε μιά ὁμοιόμορφη ποιότητα λειτουργίας φ σ'ὅλο τό δίκτυο, θά πρέπει νά κάνουμε τήν ἐκλογή τῶν διαμέτρων τῶν ἀγωγῶν μέ "ἰδεατές παροχές" πού προσδιορίζονται ἀπό τίς σχέσεις (70) καί (71)ἤ(71α). Γιά τούς ἀγωγούς τελευταίας τάξεως ἐφ'ὅσον τό τμῆμα στό ὁποῖο ἀναφέρεται ἡ παροχή ἐξυπηρετεῖ περισσότερα ἀπό 10 στόμια μποροῦμε νά ἐφαρμόζουμε τίς παραπάνω σχέσεις (71) ἤ (71α). Γιά τά τμήματα ὅμως πού ἐξυπηρετοῦν ὀλιγότερα ἀπό 10 στόμια θά πρέπει νά ἐφαρμόζονται οἱ ὁδηγίες τοῦ κεφαλαίου 6 καί νά ὑπολογίζεται ἡ "ἰδεατή παροχή" μέ βάση τόν ἀριθμό τῶν ἀνοιχτῶν στομίων μέ τή βοήθεια τοῦ πίνακα διωνυμικῆς κατανομῆς.

Ἡ προσεγγιστική σχέση (71) $p_i \approx (1+2\varepsilon C_{vi})^{1/2}$ προτάθηκε νά χρησιμοποιεῖται στίς ἐφαρμογές καί προσεγγίζει τόσο περισσότερο πρός τό πραγματικό ἀποτέλεσμα, ὅσο αὐξάνεται ὁ ἀριθμός τῶν στομίων.

Ἡ σχέση $Q_i = \mu_i + \varepsilon\sigma_i$ μπορεῖ βέβαια νά χρησιμοποιηθεῖ ἀλλά θά δίδει ἕνα μικρό ποσοστό ὑπερσχεδιασμοῦ πού πολλές φορές ὅμως μπορεῖ νά γίνεται ἀποδεκτό ἀπό τόν μελετητή.

Τά πιό πάνω μπορεῖ νά ἐφαρμόζονται καί σέ τμήματα γραμ - μῶν μεταφορᾶς πού ἐξυπηρετοῦν ἀγωγούς τελευταίας τάξεως μέ λιγότερα ἀπό δέκα στόμια δηλαδή πού δέν ἀκολουθοῦν τήν κανονική κατανομή.

Γιά τίς ἀπώλειες φορτίου πού θά ὑπολογίσουμε στίς διάφορες γραμμές μεταφορᾶς εἶναι δυνατό νά χρησιμοποιήσουμε ὁποιαδήποτε ἐμπειρική σχέση τοῦ κεφ. 2 ἀρκεῖ νά ἐλέγξουμε τό πεδίο καθώς καί τίς προϋποθέσεις ἐφαρμογῆς της.

'Επίσης μπορεῖ νά ἐφαρμόζεται καί ἡ σχέση (5) Darcy-Weisbach τοῦ κεφ. 2 μέ τιμές τοῦ συντελεστοῦ τριβῶν πού δίδονται ἀπό τήν ἡμιεμπειρική σχέση τῶν Colebrook-White.

Καταλήγουμε ἔτσι νά τονίσουμε ὅτι γιά τίς ἐφαρμογές , οἱ παροχές σχεδιασμοῦ, πού ὀνομάζονται καί " ἰδεατές παροχές" σχεδιασμοῦ, θά προσδιορίζονται γενικά μέ τήν ἐφαρμογή τῶν σχέσεων (70) καί (71) ἤ (71α) γιά ὅσα τμήματα ἐξυπηρετοῦν περισσότερα ἀπό 10 ἤ καί 12 στόμια ὑδροληψίας. Γιά ὅσα τμήματα ἐξυ - πηρετοῦν λιγότερα ἀπό 10 ἤ 12 στόμια θά ἐφαρμόζεται ὁ πίνακας 6.1 τοῦ κεφ. 6 ἀπό τόν ὁποῖο θά προσδιορίζεται ὄχι μόνο τό πλῆθος Ν τῶν ἀνοιχτῶν στομίων πού ἐξυπηρετεῖται ἀπό κάθε τμῆμα του καί πού ἀρκεῖ γιά τόν ὑπολογισμό τῆς ἀντίστοιχης ἰδεατῆς παροχῆς ἀλλά καί ἡ διάταξη τῶν ἀνοιχτῶν στομίων κατά μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ. 'Η διάταξη αὐτή εἶναι εὔκολο νά βρίσκεται ἀπό τόν πίνακα 6.1 βαδίζοντας ἀπό τό τέρμα τοῦ -ἀγωγοῦ πρός τήν κεφαλή του. Ἔτσι σέ κάθε νέο τμῆμα πρός τά ἀνάντη τή διαφορά τῶν ἀνοιχτῶν στομίων πού μᾶς δίδει ὁ πίνακας 6.1 τήν τοποθετοῦμε στόν νέο κόμβο πού εἶναι ὁ κατάντη κόμβος τοῦ ἐξεταζόμενου τμήματος.

Γιά τίς απώλειες φορτίου όπως τονίστηκε καί παραπάνω μπορεΐ νά χρησιμοποιεΐται οποιαδήποτε σχέση υπολογισμοΰ. Τέλος γιά τίς ταχύτητες έκτός άπό τίς όδηγίες τοΰ Υπουργείου Δημοσίων Έργων πού γράφονται στήν παράγρ. 7.1, είναι δυνατό σέ ειδικές περιπτώσεις ή άκόμη καί γενικότερα νά έφαρμοσθοΰν παραλλαγμένες όριακές ταχύτητες πού θά καθορίζονται όμως σέ συνάρτηση μέ τή διάμετρο.

8. <u>Η ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΚΤΙΝΩΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.</u>

Στό κεφάλαιο αὐτό θά γίνει μιά ἁπλῆ ἀναφορά στό πρόβλημα τῆς βελτιστοποιήσεως τῶν ἀκτινωτῶν δικτύων ἀρδεύσεως πού λειτουργοῦν ὑπό πίεση. Γιά νά καταφανεῖ ἡ διαφορά δαπάνης καί κατά συνέπεια ἡ οἰκονομία πού προκύπτει μέ τήν ἐφαρμογή "ἰδεατῶν παροχῶν " στά δίκτυα ἀρδεύσεως, σέ σύγκριση μέ τίς ἐφαρμοζόμενες σήμερα παροχές σχεδιασμοῦ, δίδονται τρία παραδείγματα στό τέλος τοῦ κεφαλαίου.

Ὅπως εἶναι γνωστό ἀρκετές μέθοδοι βελτιστοποιήσεως ἐφαρμόζονται μέ ἐπιτυχία στά ἀκτινωτά δίκτυα γιά τήν ἐλαχιστοποίηση τοῦ κόστους κατασκευῆς των, ἀλλά μέ τήν προϋπόθεση ὅτι ἔχουν καθορισθεῖ οἱ παροχές σχεδιασμοῦ.

Στήν περίπτωση ἑνός σωληνωτοῦ ἀρδευτικοῦ δικτύου πού λειτουργεῖ κατά ζήτηση, ἐάν εἴχαμε σταματήσει στίς σχέσεις (35) ἤ (36) τοῦ κεφαλαίου 3, θά μπορούσαμε παίρνοντας αὐτές σάν ἰσοτικές δεσμεύσεις καί σέ συνέχεια σάν ἀνισοτικές δεσμεύσεις, ἐκεῖνες πού εἰσάγονται ἀπό τούς περιορισμούς τῶν ὁριακῶν ταχυτήτων, τῶν ἐλάχιστων πιεζομετρικῶν φορτίων ἤ ὑψομέτρων κλπ. νά μορφώσουμε ἕνα πρόβλημα βελτιστοποιήσεως στό ὁποῖο ὅμως, θά ἀναζητούσαμε γιά τή λύση του ἕνα νέο κατάλληλο ἀλγόριθμο [19] πού ἐνδεχόμενα δέν θά ἦταν καί τόσο ἁπλός.

Μέ τόν καθορισμό ὅμως τῶν " ἰδεατῶν παροχῶν" σχεδιασμοῦ, οἱ ὁποῖες δόθηκαν στό κεφάλαιο 5 ἀπό τίς σχέσεις (70) καί(71) ἤ (71α) τό πρόβλημα τῆς βελτιστοποιήσεως λύθηκε ἀφοῦ μπορεῖ πλέον νά ἐφαρμοσθεῖ κάποια γνωστή ὑπολογιστική διαδικασία μέ τήν ὁποία θά καθορίζονται οἱ διάμετροι τῆς βέλτιστης λύσεως.

Πρίν προχωρήσουμε στά παραδείγματα θά ἀναφερθοῦμε σέ μερικά θέματα μαθηματικοῦ προγραμματισμοῦ ἀκροθιγῶς μόνο, ὥστε νά ὑπενθυμίσουμε στόν ἀναγνώστη ἁπλᾶ, μερικά θέματα πού ἀνα - φέρονται στή βελτιστοποίηση τέτοιων περιπτώσεων καί νά ἀναφέρουμε ἐπίσης ἐπιγραμματικά, π.χ. τρεῖς μεθόδους πού θά μπο - ροῦσε κανείς νά χρησιμοποιήσει γιά τήν ἐλαχιστοποίηση τοῦ κόστους. Ἔτσι θά δώσουμε μιά συνηθισμένη μορφή τῆς ἀντικειμε - νικῆς συναρτήσεως κόστους γιά σωληνωτά δίκτυα καί μιά γενική μορφή τοῦ προβλήματος ὅπως παρουσιάζεται γιά τά ἀκτινωτά ὑπό πίεση σωληνωτά δίκτυα.

Ἡ ἀντικειμενική συνάρτηση κόστους ἤ συνάρτηση δαπάνης - διαμέτρου καθορίζεται μέ μιά καθαρά ἐμπειρική σχέση,πού ἐξαρτιέται ἀπό ἕνα πλῆθος παραμέτρων τοπικῶν καί χρονικῶν.Σάν τέτοιες σχέσεις προτείνονται οἱ πιό κάτω [7].

$$\delta = A.D^{v} \tag{74}$$

ἤ

$$\delta = B.D+F.D^{1,55} \tag{74α}$$

Ἡ πρώτη ἁπλῆ σχέση μπορεῖ νά λαμβάνεται ὑπόψη [12] γιά τίς ἐφαρμογές, στήν ὁποία εἶναι:

δ = ἡ ἀνά μέτρο μήκους δαπάνη

D = ἡ διάμετρος τοῦ ἀγωγοῦ

A, v = σταθεροί συντελεστές

Ἄρα ἡ συνολική δαπάνη Δ κατά μῆκος μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς ἤ ἑνός ἀκτινωτοῦ δικτύου ἀνέρχεται σέ

$$\Delta = \sum_{i=1}^{n} \delta = \sum_{i=1}^{n} A.D_i^{v} \tag{75}$$

ὅπου τά A καί v εἶναι σταθερά κατά τμήματα ἤ καί σέ ὁλόκληρο τό δίκτυο.

Σχετικά μέ τή σχέση (74) πού γίνεται δεκτό ότι μπορεῖ νά ἐφαρμόζεται, ἀναφέρεται ὅτι μπορεῖ εὔκολα νά προσαρμόζεται μέ τή βοήθεια τῆς μεθόδου τῶν ἐλαχίστων τετραγώνων, σέ ζεύγη τιμῶν δ καί D_i καί νά προκύπτουν ἔτσι οἱ τιμές τῶν A καί ν.

Μετά ἀπό ὅλα τά παραπάνω, ἄν θεωρήσουμε ὅτι γιά μιά σταθερή ὑψομετρική θέση τῆς τροφοδοσίας μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς πού ἔχει ὑψόμετρο H_Δ καί ἐλάχιστη ἀπαίτηση σέ πιεζομετρικό φορτίο H_o στό πέρας της θά ἔχουμε σύμφωνα μέ τίς σχέσεις (62) ἤ (63) καί τίς σχέσεις (66) ἤ (67) καί (72) ὅτι:

$$H_\Delta = \sum_{i=1}^{i=n} K_i Q_i^\alpha + H_o \tag{76}$$

ἤ ἄν α = 2,00

$$H_\Delta = \sum_{i=1}^{i=n} K_i Q_i^2 + H_o \tag{76α}$$

Σύμφωνα μέ τίς σχέσεις ὅμως (9) καί (10)

$$K_i = K_{oi} . L_i = C_o D_i^{-\beta} L_i$$

καί ἔτσι ἡ σχέση (76) θά γίνει ἄν θέσουμε

$$Q_i^\alpha C_o L_i = B_i \tag{77 }$$

ἤ $$Q_i^2 C_o L_i = B_i \tag{77α}$$

$$H_o - H_\Delta = C \tag{78}$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} B_i D_i^{-\beta} + C = 0 \tag{79}$$

Έτσι τελικά τό μαθηματικό πρόβλημα βελτιστοποιήσεως ανάγεται στήν ελαχιστοποίηση τῆς σχέσεως (75) μέ τούς ισοτικούς περιορισμούς πού δίδει ή σχέση (79) καί τούς ανισοτικούς περιορισμούς πού προκύπτουν από τίς όριακές ταχύτητες σχεδιασμοῦ, δηλαδή:

$$\min \Delta = \min. \sum_{i=1}^{i=n} A\ D_i^{v} \tag{80}$$

πού υπόκειται στους περιορισμούς

$$\sum_{i=1}^{i=n} B_i D_i^{-\beta} + C = 0 \tag{80α}$$

$$\upsilon_o \leq \upsilon_i \leq \upsilon_1 \tag{80β}$$

όπου $\upsilon_o = \min\upsilon$ (π.χ. 0,50 μ/δλ)

$\upsilon_1 = \max\upsilon$(ανάλογα μέ τή διάμετρο, βλ. κεφάλαιο 7)

$\upsilon_i = Q_i/F_i$ $(F_i = \pi D_i^2)$

Οἱ σχέσεις (80) καί (80α) εἶναι ἄθροισμα συναρτήσεων τῆς μορφῆς $A.D_i^{v}$ καί $B_i D_i^{-\beta}$ αντίστοιχα, πού κάθε μιά περιλαμβάνει ένα μόνο άγνωστο, τήν διάμετρο D_i τοῦ τμήματος ἤ κλάδου i.

Έτσι τό μαθηματικό πρόβλημα εἶναι κατ'άρχή ένα καθαρό πρόβλημα δυναμικοῦ προγραμματισμοῦ [5].

Γενικά όμως τό πρόβλημα τῆς βελτιστοποιήσεως, ώς καθαυτό πρόβλημα μαθηματικοῦ προγραμματισμοῦ δέν θά μᾶς απασχολήσει άλλο όπως καί στήν αρχή τοῦ κεφαλαίου αναφέραμε. Θά αναφέρουμε όμως τελείως επιγραμματικά μερικές μεθόδους πού θά μποροῦσαν νά εφαρμοσθοῦν σέ εφαρμογές.

- Γιά μιά άπλῆ γραμμή μεταφορᾶς θά μποροῦσε νά ἐφαρμοσθεῖ πολύ εὔκολα ἡ μέθοδος πολλαπλασιαστῶν τοῦ Lagrance [16] ὅπως ἐφαρμόζεται στό παράδειγμα 8.1 πού ἀκολουθεῖ.

- Γιά ἕνα ἀκτινωτό δίκτυο μπορεῖ νά ἐφαρμοσθεῖ μιά ἁπλοποιημένη μέθοδος πού βασίζεται σέ μιά προσεγγιστική διαδικασία ἐπιλύσεως ἑνός συστήματος ὡς πρός τίς ἀπώλειες τῶν διαφόρων κλάδων πού εἶναι καί οἱ ἄγνωστοί του [14]

- Τέλος μιά μέθοδος πού ἐφαρμόζεται σχεδόν καθολικά σ'ὅλες τίς περιπτώσεις ἀρδευτικῶν ἀκτινωτῶν δικτύων στή χώρα μας καί ἡ ὁποία μάλιστα εἶναι πάρα πολύ χρήσιμη στίς ὁριστικές μελέτες εἶναι ἡ ἀσυνεχής μέθοδος τοῦ Y.Labye [10,11]

'Η μέθοδος αὐτή ἐφαρμόζεται εὔκολα μέ τή χρήση ἠλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ καί δίδει τίς διαμέτρους ἑνός ἀκτινωτοῦ δικτύου πού ἀνταποκρίνονται στή βέλτιστη λύση μέ τούς περιορισμούς φυσικά γιά τίς ταχύτητες καί τά ὑψόμετρα πιεζομετρικῆς γραμμῆς.

'Η ἀσυνεχής μέθοδος ἔχει τό πλεονέκτημα γιατί μᾶς δίδει διαμέτρους ἐμπορίου πού εἶναι καί αὐτή μιά εὐκολία.

Στό παράδειγμα 8.2 πού ἀκολουθεῖ οἱ διάμετροι ὑπολογίστηκαν μέ τή μέθοδο τοῦ Y.Labye [10,11]

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α 8.1

Γιά νά δοῦμε τά οἰκονομικά ἀποτελέσματα δίδουμε ἕνα ἁπλό παράδειγμα, ἀπό μιά γραμμή μέ σωλῆνες στή σειρά ἤ μιά γραμμή μεταφορᾶς πού δίδεται στό σχῆμα 8.1.

Σ'αὐτή τή γραμμή μεταφορᾶς μποροῦμε νά βροῦμε τά ἀποτε - λέσματα πού προκύπτουν μετά τή βελτιστοποίηση τόσο μέ παροχές πού προτείνονται στό κεφάλαιο 5 καί 6 ὅσο καί μέ παροχές πού συνηθίζεται νά ἐφαρμόζονται σήμερα μέ ὁδηγίες τοῦ 'Υπουργείου Δημοσίων Ἔργων.

Τά δεδομένα τοῦ προβλήματος εἶναι τά ὑψόμετρα κεφαλῆς καί πέρατος, τά μήκη τῶν κλάδων, ἡ εἰδική παροχή q_o κάθε στομίου, τά ἐξυπηρετούμενα στόμια ἀπό κάθε ἀγωγό τελευταίας τάξεως πού ἐξαρτιέται ἀπό τή γραμμή μεταφορᾶς καί ἐπιθυμητή ποιότητα λειτουργίας φ=0,95.

Σάν συναρτησιακή σχέση δαπάνης-διαμέτρου δεχόμαστε

$$\delta = 8540\ D^{1,50} \tag{85}$$

ὅπου δ = Δαπάνη τοῦ ἀγωγοῦ ἀνά μ.μ. σέ δραχμές

D = Διάμετρος τοῦ ἀγωγοῦ σέ μέτρα

Γιά τή βελτιστοποίηση ἐφαρμόζουμε τή μέθοδο τῶν πολλα - πλασιαστῶν τοῦ Lagrance [16] ὁπότε γιά τή συνάρτηση $f(\chi)=$ $=f(\chi_1,\chi_2, \ldots\ldots \chi n)$ τῆς ὁποίας οἱ μεταβλητές ὑπόκεινται στούς περιορισμούς:

$_i g(\chi)=0 \qquad i=1,\ldots\ldots,m \qquad (m<n)$ ἐάν μορφώσουμε

τή συνάρτηση $F(\hat{\chi},\lambda_1,..\lambda_m) \overset{\Delta}{=} f(\chi)+\sum_{i=1}^{m} \lambda_i \left[{}_i g(\chi)\right]$ ὅπου λ_i=παράμετροι, οἱ ἀναγκαῖες συνθῆκες γιά τήν εὕρεση σχετικοῦ ἀκρότατου εἶναι οἱ παρακάτω (m+n) ἐξισώσεις ἀπό τίς ὁποῖες προσ -

διορίζονται οἱ m ἄγνωστοι $\lambda_1 \ldots\ldots \lambda_m$ καί οἱ ἄγνωστοι $X_1 X_2 \ldots$
$\ldots X_n$.

$$\frac{\vartheta F}{\vartheta x_j} = 0 \quad ; \quad j = 1,2,\ldots\ldots n \qquad (\text{n ἐξισώσεις})$$

$$\frac{\vartheta F}{\vartheta \lambda_i} = 0 \qquad i = 1,2,\ldots\ldots m \qquad (\text{m ἐξισώσεις})$$

Δηλαδή μέ ἄλλα λόγια $\nabla F(\hat{x},\hat{\lambda})=0$

Γιά νά ὑπάρχει βέβαια λύση τοῦ πιό πάνω συστήματος τῶν n+m ἐξισώσεων θά πρέπει ἡ Ἰακωβιανή τῶν συναρτήσεων $_ig(x)=0$ νά εἶναι διάφορος τοῦ μηδενός δηλαδή $J \neq 0$.

Ἱκανές συνθῆκες γιά τόν προσδιορισμό σχετικοῦ ἐλαχίστου εἶναι α) Γιά m=ἄρτιο $\Delta_1, \Delta_2, \ldots\ldots, \Delta_{n-m} > 0$
β) Γιά m=περιττό $\Delta_1, \Delta_2, \ldots\ldots, \Delta_{n-m} < 0$

ὅπου ἡ ὁρίζουσα Δ_1 εἶναι:

$$\Delta_1 \triangleq \left|\begin{array}{cc|cc} F_{11} \cdots & F_{1n} & {}_1g_1 \cdots & {}_mg_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ F_{n1} \cdots & F_{nn} & {}_1g_n \cdots & {}_mg_n \\ \hline {}_1g_1 \cdots & {}_1g_n & 0 \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ {}_mg_1 \cdots & {}_ng_n & 0 \cdots & 0 \end{array}\right| \quad \text{ὅπου} \quad \frac{\vartheta^2 F}{\vartheta x_i \vartheta x_j} \triangleq F_{ij}$$

$$\frac{\vartheta({}_kg_j)}{\vartheta x_j} \triangleq {}_kg_j$$

Ἡ ὁρίζουσα Δ_2 προκύπτει ἀπό τή Δ_1 χωρίς τήν πρώτη γραμμή καί τήν πρώτη στήλη, ἡ Δ_3 σέ συνέχεια ἀπό τήν Δ_2 χωρίς τήν πρώτη γραμμή καί τήν πρώτη στήλη κ.ο.κ.

Έτσι γιά τό πρόβλημα πού άντιστοιχεΐ στό σχήμα καί στά δεδομένα πού δίδονται πιό κάτω, πού εΐναι μιά γραμμή μεταφορᾶς μόνο δηλαδή $i=1$ καί $\lambda_1=\lambda$ βρίσκουμε τελικά:

$$\lambda^{(-16/3\mu)} = \frac{(\Delta h)}{\sum_{i=1}^{i=15} B_i \left[\left(\frac{16/3 B_i}{v.\alpha}\right)\right]^{(-16/_{3\mu})}} \tag{86}$$

$$D_i = \left(\frac{16/_3\, B_i}{v.\alpha}\right)^{1/_\mu} . \lambda^{1/_\mu} \tag{87}$$

ὅπου $v = 1{,}50$, $^1/_\mu = 0{,}14634$

$\mu = 1{,}50+5{,}333=6{,}833$, $(16/3.v.\alpha)^{-0,78} = 433{,}34$

$A = 8{,}54X10^3$, $B = 10{,}3n^2 L_i (Q_i)^2$

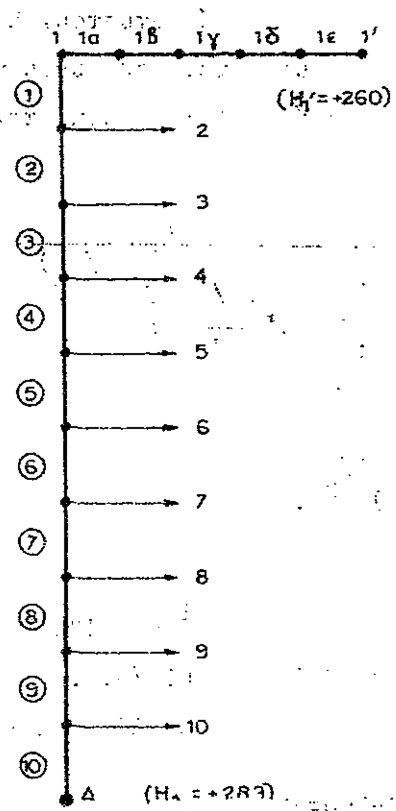
$(H_\Delta - H_1,) = (\Delta h) = 283-260=23$ μετρ.

Οἱ σχέσεις (86) καί (87) γίνονται

$$\lambda^{-0,78} = \frac{23}{433{,}34 \sum_{i=1}^{i=15} B_i^{0,22}} \tag{88}$$

(89)

καί $D_i = 0,32.B^{0,14634}.\lambda^{0,14634}$ (89)



Σχ.8.1

Δεδομένα

Μήκη

(1-1′) = άγωγός τελευταίας τάξεως

Τμήματα $1^{\alpha},1^{\beta},\ldots\ldots 1^{\varepsilon}$ άγωγοῦ τελευταίας τάξεως μέ 1=175 μ. τό καθένα.

Γιά τόν κύριο άγωγό $1_1, 1_2, 1_3, 1_7$ = 180 μ.

1_4= 220 μ., $1_5=1_6=1_8=1_9$= 360μ.

1_{10}= 240 μ.

Παροχές

Στούς άγωγούς τελευταίας τάξεως 1,2,........,10

Μέσες τιμές $\mu_1=\mu_3=\mu_6=\mu_9=0{,}050\ \mu^3/\delta\lambda$ ($q_o=0{,}013\ \mu^3/\delta\lambda$)

$\mu_2=\mu_4=\mu_5=\mu_7=\mu_{10}=0{,}030\ \mu^3/\delta\lambda$ ($q_o=0{,}0078\ \mu^3/\delta\lambda$)

Άποκλίσεις $\sigma_1=\sigma=\sigma_3=\sigma_6=\sigma_9=0{,}020\ \mu^3\ \delta/\lambda$

$\sigma_2=\sigma_4=\sigma_5=\sigma_7=\sigma_{10}=0{,}012\ \mu^3/\delta\lambda$

Οί παροχές πιό πάνω έξάγονται ύποθέτοντας ότι $p=0{,}385$ καί $R=10$ γιά κάθε άγωγό τελευταίας τάξεως. Στή συνέχεια δίδουμε δυό περιπτώσεις μέ διαφορετικές παροχές άλλά μέ τά ίδια γεω - μετρικά δεδομένα τοῦ σχήματος 8.1.

Στήν 1η περίπτωση, χαρακτηρίζουμε τήν περίπτωση έφαρμο - γῆς ίδεατῶν παροχῶν πού δίδονται στό κεφάλαιο 5 καί 6 (δηλαδή $Q_i = \mu_i^2 + \sigma_i^2 + 2\varepsilon\mu_i\sigma_i$ γιά τόν κύριο άγωγό (Δ-1) καί γιά τόν άγωγό (1-1΄) μέ τή χρήση τοῦ πίνακα 6.1)

Σάν 2η περίπτωση χαρακτηρίζουμε έκείνη στήν όποία έφαρμό- ζονται παροχές πού προκύπτουν άπό τίς όδηγίες τοῦ Ύπουργείου Δημοσίων Έργων.

Έπί πλέον γιά τήν πρώτη περίπτωση δεχόμαστε φ =0,90 καί ε=1,28 ἐνῶ γιά τή δεύτερη φ=0,99 καί ε=2,33.

Τά δεδομένα καί τά ἀποτελέσματα καί τῶν δύο περιπτώσεων καταχωροῦνται στόν παρακάτω πίνακα.

Τμη. ἀγωγοῦ	Παροχή σχεδιασμοῦ μ³/δλ	1η Περίπτωση (φ=0,90) Υπολογιζομένη διάμετρος (χλστ)		Παροχή σχεδιασμοῦ μ³/δλ	2α Περίπτωση (φ=0,99) Υπολογιζομένη διάμετρος (χλστ)	
		Θεωρητική	Εμπορίου		Θεωρητική	Εμπορίου
1ε	0,026	211	200	0,026	215	225
1δ	0,039	238	250	0,052	263	250
1γ	0,052	258	250	0,078	296	300
1β	0,065	276	250	0,104	322	300
1α	0,078	291	300	0,130	344	350
1	0,078	292	300	0,130	345	350
2	0,108	321	350	0,134	348	350
3	0,167	365	350	0,236	400	400
4	0,200	397	400	0,236	423	450
5	0,233	446	450	0,314	495	500
6	0,290	475	450	0,334	504	500
7	0,322	443	500	0,412	483	500
8	0,354	504	500	0,452	550	550
9	0,410	526	500	0,495	565	550
10	0,442	507	550	0,495	532	600

Στήν 1η καί 2η περίπτωση προέκυφαν τά έξῆς οἰκονομικά κλπ. ἀποτελέσματα.

	1η περίπτωση	2η περίπτωση
Συνολική δαπάνη ὁλόκληρης τῆς γραμμῆς Δ-1-1΄	7.713.722 Δρχ.	8.917.563 Δρχ.
Δαπάνη κύριου ἀγωγοῦ Δ-1	6.774.041 "	7.770.649 "
Δαπάνη ἀγωγοῦ (1-1΄) τελευταίας τάξεως	939.681 "	1.146.914 "
Συνολική ἀπώλεια φορτίου	22,75 μετρ.	22,80 μέτρ.

Βλέπουμε ἔτσι γιά τόν παραπάνω συγκεκριμένο ἀγωγό ὅτι ἡ δαπάνη στή δεύτερη περίπτωση εἶναι συνολικά κατά 15,6% μεγαλύτερη ἀπό τήν πρώτη καί γιά τόν ἀγωγό τελευταίας τάξεως κατά 22% περίπου. Ἄν μάλιστα δεχόμασταν ἀνάλογους ἀγωγούς τελευταίας τάξεως 1,2,.....,9, τότε ἡ συνολική δαπάνη στή δεύτερη περίπτωση θά ἦταν κατά ἐκτίμηση 20% περίπου μεγαλύτερη ἀπό τήν πρώτη.

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α 8.2

Στό παράδειγμα τοῦτο ἐξετάζουμε ἕνα δίκτυο πού ἔχει σάν κύριο κορμό πάλι 10 τμήματα ἀγωγῶν στή σειρά, ἀλλά στό ὁποῖο ὑπάρχουν καί 13 ἀγωγοί τελευταίας τάξεως, πού ἐξυπηρετοῦνται ἀπό τόν κύριο ἀγωγό καί ἐπίσης μερικά στόμια ὑδροληψίας πού ἐξυπηρετοῦνται ἀπευθείας ἀπό τόν κύριο ἀγωγό.

Τό δίκτυο ἐξυπηρετεῖ συνολικά 120 στόμια ὑδροληψίας τά ὁποῖα πάλι ἐξυπηρετοῦν μία ἔκταση περίπου τῆς τάξεως τῶν 4.800 στρεμμάτων.

Ἡ μορφή τοῦ δικτύου ἐμφανίζεται στό σχῆμα 8.2 πού ἀκολουθεῖ καί τά δεδομένα δίδονται πιό κάτω.

Οἱ παροχές ὑπολογίστηκαν σέ δυό περιπτώσεις δηλαδή στήν περίπτωση Α ὅπου ὑπολογίστηκαν μέ τίς ὁδηγίες τοῦ Ὑπουργείου Δημοσίων Ἔργων καί στήν περίπτωση Β μέ τίς ὁδηγίες τῶν κεφαλαίων 5 καί 6. Στήν περίπτωση Β καταρχή δίδονται ξεχωριστά οἱ παροχές πού δίδουν οἱ σχέσεις (64) καί (65) ὅπως καί ἡ σχέση τοῦ R.Clement (2) γιά νά φανεῖ ἡ διαφορά ἡ ὁποία ὅπως εἴπαμε εἶναι πολύ μικρή γιά τίς σχέσεις (64), (65) ἀλλά καί γιά τή σχέση (2) εἶναι πάλι σχετικά μικρή. Βέβαια τελικά στήν περίπτωση Β ἐφαρμόζονται οἱ παροχές πού προκύπτουν μέ ἐφαρμογή τῆς σχέσεως (65) ἤ (70).

Στή συνέχεια μέ διατήρηση τῶν ἰδίων δεδομένων (μήκη,ὑψόμετρα κλπ. γεωμετρικά στοιχεῖα) στό δίκτυο καί μέ ἀλλαγή μόνο τῶν παροχῶν σχεδιασμοῦ προβαίνουμε στή βελτιστοποίηση του τόσο στήν περίπτωση Α ὅσο καί στή Β, γιά νά ἐλαχιστοποιήσουμε τό κόστος μέ κατάλληλο ἐκλογή τῶν διαμέτρων. Ἡ βελτιστοποίηση ἔγινε μέ τή μέθοδο τοῦ Y. Labye καί μέ πρόγραμμα τοῦ συναδέλφου Ι Εὐθυμιάτου σέ ἠλεκτρονικό ὑπολογιστή. Τά ἀποτελέσματα πού ἀφοροῦν τίς διαμέτρους κλπ. βασικά στοιχεῖα ἐμφανίζονται πιό κάτω τόσο στήν περίπτωση Α ὅσο καί στή Β.

Πρῶτα, ὅπως εἴπαμε, δίδουμε τίς ἰδεατές παροχές γιά τήν περίπτωση Β μέ τίς σχέσεις (65), (64) καί (2).

Τμῆμα κύριου ἀγωγοῦ (i)	Πλῆθος ἐξυπ. στομίων $_R$	Μέση τιμή μ λ/δλ	Ἀπόκλιση σ λ/δλ	Παροχές Qi(λ/δλ) γιά ε =1,28, φ=0,90 $Q_i=\left(\mu_i^2+\sigma_i^2+2\varepsilon\mu_i\sigma_i\right)^{1/2}$	$Q_i=\left[\mu_i^\alpha+\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\mu_i^{\alpha-2}\sigma_i^2+\alpha\varepsilon\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i\right]^{\frac{1}{\alpha}}$ $\alpha = 1{,}786$	$Q_i=\mu_i+\varepsilon\sigma_i$
36-30	18	43,2	15,55	61,87	62,14	63,10
30-25	36	86,4	22,00	113,20	114,24	114,56
25-21	50	120,0	25,92	151,77	152,07	153,18
21-18	62	148,8	[illegible]3,87	184,31	184,61	185,75
18-14	72	172,8	31,11	211,16	211,45	212,62
14-11	84	201,6	33,60	243,13	243,60	244,61
11- 8	92	220,8	35,16	264,32	264,60	265,80
8- 4	100	240,0	36,66	285,43	285,71	286,92
4- 1	112	268,8	38,80	316,95	317,24	318,46
$1-\Delta_o$	120	288,0	40,16	337,88	338,20	339,40

'Από τίς παραπάνω παροχές εφαρμόζουμε στρογγυλευμένες , στό πρῶτο δεκαδικό ψηφίο, τίς παροχές $Q_i=(\mu_i^2+\sigma_i^2+2\varepsilon\mu_i\sigma_i)^{1/2}$. Οἱ ὑπόλοιπες παροχές τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως βρίσκονται πολύ εὔκολα ἀπό τόν πίνακα 6.1 γιά φ=0,90 καί p=0,30.

Τά βασικά δεδομένα τοῦ δικτύου τοῦ σχήματος 8.2 εἶναι:

p=0,30 q_o=8,0 λ/δλ.

'Απώλειες στούς σωλῆνες $h= kQ^{\alpha}$ ὅπου τό h δίδεται σέ μ/χλμ. καί τό Q σέ λ/δλ. τό δέ k σέ συνάρτηση μέ τή διάμετρο D.Ση - μειώνουμε ὅτι γιά χαλυβδοσωλῆνες δεχθήκαμε τό α=1,96 καί γι' ἀμιαντοσιμεντοσωλῆνες α=1,786.

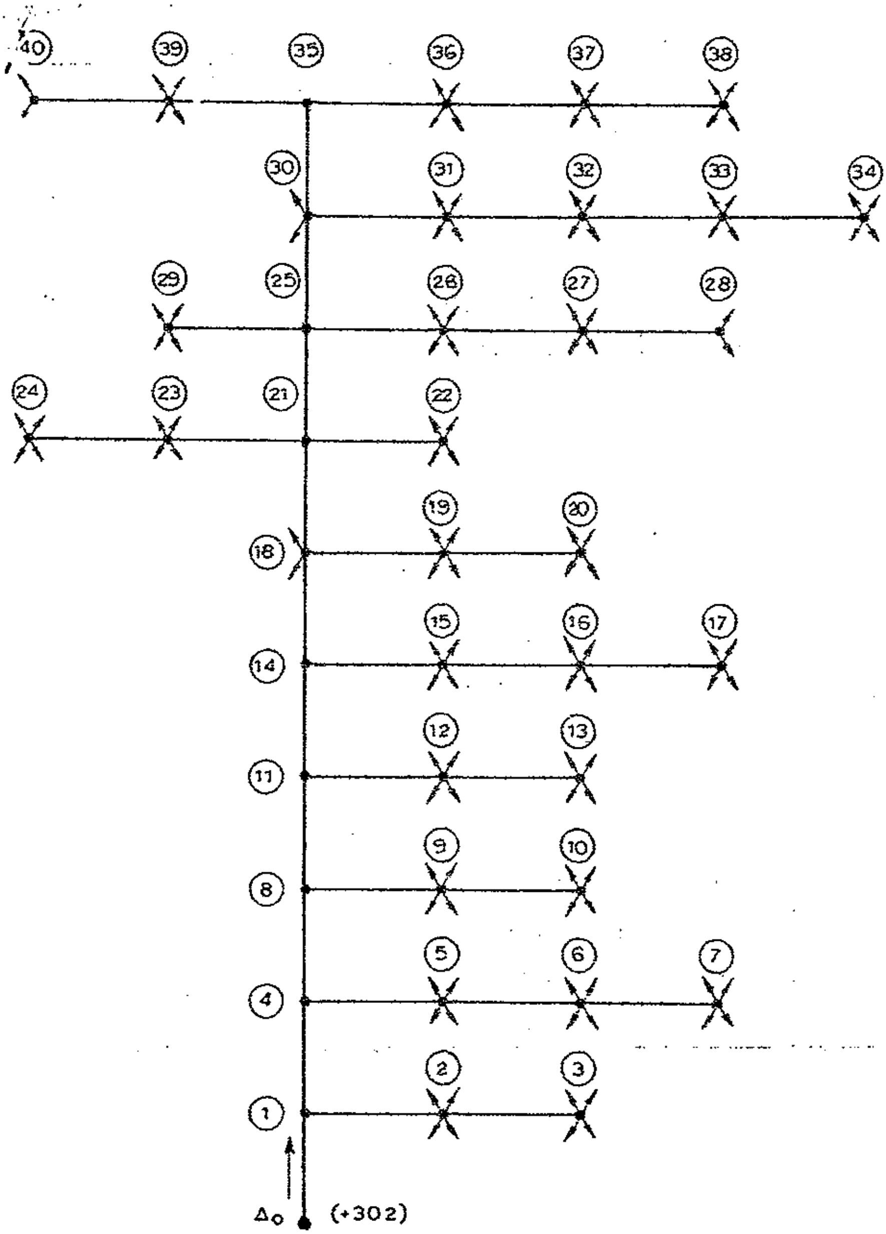
Οἱ μέγιστες ταχύτητες εἶναι ἐκεῖνες πού δόθηκαν στό κε - φάλαιο 7 ἐνῶ γιά ἐλάχιστη ταχύτητα ἔγινε δεκτή ἡ τιμή 0,50 μ/δλ.

Τό κόστος γιά τήν προμήθεια καί ἐγκατάσταση τῶν σωλήνων δίδεται ἐπίσης σέ συνάρτηση μέ τή διάμετρο.

Τά γενικά δεδομένα δίδονται ἀμέσως πιό κάτω μαζί μέ τούς περιορισμούς τῶν ταχυτήτων.

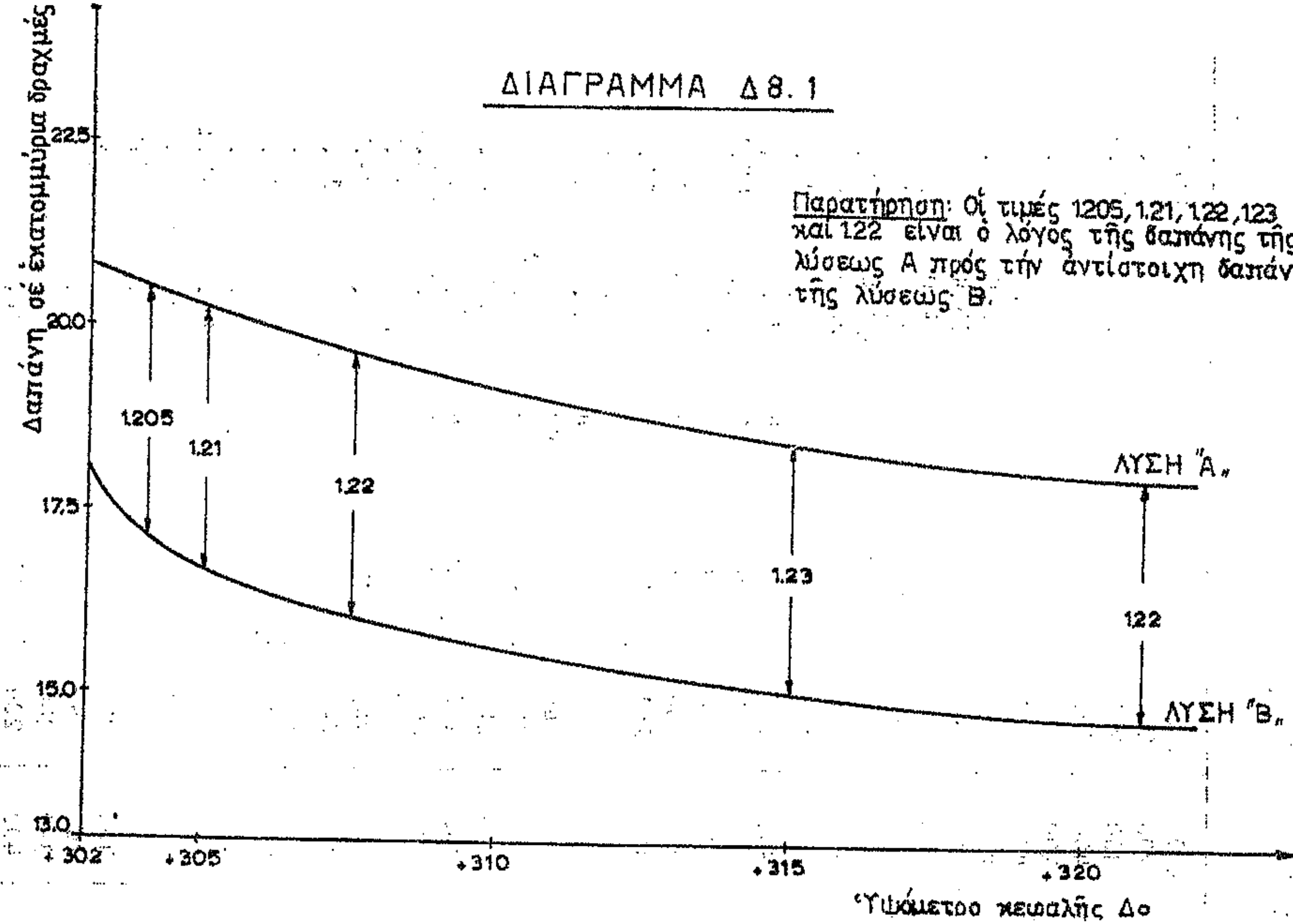
Διάμετρος χλστ.	Κόστος σέ δρχ/μ.μ. σωλῆνος	Τιμή τοῦ Κ	Τιμή τοῦ α	Ταχύτητες	
				Μέγι-στες	'Ελάχι-στες
1200	11330	0,0000007164	1,960	2,50	0,50
1100	9800	0,0000011254	"	"	"
1000	8380	0,0000018452	"	2,40	"
900	7010	0,0000031888	"	"	"
800	5705	0,0000058761	"	2,30	"
700	4460	0,0000117500	"	"	"
600	3615	0,0000261530	"	2,20	"
500	3120	0,0001548660	1,786	"	"
450	2600	0,0002564400	"	2,10	"
400	2095	0,0004505600	"	"	"
350	1645	0,0008536700	"	2,00	"
300	1250	0,0017852000	"	"	"
250	920	0,0042724000	"	"	"
200	680	0,0124300000	"	1,80	"
175	565	0,0235510000	"	1,70	"
150	465	0,0492540000	"	1,60	"
125	370	0,1178700000	"	1,40	"
100	315	0,3429300000	"	1,20	"
80	245	0,9977491300	"	1,00	"

Στή συνέχεια μετά τό σχῆμα 8.2 δίδονται τά γεωμετρικά στοιχεῖα τοῦ δικτύου καί οἱ παροχές σχεδιασμοῦ στίς δυό περιπτώσεις Α καί Β πού ἐξετάζονται.


40
39
35
36
37
38
30
31
32
33
34
29
25
26
27
28
24
23
21
22
19
20
18
15
16
17
14
12
13
11
9
10
8
5
6
7
4
2
3
1
Δ_0
(+302)

Ονομασία κλάδου	Μήκος (μετρ)	Υψόμετρο		Εγκατεστημένα στόμια	Παροχές (λ/δλ)	
					Περίπτωση	
		Εδαφος	Ελάχιστο πιεζ.γραμμής		A	B
1	1000	+266	+276	120	381,6	337,9
2	200	263	298	8	64,0	32,0
3	400	260	295	4	32,0	16,0
4	400	263	273	112	381,6	316,9
5	200	262	297	12	96,0	45,1
6	400	261	296	8	64.0	32,0
7	420	259	294	4	32,0	16,0
8	380	260	270	100	325,4	285,4
9	220	258	293	8	64,0	32,0
10	400	257	292	4	32,0	16,0
11	400	258	268	92	325,4	264,3
12	180	257	292	8	64,0	32,0
13	420	255	290	4	32,0	16,0
14	400	255	265	84	279,9	243,1
15	200	255	290	12	96,0	45,1
16	400	254	289	8	64,0	32,0
17	400	254	289	4	32,0	16,0
18	450	251	283	72	279,9	211,2
19	200	250	285	8	64,0	32,0
20	420	250	285	4	32,0	16,0
21	450	248	258	62	216,1	184,3
22	220	248	283	4	32,0	16,0
23	200	249	284	8	64,0	32,0
24	400	250	285	4	32,0	16,0
25	420	245	255	50	216,1	151,8
26	220	243	273	10	80,0	40,0
27	400	242	272	6	36,0	24,0
28	420	242	274	2	16,0	16,0
29	200	246	281	4	32,0	16,0
30	400	244	276	36	137,7	113,2
31	180	243	278	16	96,0	56,0
32	380	242	277	12	96,0	45,1
33	400	241	276	8	64,0	32,0
34	380	240	275	4	32,0	16,0
35	450	240	255	18	132,0	61,9
36	200	240	275	12	96,0	45,1
37	380	240	275	8	64,0	32,0
38	400	239	274	4	32,0	16,0
39	220	241	276	6	36,0	24,0
40	400	241	273	2	16,0	16,0

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ8.1

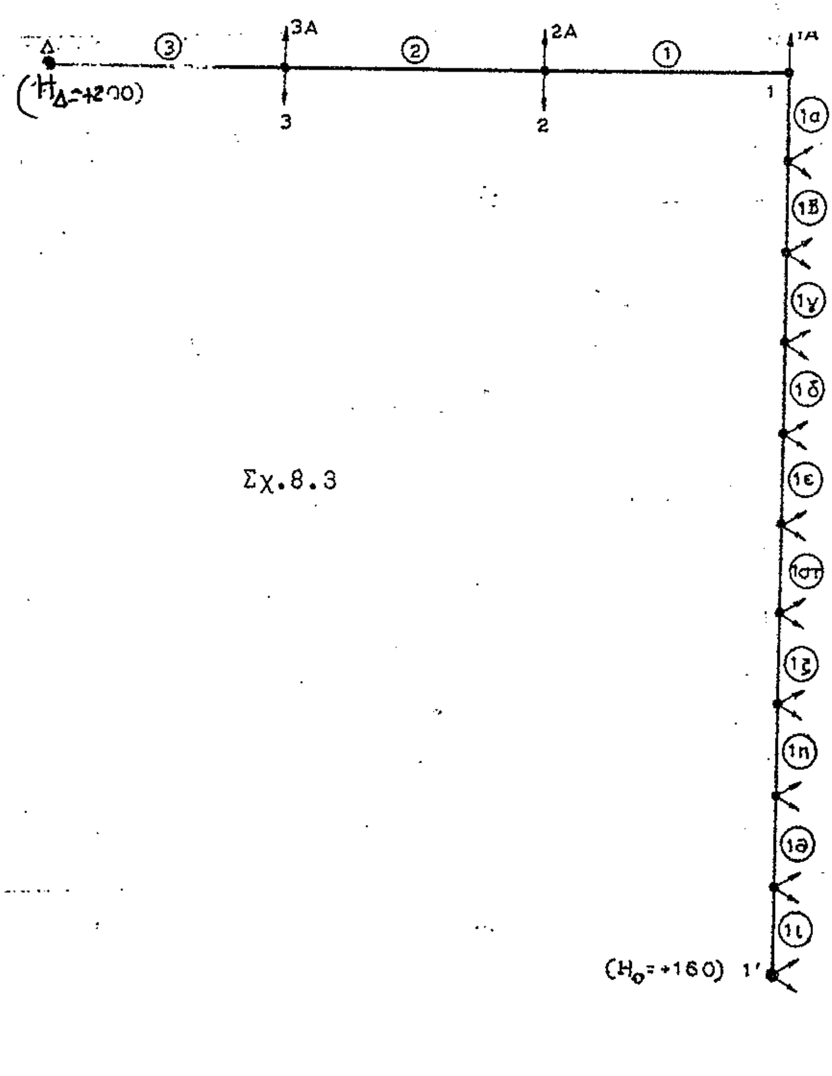


Παρατήρηση: Οἱ τιμές 1205, 1.21, 1.22, 1.23 καί 1.22 εἶναι ὁ λόγος τῆς δαπάνης τῆς λύσεως Α πρός τήν ἀντίστοιχη δαπάνη τῆς λύσεως Β.

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α 8.3

Στό παράδειγμα τοῦτο δίδεται μία γραμμή μεταφορᾶς Δ-1-1΄ πού ἐξυπηρετεῖ συνολικά ἕξη (6) ἀγωγούς τελευταίας τάξεως. Ὁ καθένας πάλι ἀγωγός τελευταίας τάξεως ἐξυπηρετεῖ 20 στόμια καί ἔτσι ὅλη ἡ γραμμή μεταφορᾶς ἐξυπηρετεῖ συνολικά 120 στόμια.

Γιά κάθε στόμιο δεχόμαστε $p=0,30$ καί $q_o=6,0$ λ/δλ.



Σχ.8.3

'Εφαρμόζοντας τή μέθοδο τῶν πολλαπλασιαστῶν τοῦ Lagrance βρίσκουμε τίς διαμέτρους τῆς βέλτιστης λύσεως γιά δύο περιπτώσεις. 'Η πρώτη περίπτωση ἀναφέρεται σέ παροχές πού προκύπτουν ἀπό τόν καθορισμό "ἰδεατῶν παροχῶν" ἐνῶ ἡ δεύτερη σέ παροχές πού προκύπτουν ἀπό τίς ὁδηγίες τοῦ 'Υπουργείου Δημοσίων Ἔργων.

Τά ἀποτελέσματα καταχωροῦνται στόν ἑπόμενο πίνακα..

Τμῆμα ἀγωγοῦ	Μῆκος	1η περίπτωση (φ=0,90)			2η περίπτωση (φ=0,99)		
		Παροχή σχεδιασμοῦ μ³/δλ	Υπολογιζομένη διάμετρος (χλστ)		Παροχή σχεδιασμοῦ μ³/δλ	Υπολογιζομένη διάμετρος (χλστ)	
			Θεωρητική	'Εμπορίου		Θεωρητική	'Εμπορίου
1	160	0,006	~~10~~91	125	0,012	127	150
1θ	"	0,012	122	125	0,024	167	175
1η	"	0,018	138	150	0,036	188	200
1ζ	"	0,024	150	175	0,048	191	200
1στ	"	0,030	160	175	0,060	218	225
1ε	"	0,03291	164	175	0,072	230	225
1δ	"	0,03748	170	200	"	"	250
1γ	"	0,04197	176	200	"	"	250
1β	"	0,04640	182	200	"	"	250
1α	100	0,05080	174	200	"	215	300
1	280	0,09323	242	250	0,12932	296	300
2	300	0,17438	293	300	0,25864	367	350
3	350	0,25342	344	350	0,28627	386	350

Γιά τίς παραπάνω διαμετρήσεις προκύπτουν οἱ ἑξῆς συνολικές ἀπώλειες φορτίου:..

./.

- Περίπτωση 1η: Δ =39,84
- Περίπτωση 2η: Δ =39,68

'Επίσης προκύπτει τό έξής κόστος

- Περίπτωση 1η Κόστος άγωγοῦ	(Δ-1)=	943.275 Δρχ.
- " "	(1-1')=	919.214 "
Σύνολο		1.862.489 Δρχ.
- Περίπτωση 2η Κόστος άγωγοῦ	(δ-1)=	1.542.320 Δρχ.
- " "	(1-1')=	1.368.230 "
Σύνολο		2.910.550 Δρχ.

Βλέπουμε έτσι ότι ή δαπάνη τής γραμμής μεταφοράς είναι συνολικά στή 2η περίπτωση κατά 56% περίπου μεγαλύτερη άπό τήν πρώτη. Είδικώτερα στόν άγωγό τελευταίας τάξεως (1-1') είναι στή 2η περίπτωση μεγαλύτερη κατά 45% περίπου καί στόν κύριο άγωγό κατά 68%.

'Εάν θεωρούσαμε πάντως καί τούς ύπόλοιπους άγωγούς τελευταίας τάξεως μέ άνάλογη δαπάνη, τότε ή συνολική δαπάνη στή 2η περίπτωση θά ήταν περίπου κατά 51% μεγαλύτερη άπό τήν 1η περίπτωση.

Συνοπτικά συμπεράσματα γιά τήν μείωση τοῦ κόστους

Μέ τά παραδείγματα 8.1, 8.2 καί 8.3 άποκτήσαμε ήδη μιά άντίληψη τοῦ μεγέθους τής οίκονομίας πού έπιτυγχάνεται στίς δαπάνες κατασκευής τῶν άρδευτικῶν δικτύων άν βέβαια τά σχεδιάσουμε σωστά.

Έτσι βλέπουμε ότι ή έλάχιστη οίκονομία πού έπιτυγχάνεται είναι τής τάξεως τοῦ 20% περίπου έπί τοῦ κόστους γιά σω -

στό σχεδιασμό. Τό ποσοστό αὐτό ἀντιστοιχεῖ σέ ἐδάφη πού ἔχουν μικρές κλίσεις καί ἔτσι μέ τήν τοποθέτηση τετραπλῶν ὑδροληψιῶν μειώνεται τό μῆκος τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως.

Ἐπίσης βλέπουμε ὅτι σέ εἰδικές περιπτώσεις τό πιό πάνω ποσοστό μπορεῖ νά αὐξηθεῖ μέχρι καί 50% περίπου. Αὐτό βέβαια θά συμβεῖ σέ περιπτώσεις ἐδαφῶν μέ ἐντονότερες κλίσεις ὅπου τοποθετοῦνται διπλές ὑδροληψίες καί κατά συνέπεια τό μῆκος τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως εἶναι πάρα πολύ μεγάλο σέ σύγκριση μέ τό μῆκος τῶν ἀγωγῶν ἀνωτέρας τάξεως. Ἑπομένως ρόλο στή διακύμανση τοῦ ποσοστοῦ οἰκονομίας παίζει ἡ μορφολογία τοῦ ἐδάφους, ἡ γενική διάταξη τοῦ δικτύου καί τῶν ὑδροληψιῶν κλπ.

Τελικά μπορεῖ νά γίνει δεκτό ὅτι τό ποσοστό οἰκονομίας πού ἐπιτυγχάνεται ἐπί τοῦ κόστους ἑνός δικτύου πού σχεδιάζεται σωστά, μπορεῖ νά θεωρηθεῖ κατά ἐλάχιστο σέ 20 ἕως 25%. Τό ποσοστό αὐτό βέβαια πρέπει νά θεωρεῖται ὅτι ἀποτελεῖ ἕνα μέσο στατιστικό ὅρο τῶν διαφόρων περιπτώσεων πού μπορεῖ νά παρουσιασθοῦν στίς ἐφαρμογές.

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

α) Οἱ πληροφορίες πού δίνει ἡ σχέση (2) γιά τίς ζητούμενες παροχές σέ μιά θέση θεωροῦνται ἀρκετά ἱκανοποιητικές γιά τόν ὑδραυλικό σχεδιασμό ἑνός ἀρδευτικοῦ δικτύου. Ἡ σχέση αὐτή πού εἶναι γνωστή σάν "1ος τύπος τοῦ R.Clement" προκύπτει ἀπό τήν παραδοχή τῆς λειτουργίας κάθε στομίου ὑδροληψίας μέ σταθερή πιθανότητα ἐντός τῆς ἀρδευτικῆς ἡμέρας χωρίς νά λαμβάνεται ὑπόψη τό ἱστορικό τῆς λειτουργίας τοῦ ὅλου δικτύου.

Ἔτσι μ'αὐτές τίς πληροφορίες τῆς σχέσεως (2) $Q=\mu+\varepsilon.\sigma$ ἤ $N=R.p+\varepsilon\left[Rp(1-p)\right]^{1/2}$ πού θεωροῦνται χρήσιμες καί σωστές γιά τό σχεδιασμό ἑνός δικτύου, εἶναι δυνατό γιά μιά ἐπιθυμητή ποιότητα λειτουργίας φ, νά ὑπολογίσουμε τήν μέγιστη παροχή πού ζητιέται στήν κεφαλή ἤ καί σέ ἄλλες θέσεις.

Προκειμένου ὅμως νά προχωρήσουμε στόν ὑπολογισμό τῶν διαμέτρων τοῦ δικτύου, δέν εἶναι σωστό νά ἀθροίσουμε τίς παροχές αὐτές οἱ ὁποῖες εἶναι οἱ μέγιστες πού παρουσιάζονται στίς διάφορες θέσεις γιά καθορισμένες τιμές τῆς ποιότητας λειτουργίας φ, τῆς πιθανότητας λειτουργίας κάθε στομίου p καί τῆς παροχῆς q_o τῶν στομίων ὑδροληψίας.

Μέχρι τώρα οἱ σχετικές προτάσεις γιά τόν καθορισμό τῶν παροχῶν σχεδιασμοῦ βασίζονται σέ ἀμφισβητήσιμες προτάσεις ἤ ἐμπειρικές καί περίπου αὐθαίρετες κατανομές τῆς ὅλης παροχῆς κεφαλῆς ἤ τῶν ἐπί μέρους παροχῶν τῶν διαφόρων κλάδων. Οἱ κατανομές αὐτές δέν ἀνταποκρίνονται στήν πραγματικότητα καί συνήθως καταλήγουν σέ ὑπερσχεδιασμό.

β) Στήν παροῦσα ἐργασία λαμβάνοντας ὑπόψη τόν σωστό καθορισμό τῆς ποιότητας λειτουργίας τοῦ δικτύου πού εἶναι ἡ ποιότητα τῆς λειτουργίας τῶν ἐξυπηρετούμενων στομίων (δηλαδή ἕνα στόμιο ἔχει ποιότητα λειτουργίας φ, ἄν τό ὑψόμετρο τῆς πιεζομετρικῆς γραμμῆς ἀμέσως ἀνάντη αὐτοῦ παραμένει γιά στάθμη πιθανότητας φ, μεγαλύτερο ἤ ἴσο πρός τό ἀπαιτούμενο), καταλήξαμε στή μελέτη τῆς κατανομῆς τῆς ἀπώλειας φορτίου κατά μῆκος τῶν διαφόρων γραμμῶν μεταφορᾶς.

Ἡ μελέτη τῆς κατανομῆς τῆς ἀπώλειας φορτίου πραγματοποιήθηκε μέ τήν ἔκφραση (12).

$$h= \Sigma . K_i . Q_i^{\alpha}$$

ὅπου Q_i εἶναι οἱ παροχές πού ζητοῦνται σέ κάθε κλάδο τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς καί K_i οἱ ἀντίστοιχες συναρτήσεις πού δίνουν οἱ σχέσεις (9) καί (10).

Γιά τήν μαθηματική ἐπεξεργασία γίνεται δεκτό ὅτι κάθε ἀγωγός τελευταίας τάξεως ἐξυπηρετεῖ τούλάχιστον 10 στόμια.ὁπότε εἶναι δυνατό νά ὑποτεθεῖ ὅτι οἱ παροχές στήν κεφαλή τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως ἀκολουθοῦν τήν κανονική κατανομή.Πάντως καί ἄν ἀκόμα ἐξυπηρετοῦνται ἀπό τούς ἀγωγούς τελευταίας τάξεως λιγότερα ἀπό 10 στόμια, πάλι ἐφαρμόζονται τά συμπεράσματα τῆς παρούσας ἐργασίας ὅπως ἀναφέραμε ἤδη σχετικά καί στό κεφάλαιο 7.

Τήν λειτουργία τοῦ ἀγωγοῦ τελευταίας τάξεως πού ἐξυπηρετεῖ μέχρι 10 ἤ τό πολύ 12 στόμια ἔχουμε ἐξετάσει στό κεφάλαιο 6 μέ διάφορες ἐξομοιώσεις καί ἔχουμε καταλήξει σέ συμπεράσματα. Σύμφωνα λοιπόν μέ τά συμπεράσματα αὐτά εἶναι δυνατό πάντοτε νά ἀπεικονίζουμε τήν λειτουργία του μέ ἕνα αἰτιοκρατικό σχῆμα ζητήσεως τό ὁποῖο προκύπτει θεωρώντας ὁρισμένα ἀπό τά στόμιά του σάν ἀνοιχτά. Τό πλῆθος καί ἡ θέση αὐτῶν τῶν στομίων προσδιορίζονται μέ ἕνα τρόπο πού εἶναι ἁπλός.

Ἔτσι εἶναι δυνατό σέ κάθε τμῆμα του νά προσδιορίζεται μιά παροχή σχεδιασμοῦ πού ὀνομάζεται "ἰδεατή παροχή σχεδιασμοῦ" ἡ ὁποία δίνει τίς ἀπώλειες φορτίου πού ἀντιστοιχοῦν στήν ἐξεταζόμενη θέση γιά στάθμη πιθανότητας (ποιότητα λειτουργίας) φ ἤ τίς ὑπερβάλλει κατά λογικό ποσοστό μικρῆς τάξεως. Ἐπίσης εἶναι εὔκολο νά βρεθεῖ καί ἡ σχέση ἀπώλειας φορτίου καί παροχῆς κεφαλῆς τοῦ ἀγωγοῦ ἤ ἄλλης ἐξεταζόμενης θέσεώς του.

Ἡ εὕρεση τῶν ἀνοιχτῶν στομίων γίνεται μέ τή βοήθεια τοῦ πίνακα 6.1 σέ συνάρτηση μέ τό πλῆθος R τῶν στομίων πού ἐξυπηρετεῖ κάθε τμῆμα τοῦ ἀγωγοῦ, μέ τήν πιθανότητα p λειτουργίας τοῦ κάθε στομίου καί τήν ἐπιθυμητή ποιότητα λειτουργίας φ. Γιά τιμές ἐκτός τοῦ πίνακα μπορεῖ κανείς νά χρησιμοποιήσει ἕνα πίνακα διωνυμικῆς κατανομῆς σύμφωνα μέ τίς ὁδηγίες τοῦ κεφαλαίου 6. Γιά περισσότερα ἀπό 10 ἤ τό πολύ 12 στόμια ὁπότε ἡ παροχή ἀκολουθεῖ τήν κανονική κατανομή ἐφαρμόζονται οἱ σχέσεις (70) καί (71) ἤ (71α) τοῦ κεφαλαίου 5 πού δίνουν τίς "ἰδεατές παροχές" στούς ὑπόλοιπους ἀγωγούς ἀνωτέρας τάξεως.

Ἐκτός ἀπό τίς "ἰδεατές παροχές σχεδιασμοῦ" πού ἀναφέραμε στόν ἀγωγό τελευταίας τάξεως καί πού καθορίζονται γιά ἀγωγούς πού ἐξυπηρετοῦν λιγότερα ἀπό 10 ἤ 12 στόμια μέ τή βοήθεια τοῦ πίνακα 6.1 τοῦ κεφαλαίου 6, καθορίζονται ἐπίσης μέ βάση τίς σχέσεις (70) καί (71) ἤ (71α) καί οἱ "ἰδεατές παροχές σχεδιασμοῦ" στούς ἀγωγούς ἀνωτέρας τάξεως, οἱ ὁποῖες εἶναι:

$$Q_i \cong \left[\mu_i^2+\sigma_i^2+2\varepsilon.\mu_i.\sigma_i\right]^{1/2} = \mu_i(1+Cv_i^2+2\varepsilon.Cv_i)^{1/2} \qquad (90)$$

ἤ μέ μικρή ὑποτίμηση τῶν ἀπωλειῶν:

$$Q_i \cong (\mu_i^2+2\varepsilon.\mu_i.\sigma_i)^{1/2} = \mu_i(1+2\varepsilon.Cv_i)^{1/2} \qquad (90\alpha)$$

ἐνῶ μέ μικρή ὑπερτίμηση τῶν ἀπωλειῶν:

$$Q_i \cong \mu_i + \varepsilon.\sigma_i = \mu_i.(1+\varepsilon.Cv_i) \qquad (90\beta)$$

πού εἶναι ἡ σχέση (2) τοῦ R.Clement.

Σημειώνουμε ὅτι:

Q_i = ἰδεατή παροχή σχεδιασμοῦ τοῦ κλάδου i

μ_i, σ_i = μέση τιμή καί τυπική ἀπόκλιση τῆς παροχῆς στόν κλάδο i πού δίδονται ἀπό τίς σχέσεις (3) καί (4)

Cv_i = συντελεστής μεταβολῆς παροχῶν τοῦ κλάδου ἤ τμήματος (i)

ε = τυποποιημένη τυχαία μεταβολή κανονικῆς κατανομῆς

Τό σημαντικό εἶναι, ὅτι οἱ σχέσεις (90) ἐφαρμόζονται πάντοτε,ὁποιαδήποτε σχέση τοῦ κεφ.2 καί ἄν δεχθοῦμε γιά τόν ὑπολογισμό τῶν ἀπωλειῶν. Οἱ σχέσεις αὐτές εἶναι ταυτόσημες μέ τίς σχέσεις (70) καί (71) ἤ (71α).

Οἱ σχέσεις (90) προέκυψαν ἀπό τή μελέτη τῆς σχέσεως (12) μετά ἀπό λογικές καί ἀνεκτές προσεγγίσεις γιά τό πεδίο ἐφαρμογῆς τῶν σχέσεων (35) καί (36). Ἐπίσης ἀπό τή μελέτη τῆς ἀπώλειας h προέκυψε τό συμπέρασμα ὅτι ἡ κατανομή της μπορεῖ μέ μεγάλη προσέγγιση νά θεωρηθεῖ ὅσο αὐξάνουν οἱ κλάδοι,ὅτι τείνει πρός τήν κανονική καί οἱ τυποποιημένες τιμές τῆς $u = \frac{h-m}{s}$ τείνουν πρός τίς τιμές τῆς τυποποιημένης κανονικῆς κατανομῆς.

Ἡ μέση τιμή καί ἡ ἀπόκλιση τῆς ἀπώλειας φορτίου εἶναι:

$$m = \Sigma.K_i.(\mu_i^2+\sigma_i^2) \text{ ἤ } \Sigma K_i.\left[\mu_i^\alpha + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2}.\mu_i^{\alpha-2}.\sigma_i^2\right]$$

$$s \cong 2\Sigma.K_i.\mu_i.\sigma_i \text{ ἤ } (\alpha\Sigma.K_i.\mu_i^{\alpha-1}.\sigma_i) \quad , \quad \alpha = \text{περίπου } 1{,}76 \text{ ἕως } 2{,}00$$

Τελικά δεχθήκαμε τίς έξῆς τιμές τῆς πού τίς χαρακτηρίσαμε μέ τό ε τῆς τυποποιημένης κανονικῆς κατανομῆς.

u = ε = 1,28	γιά φ = 0,90
u = ε = 1,65	γιά φ = 0,95
u = ε = 2,33 (ἕως 2,40)	γιά φ = 0,99

Δηλαδή δεχόμεθα τίς τιμές τῆς τυχαίας μεταβλητῆς τυποποιημένης κανονικῆς κατανομῆς.

Τά συμπεράσματα πάντως τῆς παρούσας ἐργασίας καί τά ἀποτελέσματα ἀπό τήν ἐφαρμογή τῶν "ἰδεατῶν παροχῶν" σχεδιασμοῦ , ἔχουν ἐπαληθευτεῖ σέ συγκεκριμένες περιπτώσεις γραμμῶν μεταφορᾶς (τελευταίας ἤ ἀνωτέρας τάξεως) μέ τήν μέθοδο τῆς ἐξομοιώσεως.

γ) Στό θέμα τῆς ποιότητας λειτουργίας ἔγινε πιό πάνω ἀποδεκτός ὁ καθορισμός τῆς ποιότητας λειτουργίας τῶν ἐξυπηρετουμένων στομίων.

Θά μπορούσαμε ὅμως μέ τά συμπεράσματα πού πήραμε ἀπό τήν πιό πάνω σωστή ἀποδοχή τοῦ καθορισμοῦ τῆς ποιότητας λειτουργίας, νά δεχθοῦμε καί σάν ταὐτόσημο τόν ἑξῆς καθορισμό τῆς ποιότητας λειτουργίας,τοῦ δικτύου "ὅτι ποιότητα λειτουργίας φ τοῦ δικτύου θά εἶναι ἡ πιθανότητα ὅπως γιά κάθε τμῆμα ἤ κλάδο του καί ὅπου Q_i εἶναι ἡ ἀντίστοιχη ἰδεατή παροχή", δηλαδή $p(Q \leq Q_i) = φ$.

δ) Στό κεφάλαιο 8 ἔχει δοθεῖ ἡ μαθηματική μορφή τοῦ προβλήματος βελτιστοποιήσεως μέ τή βοήθεια τῶν σχέσεων (80),(80α) καί (80β) καί ἀναφέρονται συνοπτικά στοιχεῖα γιά τίς ἐφαρμοζόμενες ὑπολογιστικές διαδικασίες (ἀλγόριθμοι).

Πάντως μετά τόν καθορισμό τῶν σχέσεων (90) πού δίνουν τίς ἰδεατές παροχές σχεδιασμοῦ οὐσιαστικά λύθηκε καί τό πρόβλημα τῆς βελτιστοποιήσεως γιατί ἀπό τή στιγμή πού στό δίκτυο καθορίζονται γιά κάθε τμῆμα ἤ κλάδο του οἱ παροχές καί τά ὅρια διακυμάνσεως τῶν ταχυτήτων, μποροῦμε νά ἐφαρμόσουμε μιά ἀπό τίς γνωστές μεθόδους ὅπως, π.χ. τήν ἀσυνεχῆ μέθοδο τοῦ Y. Labye.

ε) Ὅπως ἔγινε φανερό μέ τόν καθορισμό τῶν σωστῶν κριτηρίων σχεδιασμοῦ ἑνός ἀρδευτικοῦ δικτύου ἐπιτυγχάνεται μιά σημαντική οἰκονομία πού, ὅπως ἀναφέρθηκε στό κεφάλαιο 8, ξεπερνᾶ συνήθως κατά μέσο ὅρο τό 20% σέ σύγκριση μέ τά οἰκονομικά ἀποτελέσματα πού δίνει ἡ ἐφαρμοζόμενη μεθοδολογία στή χώρα μας σήμερα.

Θεωροῦμε ὅτι αὐτό τό οἰκονομικά ἀποτέλεσμα ἀποτελεῖ πολύ σημαντικό παράγοντα πού πρέπει νά λαμβάνεται ὑπόψη ἀπό δῶ καί πέρα στό σχεδιασμό τῶν ὑπό πίεση ἀρδευτικῶν δικτύων.

στ) Σημειώνεται καί πάλι ἰδιαίτερα τό γεγονός ὅτι μέ τήν ἐφαρμογή τῶν ἰδεατῶν παροχῶν ὄχι μόνο δέν ἀπαιτεῖται νά βρεθεῖ ἕνας νέος ἀλγόριθμος βελτιστοποιήσεως ἀλλά τουαντίον ἡ εὕρεση καί ἡ ἐφαρμογή τῶν παροχῶν αὐτῶν εἶναι ἁπλούστατη καί ταχύτατη γιά τήν χρησιμοποίηση σέ συνέχεια κάποιας γνωστῆς μεθόδου βελτιστοποιήσεως. Ἐπίσης τονίζεται τό γεγονός ὅτι μέ τίς ἰδεατές παροχές ἐπιτυγχάνεται ὁμοιόμορφη σχεδόν ποιότητα λειτουργίας σ'ὅλο τό δίκτυο καί μετατρέπεται ἕνα πιθανοθεωρητικό πρόβλημα σέ αἰτιοκρατικό.

10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. BONNAL C. "'Εγχειρίδιον συλλογικῆς ἀρδεύσεως διά καταιονισμοῦ". Πολυγραφημένη ἔκδοσις 'Υπουργείου Δημ. Ἔργων, 1966.
2. CAUVIN A. et DIDIER G. "Distribution d'eau dans les agglomerations" Editions Eyrolles, 1963.
3. CLEMENT R. "Le calcul des dèbits dans les canalisations d'irrigation" Association amicate d'ingenieurs du Genie Rural-Journees d'ētudes sur d'irrigation, 'Ιούνιος 1955.
4. CLEMENT R. "Calcul de dēbits dans les reseaux d'irrigation fonctionnant a la demande" La Houille Blanche No 5, 1966.
5. COOPER L. and STEINBERG P. " Introduction to methods of optimazation" by W.B.Saunders Company 1970.
6. ΔΑΣΚΑΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ. "'Εφηρμοσμένη γραμμική ἄλγεβρα" 'Αθῆναι, 1973.
7. DAVIS C.V. " Handbook of Applied Hydraulics" Second ed. Mc. Graw Hill Book, Company 1952.
8. ΕΥΣΤΡΑΤΙΑΔΗΣ ΓΡ. " 'Επί τοῦ τρόπου ὑπολογισμοῦ τῶν ἀρδευτικῶν δικτύων διά σωλήνων ὑπό πίεσιν κατά τήν μέθοδον Clement" Τεχνικά Χρονικά No 6, 1960.
9. ΚΑΚΟΥΛΟΣ Θ. " Θεωρία πιθανοτήτων καί στοχαστικῶν ἀνελίξεων" 'Αθῆναι, 1970.
10. LABYE Y. "Methodes Permettant de determiner les caracteristiques optimales d'un reseau de distribution d'eau-Methodē discontinue" Bulletin Technique du Genie Rural, No 50
11. ΛΕΙΒΑΔΙΤΗΣ Ε. " 'Η ἀσυνεχής μέθοδος Labye διά τόν ὑπολογισμόν τοῦ οἰκονομικοῦ συνδυασμοῦ διαμέτρων σωληνωτῶν δικτύων ἀρδεύσεως" Τεχνικά Χρονικά No 5, 1972.

12. MANOS: " National Plumbing Code Handbook" Mc Graw-Hill , Company- 1960.

13. ΝΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ Γ. " Μαθήματα θεωρητικῆς καί Ἐφηρμοσμένης Ὑδραυλικῆς" τεῦχος Β.' Ροή εἰς κλειστούς ἀγωγούς ὑπό πίε - σιν, Ἀθῆναι 1973.

14. ΝΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ Γ. " Τό πρόβλημα τῆς οἰκονομικῆς πιεζομετρικῆς γραμμῆς ἀκτινωτῶν δικτύων βαρύτητος" Τεχνικά Χρονικά, No 10, 1969.

15. ΠΑΝΤΕΛΙΔΗΣ Γ. " Μαθηματική ἀνάλυσις" Τόμοι Ι καί ΙΙ, Ἀθῆναι 1972,1974.

16. SOKOLNIKOFF and REDHEFFER " Mathematics of Physics and Modern Engineering" Mc Graw Hill Book Company inc.,1966.

17. WONNACOTT T.- WONNACOTT R. " Introductory Statistics " J. Willey 1972.

18. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΝ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ " Ἀρχαί διέπουσαι τήν ἐφαρμογήν τῆς ἀσυνεχοῦς μεθόδου Labye ἀναφερομένης εἰς τόν βέλτιστον καθορισμόν τῶν διαμέτρων δικτύων τεχνητῆς βροχῆς καί τήν ἐπιλογήν τοῦ βελτίστου ὕψους καταθλίσεως" Ἐγκύκλιος Δ. 24714/20.10.1969.

19. ΧΡΙΣΤΟΥΛΑΣ Δ. " Ἡ πιθανοθεωρία στόν ὑδραυλικό σχεδιασμό τῶν ὑπό πίεση ἀρδευτικῶν δικτύων, Τεχνικά Χρονικά Ἰανουάριος 1977.

Μ Ε Ρ Ο Σ Β΄

ΚΛΕΙΣΤΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΑ (ΒΡΟΧΩΤΑ) ΔΙΚΤΥΑ

1. Εἰσαγωγή

Στό Α΄ μέρος τῆς παρούσας ἐργασίας ἀσχοληθήκαμε μέ τά ἀκτινωτά δίκτυα ἀρδεύσεως πού λειτουργοῦν μέ πίεση καί ἐλεύθερη ζήτηση καί δώσαμε ὅλα τά γενικά στοιχεῖα ὅπως ἐπίσης καί τίς μέχρι τώρα ἐργασίες πού ἀφοροῦν τέτοια δίκτυα. Πολλά ἀπό τά στοιχεῖα αὐτά εἶναι γενικοῦ χαρακτῆρα καί ἀφοροῦν ὄχι μόνο τά ἀκτινωτά ἀλλά καί τά κλειστά κυκλοφοριακά δίκτυα ἀρδεύσεως ὅπως, π.χ. ὁ τύπος τοῦ R.Clement, ὁ καθορισμός τῆς ποιότητας λειτουργίας κλπ.. Ἑπομένως σέ τοῦτο τό μέρος τῆς ἐργασίας εὔλογο εἶναι νά μήν ἐπαναλάβουμε τέτοια γενικά χαρακτηριστικά τῶν σωλήνωτῶν ὑπό πίεση δικτύων ἀρδεύσεως.

Τό πρόβλημα τῶν κλειστῶν ὑπό πίεση κυκλοφοριακῶν δικτύων ἀρδεύσεως πού λειτουργοῦν μέ ἐλεύθερη ζήτηση δέν ἔχει λυθεῖ μέχρι τώρα μέ κάποιο αἰτιοκρατικό ἤ γενικό τρόπο, παρά μόνο στίς περιπτώσεις πού ἡ ποιότητα λειτουργίας λαμβάνεται φ=100% δηλαδή ὅλα τά στόμια εἶναι ἀνοιχτά, μέ τή γνωστή μέθοδο τοῦ H.Cross 1,4 .Ἡ λύση τέτοιων προβλημάτων εἶναι δυνατή καί πραγματοποιεῖται μόνο μέ κατάλληλη ἐξομοίωση τῆς λειτουργίας κάθε συγκεκριμένης περιπτώσεως κλειστοῦ δικτύου.Στή περίπτωση αὐτή ἀπ'ὅτι ἔχουμε ὑπόψη μας λαμβάνεται σάν κριτήριο καθορισμοῦ τῆς ποιότητας λειτουργίας τό κριτήριο τῆς ἀπώλειας φορτίου,πού θεωρήθηκε καί γενικότερα σάν σωστό στό Α΄μέρος τῆς παρούσας.

Εἶναι φανερό πάντως ὅτι σέ περιπτώσεις περισσοτέρων τοῦ ἑνός βρόχου ὁ ὄγκος τῶν ὑπολογισμῶν μέ ἠλεκτρονικό ὑπολογιστή εἶναι πάρα πολύ μεγάλος ἰδίως ὅταν πρέπει νά γίνει ἔρευνα καί γιά τή βελτιστοποίηση τοῦ δικτύου.

Στό παρόν μέρος Β΄ ἀντιμετωπίζεται κατ'ἀρχή ἡ περίπτωση ἑνός βρόχου καί λύνεται τό πρόβλημά του. Ἡ λύση τοῦ προβλήματος βασίζεται στήν ἔρευνα τοῦ Α΄ μέρους καί σέ ὡρισμένες συμπληρωματικές σκέψεις καί ὑπολογισμούς. Ἔτσι μέ τόν ἴδιο τρόπο καθορίζονται πάλι " ἰδεατές παροχές σχεδιασμοῦ" καί ὑποδεικνύεται ἕνας κατάλληλος τρόπος γιά τήν ἐφαρμογή τους. Τά ἀποτελέσματα πού δίνει ἡ προτεινόμενη μέθοδος ἐλέγχονται σέ ἕνα συγκεκριμένο παράδειγμα μέ τή μέθοδο τῆς ἐξομοιώσεως καί ἀποδεικνύονται πλήρως ἱκανοποιητικά.

Ἡ ἐφαρμογή τῶν "ἰδεατῶν παροχῶν" εἶναι ἁπλούστατη καί ἀπαλλάσσει τόν μηχανικό ἀπό τήν ἐκτέλεση ἑνός προγράμματος ὑπολογισμῶν γιά νά βρεῖ τή λύση μέ τή μέθοδο τῆς ἐξομοιώσεως .

Τό θέμα ὅμως δέν εἶναι μόνο ἡ μείωση τοῦ ὄγκου τῶν ὑπολογισμῶν ἀλλά καί ἡ ὀρθή ἀντιμετώπιση τέτοιων προβλημάτων.Πράγματι μέ τίς προτεινόμενες "ἰδεατές παροχές" μετατρέπεται καί ἐδῶ, ὅπως καί στά ἀκτινωτά δίκτυα, ἕνα πιθανοθεωρητικό πρόβλημα σέ αἰτιοκρατικό καί ἀποφεύγεται ὁ ὑπερσχεδιασμός ἤ ἀκόμα καί ὁ ὑποσχεδιασμός τῶν δικτύων, πού ὅπως εἶναι γνωστό εἶναι ἀναπόφευκτος ὅταν ἐφαρμοσθοῦν παροχές σχεδιασμοῦ κατά ὁποιαδήποτε ἐμπειρική διαδικασία. Μάλιστα πρέπει σχετικά νά τονισθεῖ ὅτι ἴσως πολλές φορές σχεδιάζοντας σωστά νά προκύπτει ὅτι ἕνα κλειστό δίκτυο τεχνητῆς βροχῆς μέ ἐλεύθερη ζήτηση εἶναι οἰκονομικότερο ἀπό ἕνα ἀντίστοιχο κλειστό δίκτυο πού λειτουργεῖ μέ πρόγραμμα, ἐνῶ θεωρώντας τίς ἐφαρμοζόμενες ἐμπειρικές παροχές σχεδιασμοῦ νά προκύπτει ἀντίθετο συμπέρασμα.

Γιά τήν ἐφαρμογή τῆς προτεινόμενης μεθόδου μέ " ἰδεατές παροχές σχεδιασμοῦ" τελικά προσδιορίζεται σέ κάθε βρόχο καί ἕνα σημεῖο ἰσορροπίας τῶν ἀριστερά καί δεξιά του πιεζομετρι -

κῶν γραμμῶν πού τό όνομάζουμε "ίδεατό σημεῖο διακοπῆς".

Ἡ ἐφαρμογή τῆς προτεινόμενης μεθόδου σέ περισσότερους βρόχους εἶναι δυνατή ἀλλά ὁπωσδήποτε μέ σημαντική αὔξηση τῶν δυσκολιῶν ἀπό πλευρᾶς ὄγκου ὑπολογισμῶν.

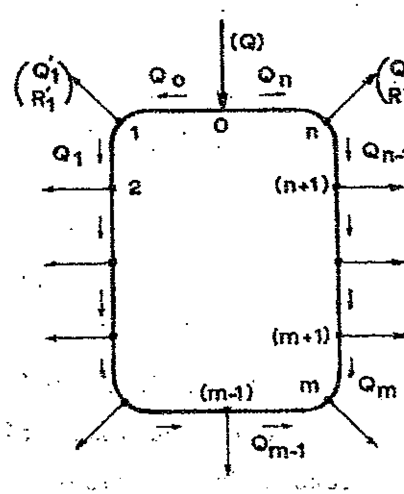
Πρέπει πάντως νά ἀναφερθεῖ ὅτι μέ τήν ἐφαρμογή τέτοιων ἰδεατῶν παροχῶν διευκολύνεται πάρα πολύ καί ἡ διαδικασία τῆς βελτιστοποιήσεως τῶν κλειστῶν δικτύων. Στά κεφάλαια 3 καί 4 ὑποδεικνύονται ἀκροθιγῶς μερικοί τρόποι πού μποροῦν νά χρησιμοποιηθοῦν γιά τήν ἐφαρμογή τῆς μεθόδου σέ περισσότερους βρόχους, τόσο γιά τόν ἔλεγχο βροχωτοῦ δικτύου μέ γνωστές διαμέτρους, ὅσο καί γιά τόν καθορισμό βέλτιστου συνδυασμοῦ διαμέτρων. Αὐτό ὅμως εἶναι θέμα πού δέν ἐντάσσεται στούς στόχους τῆς παρούσας ἐργασίας ἀφοῦ ἐξάλλου ἀποτελεῖ ἕνα πρόβλημα σέ ὅλες τίς περιπτώσεις πού ζητιέται ἡ βελτιστοποίηση κλειστῶν κυκλοφοριακῶν δικτύων στά ὁποῖα εἶναι καθορισμένες κατά αἰτιοκρατικό τρόπο οἱ παροχές

2. Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΕ ΕΝΑ ΚΛΕΙΣΤΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟ ΒΡΟΧΟ

2.1. Τροφοδοσία τοῦ βρόχου σέ ἕνα σημεῖο

Θεωρεῖται τό σωληνωτό κλειστό δίκτυο τοῦ σχήματος 2.1.

Στό δίκτυο αὐτό θεωροῦνται γνωστά οἱ διάμετροι καί τά μήκη τῶν τμημάτων (0-1), (1-2)....(n-0) πού χαρακτη - ρίζονται σάν D_o, D_1, ... , D_{m-1},.......D_n καί l_o,l_1 ....l_n ὅπως ἐπίσης ὁ βαθμός ἐλευθερίας τοῦ δικτύου.
Ἐπίσης εἶναι γνωστός ὁ ἀ - ριθμός τῶν στομίων ὑδροληψίας πού ἐξυπηρετεῖ κάθε πλευρική παροχή στούς κόμβους 1,2, ...,m ,..........n .



Σχ. 2.1

Ἑπομένως εἶναι γνωστές καί οἱ μέγιστες πλευρικές παροχές πού ἀντιστοιχοῦν σέ κάποια δεδομένη ποιότητα λειτουργίας φ. Τόν ἀριθμό τῶν πλευρικῶν ὑδροληψιῶν τόν ὀνομάζουμε R'_1 R'_2, ...,R'_m, ...,R'_n καί τίς πλευρικές παροχές Q'_1, Q'_2, ...,Q'_m ....,Q'_n. Τά ἀντίστοιχα μεγέθη R καί Q ἐπί τῶν τμημάτων τοῦ βρόχου παίρνουν σάν δείκτη τόν ἀριθμό τοῦ κόμβου πού βρίσκεται στήν ἀρχή δηλαδή R_o,R_1,.....R_{m-1}........ ....,R_n.καί ἀντίστοιχα Q_o,Q_1,....,Q_{m-1},Q_m,.......,Q_n. Ὁ συνολικός ἀριθμός τῶν ὑδροληψιῶν χαρακτηρίζεται μέ τό R καί σέ κάποιο σημεῖο τοῦ βρόχου ὅπου πραγματοποιεῖται διαχωρισμός ἀριστερά καί δεξιά τῶν ὑδροληψιῶν αὐτῶν ὁ χαρακτηρισμός γίνεται ἀντίστοιχα μέ R_α καί R_δ . Τέλος οἱ ἀνοιχτές ὑδροληψίες χαρακτηρίζονται μέ τό N τό ὁποῖο παίρνει ἀντίστοιχο δείκτη μέ τό R. Ἡ ἐπιδίωξη καί ἐδῶ εἶναι νά βρεθεῖ ἡ ἀπώλεια φορτίου πού ἀντιστοιχεῖ σέ κάθε στάθμη πιθανότητας φ (ποιότητας λειτουργίας) καί εἰδικότερα στήν περιοχή πού ἐνδιαφέρει τά ἀρδευτικά δίκτυα (φ=0,90 ἕως 0,95 συνήθως) δηλαδή οὐσιαστικά νά βρεθεῖ ἡ κατανομή της.

Παρατηρεῖται σχετικά ὅτι γιά κάθε συνδυασμό ἀνοιχτῶν ὑδροληψιῶν στό βρόχο ὑπάρχει πάντοτε ἕνα σημεῖο (π.χ. στό m ἰσορροπίας τῶν πιεζομετρικῶν γραμμῶν, δηλαδή ἕνα σημεῖο τό ὁποῖο χωρίζει τό σύνολο τῶν ὑδροληψιῶν R καί N σέ R_α,N_α καί R_δ,N_δ ἀντίστοιχα ἀριστερά καί δεξιά του καί ὅπου οἱ ἀπώλειες φορτίου $h_{\text{ἀριστερά}} = h_\alpha$ καί $h_{\text{δεξιά}} = h_\delta$ εἶναι ἴσες.

Ἡ ἀπώλεια στό βρόχο $h_{\beta\rho} = h$ θά εἶναι $h = h_\alpha = h_\delta$ πάντοτε καί ἐπειδή θά ἔχει πιθανοθεωρητικό χαρακτῆρα μποροῦμε νά τήν ἐκφράσουμε σάν:

$$h = m + u.S \tag{1}$$

ὅπου m= μέση τιμή τῆς ἀπώλειας φορτίου

S= τυπική ἀπόκλιση ἀπώλειας φορτίου

u= τυποποιημένη τιμή ἀπώλειας φορτίου

Ἐννοεῖται βέβαια ὅτι γιά κάθε συγκεκριμένο συνδυασμό ἀνοιχτῶν ὑδροληψιῶν ὑπάρχει μιά ἀπώλεια h= hφ πού ἀντιστοιχεῖ σέ κάποια τιμή τῆς $u = u_{(\varphi)}$. Ὁ ἀντίστοιχος διαχωρισμός τῶν N σέ $R_\alpha + R_\delta = R$ καί $N_\alpha + N_\delta = N$ δηλαδή σέ ἀριστερά καί δεξιά ὑδροληψίες ὥστε νά ἰσχύει ἡ σχέση :

$$h = h_\alpha = h_\delta \tag{2}$$

Καθορίζει ἕνα "ἰδεατό σημεῖο διακοπῆς" δηλαδή ἕνα σημεῖο ὅπου στόν συγκεκριμένο μόνο συνδυασμό μποροῦμε ἰδεατά νά διακόψουμε τό δίκτυο σέ δύο ἀκτινωτά ἀριστερά καί δεξιά χωρίς νά ἀλλάξουν τά ὑδραυλικά χαρακτηριστικά του (πού θά εἶναι τά χαρακτηριστικά τοῦ κλειστοῦ κυκλοφοριακοῦ γιά τόν ἴδιο βέβαια συνδυασμό ἀνοιχτῶν ὑδροληψιῶν). 'Εξυπακούεται ὅτι στό ἰδεατό αὐτό σημεῖο ἀλλάζουν φορά οἱ παροχές καί κλίση οὐ πιεζομετρικές γραμμές. Οἱ ἀριθμοί R καί N δέν εἶναι ἀνάγκαῖο νά εἶναι ἀκέραιοι γιατί μιά ὑδροληψία μπορεῖ νά τροφοδοτεῖται καί ἀπό τίς δύο κατευθύνσεις δηλαδή ἀπό ἀριστερά καί ἀπό δεξιά.

Ὅπως εἶναι φανερό τό ἰδεατό αὐτό σημεῖο διακοπῆς ἀλλάζει συνεχῶς θέση καθώς ὁ ἀριθμός R_α ἤ R_δ καί ἀντίστοιχα N_α ἤ N_δ τῶν ἀνοιχτῶν ὑδροληψιῶν συνεχῶς μεταβάλλεται στούς διάφορους δυνατούς συνδυασμούς πού πραγματοποιοῦνται κατά τήν λειτουργία τέτοιων δικτύων τεχνητῆς βροχῆς. Πάντοτε ὅμως ἰσχύει ἡ πιό πάνω σχέση (2) καθώς καί οἱ σχέσεις (2α) πού ἀναγράφονται στήν εἰσαγωγή τοῦ Α.΄ μέρους, δηλαδή:

$$\begin{aligned} Q &= \mu+\varepsilon\sigma \\ \mu &= R.p.q_o \\ \sigma &= \left[R.p(1-p)\right]^{1/2}.q_o \\ \varepsilon &= (\mu=0,\sigma=1) \end{aligned}$$

'Επανερχόμενοι στήν ἔκφραση τῆς ἀπώλειας φορτίου στό βρόχο μέ τή σχέση (1) παρατηροῦμε ὅτι οἱ ἀπώλειες φορτίου ἀριστερά καί δεξιά σέ κάθε συνδυασμό μπορεῖ νά εἶναι ἴσες κάθε φορά, ἀλλά ἡ ἔκφρασή τους μέ σχέσεις ἀντίστοιχες πρός τή σχέση (1) θά εἶναι διαφορετικές δηλαδή :

$$h_\alpha=m_\alpha+u_\alpha.S_\alpha \qquad (3)$$

καί $$h_\delta=m_\delta+u_\delta.S_\delta \qquad (3\alpha)$$

Θά πρέπει έδῶ νά άναφερθεῖ ὅτι οἱ ἀντίστοιχες ἐκφράσεις τῶν h_α καί h_δ λαμβάνοντας ὑπόψη τίς παροχές θά εἶναι:

$$h_\alpha=\Sigma K_i(\mu_i+\varepsilon_\alpha\sigma_i)^\alpha, \qquad (4)$$

καί $$h_\delta=\Sigma K_j(\mu_j+\varepsilon_\delta\sigma_j)^\alpha \qquad (4\alpha)$$

ὅπου ὁ δείκτης i δηλώνει τά ἀριστερά τοῦ ἰδεατοῦ σημείου διακοπῆς τμήματα τοῦ βρόχου, π.χ. $0,1,\ldots(m-1)$ καί ὁ δείκτης j τά δεξιά τμήματα $m,\ldots,n$

Οἱ τυχαῖες μεταβλητές ε_α καί ε_δ εἶναι τυποποιημένης κανονικῆς κατανομῆς μιά καί δεχόμαστε ὅτι ὅλες οἱ πλευρικές παροχές εἶναι κανονικῆς κατανομῆς ($R\geq 10$). Τά μεγέθη βέβαια μ καί σ εἶναι μεταβλητά καί ἐξαρτιένται ἀπό τούς μεταβλητούς ἀριθμούς R_α καί R_δ . Αὐτό σημαίνει ὅτι οἱ σχέσεις (2α) θά πρέπει νά ἰσχύουν μέ μεταβλητό πλῆθος στομίων R .Πράγματι γιά κάθε συγκεκριμένη τιμή τοῦ R ὑπάρχει ἕνα σύνολο (ὑποσύνολο) τιμῶν τῆς Q πού ἀκολουθεῖ τήν κανονική κατανομή, ἐνῶ γιά μεταβαλλομένη τιμή τοῦ R σ'ἕνα συγκεκριμένο διάστημα τιμῶν, ὑπάρχουν πολλά τέτοια ὑποσύνολα τιμῶν τῆς Q κανονικῆς κατανομῆς. Πάντως τελικά ἡ ἔκφραση αὐτῆς τῆς παροχῆς θά ἔχει πάντοτε τήν μορφή τῆς σχέσεως (2α) καί ἐπομένως οἱ ἀπώλειες μποροῦν νά ἐκφρασθοῦν μέ τίς σχέσεις (4) καί (4α) ὅπου ὅμως τά μεγέθη μ καί σ μεταβάλλονται σέ συνάρτηση μέ τό R.

Γιά νά δοῦμε καλλίτερα τήν ἐφαρμογή τῶν σχέσεων 2α στόν βρόχο διατυπώνουμε τίς σχέσεις:

Στήν κεφαλή τοῦ βρόχου $Q = \mu+\varepsilon\sigma$ (R=σταθερό)

Στό ἀριστερά τμῆμα τῆς κεφαλῆς $Q_\alpha=\mu_\alpha+\varepsilon_\alpha\sigma_\alpha$ (R_α=μεταβλητό)

Στό δεξιά τμῆμα τῆς κεφαλῆς $Q_\delta=\mu_\delta+\varepsilon_\delta\sigma_\delta$ ($R_\delta=R-R_\alpha$=μεταβλητό) ὅπου $\mu_\alpha = R_\alpha . p . q_o$, $\mu_\delta = (R-R_\alpha)pq_o$

$$\sigma_\alpha = \left[R_\alpha p(1-p)\right]^{1/2} q_o \ , \ \sigma_\delta = \left[(R-R_\alpha)p(1-p)\right]^{1/2} q_o$$

Ἔτσι προκύπτει ὅτι [2,3]:

$$Q_\alpha + Q_\delta = (\mu_\alpha + \mu_\delta) + \varepsilon . \ \sigma_\alpha^2 + \sigma_\delta^2 \ \frac{1}{2} = (Rpq_o) + \left[Rp(1-p)\right]^{\frac{1}{2}} q_o =$$

$$= \mu + \varepsilon . \sigma = Q$$

Βλέπουμε δηλαδή ὅτι πάντοτε οἱ παροχές Q_α καί Q_δ ἀθροιζόμενες δίνουν τήν παροχή Q πού ἀντιστοιχεῖ σέ ὅλο τό βρόχο καί ἡ ὁ - ποία ἀκολουθεῖ τήν κανονική κατανομή. Αὐτό βέβαια δέν ἐμποδίζει τήν ἀποδοχή ὡρισμένων ἀποτελεσμάτων τοῦ Α΄ μέρους, ὅπως, π.χ. τῆς ἐκφράσεως τῶν ἀπωλειῶν φορτίου κατά μῆκος μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς. Ἡ μόνη δυσκολία εἶναι ὅτι γιά κάθε ὡρισμένη τιμή τοῦ R ὑπάρχει ἕνα ὑποσύνολο τιμῶν τῆς h καί ἐπομένως γιά τίς διάφορες τιμές τῆς R ὑπάρχουν πολλά τέτοια ὑποσύνολα τῆς h πού τό καθένα τους ἀκολουθεῖ τήν κανονική κατανομή. Ἔτσι, τό πρόβλημα γίνεται δυσχερέστερο, γιαὐτό πιό κάτω μέ τίς ὁριακές συνθῆκες πού προκύπτουν ἀπό τήν ἰσότητα τῶν ἀπωλειῶν στήν ἀριστερή καί δεξιά διαδρομή, βρίσκουμε ἐκεῖνες τίς τιμές τῶν R, φ, Q καί h πού ἱκανοποιοῦν τίς δεσμεύσεις τοῦ προβλήματος.

Αὐτή ἐξάλλου εἶναι καί ἡ δυσχέρεια στήν ἐπίλυση τέτοιων προβλημάτων πού ἀναφέρονται σέ κλειστούς βρόχους καί ὁ στόχος αὐτῆς τῆς ἐργασίας εἶναι νά βρεῖ ἕνα κατάλληλο τρόπο γιά τήν ἁπλῆ καί γρήγορη λύση τους.

Ἀνατρέχοντας ἐπομένως στά κεφάλαια 3,4,5 τοῦ Α΄ μέρους μποροῦμε νά δεχθοῦμε ὅτι οἱ σχέσεις (4) καί (4α) μέ ἱκανοποιητική προσέγγιση μετατρέπονται στίς σχέσεις:

$$h_{\alpha}= \sum_{i=o}^{i=(m-1)} K_i\,(\mu_i^2+\sigma_i^2\ )+\varepsilon_{\alpha}(2\ \sum_{i=1}^{(m-1)} K_i\ \mu_i\sigma_i) \tag{5}$$

$$h_{\delta}= \sum_{j=m}^{j=n} K_j(\mu_j^2+\sigma_j^2\ )+\varepsilon_{\delta}(2\ \sum_{j=m}^{n}\ K_j\mu_j\sigma_j) \tag{5α}$$

ἤ γενικότερα

$$h_{\alpha}=\Sigma K_i(\mu_i^{\alpha}+\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\ \mu_i^{\alpha-2}\sigma_i^2)+\varepsilon_{\alpha}(\Sigma K_i\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i) \tag{5β}$$

καί $$h_{\delta}=\Sigma K_j(\mu_j^{\alpha}+\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\ \mu_j^{\alpha-2}\sigma_j^2\ )+\varepsilon_{\delta}(\Sigma K_j\mu_j^{\alpha-1}\sigma_j) \tag{5γ}$$

Οἱ σχέσεις βέβαια (5β) καί (5γ) μέ πολύ ἱκανοποιητική προσέγγιση μποροῦν νά ἀντικατασταθοῦν ἀπό τίς σχέσεις (5) καί (5α) ὅπως ἀποδείχτηκε στό Α.' μέρος, γιαυτό ἀπό ἐδῶ καί πέρα θά χρησιμοποιοῦμε αὐτές σάν ἁπλούστερες. Ἄν βέβαια θέλουμε μεγαλύτερη ἀκρίβεια μποροῦμε νά ἀνατρέψουμε ξανά στίς σχέσεις (5β) καί (5γ).

Οἱ σχέσεις (5) καί (5α) εἶναι οὐσιαστικά ἡ ἔκφραση τῶν (3) καί (3α) μετά τόν καθορισμό τῶν παραμέτρων m,S καί u.

Παρατηρεῖται ὅτι ἡ πρόσθεση τῶν (5) καί (5α) μᾶς δίνει τήν ἔκφραση τῆς ἀπώλειας φορτίου στό βρόχο δηλαδή:

$$h= \frac{1}{2}\left[\Sigma K_i(\mu_i^2+\sigma_i^2)+\Sigma K_j(\mu_j^2+\sigma_j^2)\right]+\varepsilon_{\alpha}(\Sigma K_i\mu_i\sigma_i)+\varepsilon_{\delta}(\sigma K_j\mu_j\sigma_j) \tag{6}$$

Ἀπό τήν (6) βρίσκουμε τή μέση τιμή m καί τήν ἀπόκλιση S τῆς ἀπώλειας φορτίου.

$$m=E(h)=\frac{1}{2}\left[\ \Sigma K_i(\mu_i^2+\sigma_i^2\ )+\Sigma K_j(\mu_j^2+\sigma_j^2)\right]\ +(\Sigma K_i\mu_i\sigma_i)E(\varepsilon_{\alpha})+(\Sigma K_j\mu_j\sigma_j)\ .$$

$E(\varepsilon_{\delta})$ καί ἐπειδή $E(\varepsilon_{\alpha})=E(\varepsilon_{\delta})=0$ ἔχουμε

$$m=\frac{1}{2}\left[\Sigma K_i(\mu_i^2+\sigma_i^2)+\ \Sigma K_j(\mu_j+\sigma_j^2)\right] \qquad (7)$$

Γιά τήν διακύμανση τῆς ἀπώλειας φορτίου θά ἔχουμε:

$$Varh=S^2=\Sigma Varh_\varkappa+2\Sigma_{\varkappa'>\varkappa} cov\ (h_\varkappa,h_{\varkappa'})$$

τό $\varkappa$ διατρέχει ὅλες τίς τιμές τῶν i καί j δηλαδή ἀπό 0 ἕως n.

Ὅπως ἀποδείχτηκε καί στό κεφάλαιο 3 τοῦ Α΄ μέρους

$$Varh=S^2=\ (\Sigma K_i\mu_i\sigma_i)^2 Var.(\varepsilon_\alpha)+(\Sigma K_j\mu_j\sigma_j)^2 Var(\varepsilon_\delta)+2\Sigma Cov(h_\varkappa,h_{\varkappa'})$$

Ὁ ὅρος ὅμως $\Sigma Cov(h_\varkappa,h_{\varkappa'})$ ὅπου τά $\varkappa,\varkappa'$ ἀνήκουν σέ ἀντίθετη φορά ροῆς τοῦ νεροῦ (δηλαδή ἄν $\varkappa=i$ καί $\varkappa'=j$) εἶναι μηδέν ἐπειδή τά $h_\varkappa$ καί $h_{\varkappa'}$ εἶναι ἀνεξάρτητες μεταβλητές, ἐνῶ στίς ἄλλες περιπτώσεις πάλι εἶναι μηδέν ὅπως ἀναλυτικά ἀποδείχτηκε στό κεφάλαιο 3 τοῦ Α΄ μέρους καί ἔτσι:

$$Varh=S^2=(\Sigma K_i\mu_i\sigma_i)^2+(\Sigma K_j\mu_j\sigma_j)^2$$

ἤ $$S=\frac{1}{2}\left[(2\Sigma K_i\mu_i\sigma_i)^2+\ (2\Sigma K_j\mu_j\sigma_j)^2\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (8)$$

Βέβαια στίς ἴδιες σχέσεις (7) καί (8) θά μπορούσαμε νά καταλήξουμε ἀμέσως ἄν λαμβάναμε ὑπόψη ὅτι [2,3] ὅταν οἱ $X_i(i=1,2,\ldots\ldots n)$ εἶναι ἀνεξάρτητες τυχαῖες μεταβλητές πού ἔχουν κανονικές κατανομές τότε ὁ γραμμικός συνδυασμός $y=\sum_{i=1}^{n}\alpha_i X_i$ ἔχει πάλι κανονική κατανομή μέ μέση τιμή $\mu=E(y)=\sum_{i=1}^{n}\alpha_i E(X_i)$ καί διακύμανση $S^2=Vary=\alpha^2 Var(X_i)$.

Αὐτό ὅμως σημαίνει ὅτι στή σχέση (1) ἡ τιμή

$$u=\varepsilon \qquad (9)$$

δηλαδή μποροῦμε νά δεχθοῦμε μέ τίς παραδοχές πού ἔχουμε κάνει στά ἀκτινωτά δίκτυα ὅτι ἡ ἀπώλεια φορτίου ἔχει τήν κανονική κατανομή. Φυσικά ἰσχύουν ὅσα γράφτηκαν στό Α΄ μέρος γιά τό βαθμό προσεγγίσεως.

Ἄν ὅμως λάβουμε ὑπόψη ὅτι ἡ (8) μπορεῖ νά γραφτεῖ ὡς ἑξῆς:

$$S = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \left[(2\Sigma K_i \mu_i \sigma_i) + (2\Sigma K_j \mu_j \sigma_j) \right] \qquad (10)$$

ὅπου

$$\rho = \left[\frac{(SK_i \mu_i \sigma_i)^2 + (\Sigma K_j \mu_j \sigma_j)^2}{(\Sigma K_i \mu_i \sigma_i + \Sigma K_j \mu_j \sigma_j)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \qquad (11)$$

Δηλαδή τό $0{,}707 \leq \rho < 1$, καί συνήθως μπορεῖ νά λαμβάνεται μία τιμή περί τό 0,75 περίπου. Ἐφόσον ληφθεῖ μεγαλύτερη τιμή θά προκύψει βέβαια μιά αὔξηση τῆς ἀπώλειας h πού ὅπως ἀποδείχτηκε στό Α΄ μέρος εἶναι μικρή. Πράγματι ὁ ὅρος $(2\Sigma K_i \mu_i \sigma_i)$ εἶναι πάντοτε μικρότερος τοῦ $\frac{1}{2} \Sigma K_i (\mu_i^2 + \sigma_i^2)$ καί ἑπομένως ἡ ἐπαύξηση τοῦ ὅρου S κατά ἕνα ὡρισμένο ποσοστό αὐξάνει τό συνολικό h κατά ποσοστό μικρότερο τοῦ $\frac{1}{3}$ τῆς αὐξήσεως. Ἔτσι ὑπολογίζεται ὅτι καί στή δυσμενέστερη περίπτωση αὐτή ἡ αὔξηση δέν μπορεῖ νά περάσει τό 8 ἕως 10% τῆς συνολικῆς ἀπώλειας h. Πάντως ἄν θέλουμε μποροῦμε μέ τή σχέση (11) νά ὑπολογίζουμε μετά τήν ἐξαγωγή τῶν ἀποτελεσμάτων τό ρ καί νά τό συγκρίνουμε μέ τήν τιμή πού πήραμε προκαταβολικά στή σχέση (10), ὥστε ἄν ὑπάρχη μεγάλη διαφορά καί θέλουμε μεγαλύτερη ἀκρίβεια νά ἐπαναλάβουμε τούς ὑπολογισμούς ὅπως θά δοῦμε στό σχετικό παράδειγμα πιό κάτω.

Τελικά καταλήγουμε σέ μιά ἔκφραση τῆς ἀπώλειας στό βρόχο.

$$h = \frac{1}{2} \left[\Sigma K_i (\mu_i^2 + \sigma_i^2) + \Sigma K_j (\mu_j^2 + \sigma_j^2) \right] + \varepsilon \left[\rho \ (\Sigma K_i \mu_i \sigma_i) + (\Sigma K_j \mu_j \sigma_j) \right] \qquad (12)$$

ὅπου $i=0,1.......(m-1)$, $j=m$, ...n,

καί οἱ τιμές τῶν R_α, R_δ ὅπως καί οἱ ἀντίστοιχες τιμές N_α, N_δ εἶναι μεταβλητές.

$0,707\leqq\rho<1$ καί συνήθως περί τήν τιμή 0,75 .

Παραμένει ομως ἡ δυσκολία καθαρισμοῦ συγκεκριμένων τιμῶν μ_i , σ_i καί μ_j, σ_j μιά καί τό πλῆθος R_α, R_δ δέν εἶναι καθωρισμένο.

'Η λύση στό σημεῖο αὐτό μπορεῖ νά δοθεῖ ὡς ἑξῆς:

'Η σχέση (12) γράφεται:

$$2h=\Sigma K_i\left[\mu_i^2+\sigma_i^2+\varepsilon.(2\rho\mu_i\sigma_i)\right]+\Sigma K_j\left[\mu_j^2+\sigma_j^2+\varepsilon.(2\lambda\mu_j\sigma_j)\right] \qquad (13)$$

'Από τή σχέση ὅμως (13) γίνεται ἀντιληπτό ὅτι ἄν βροῦμε κάποιο ἰδεατό σημεῖο διαχωρισμοῦ τῶν ὑδροληψιῶν R_α ἀριστερά καί R_δ δεξιά τέτοιο ὥστε βάζοντας ἰδεατές παροχές στά ἀριστερά τμήματα:

$$Q_i=\left[\mu_i^2+\sigma_i^2+\varepsilon(2\rho.\mu_i\sigma_i)\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (14)$$

καί στά δεξιά $Q_j=\left[\mu_j^2+\sigma_j^2+\varepsilon(2\rho\mu_j\sigma_j)\right]^{\frac{1}{2}}$ (14α)

πού προκύπτουν ὅμως γιά τήν ἴδια στάθμη πιθανότητας φ (δηλαδή $\varepsilon_\alpha=\varepsilon_\delta=\varepsilon$) νά εἶναι οἱ ἀπώλειες φορτίου ἀριστερά καί δεξιά ἴσες δηλαδή:

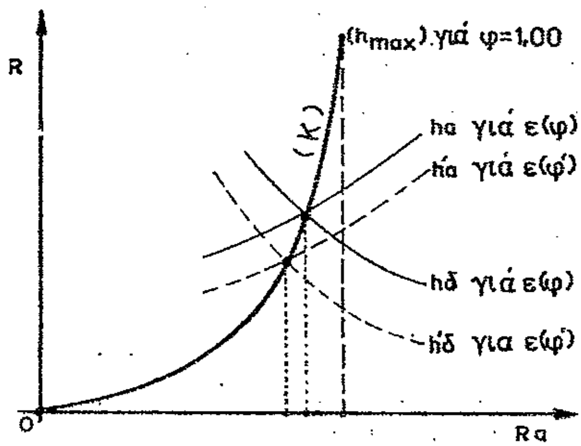
$$h_\alpha=h_\delta$$

$$\text{ἤ } \Sigma K_i\left[\mu_i^2+\sigma_i^2+\varepsilon(2\rho\mu_i\sigma_i)\right]=\Sigma K_j\left[\mu_j^2+\sigma_j^2+\varepsilon(2\rho\mu_j\sigma_j)\right] \qquad (15)$$

Ἔτσι ὅταν ἐπιτύχουμε νά ἰσχύει ἡ σχέση (15) ἔχουμε λύσει τό πρόβλημα ἀφοῦ πλέον ἀπό αὐτή τή σχέση μποροῦμε ἀντίστροφα νά πάρουμε τή σχέση (12)

'Από τή σχέση ὅμως (15) εἶναι εὔκολο νά προσδιορίζουμε κάθε φορά γιά τήν ἐπιθυμητή ποιότητα λειτουργίας εἴτε γραφικά εΐτε ὑπολογιστικά ἕνα ἰδεατό σημεῖο τέτοιο ὥστε $h=h_α=h_δ$ ὅπως φαίνεται καί στό παραστατικό διάγραμμα γιά διάφορες τιμές τοῦ ε πού ἀντιστοιχοῦν σέ διάφορες τιμές τῆς ἐπιθυμητῆς ποιότητας λειτουργίας φ,φ΄.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ2.1



Μέ τήν εὕρεση τοῦ ἰδεατοῦ σημείου γιά κάθε περίπτωση ὁ βρόχος χωρίζεται σέ δυό ἀκτινωτά δίκτυα. Παρατηρεῖται σχετικά ὅτι σέ καθένα ἀπό αὐτά ἔχουμε μέ σταθερές τίς $R_α$ καί $R_δ$ καί διάφορες τιμές τοῦ ε, δηλαδή τίς $ε_α$ καί $ε_δ$, πολλές τιμές τῶν $h_α$ καί $h_δ$ πού θά εἶναι ἴσες. Ὅμως στή συγκεκριμένη θέση ($R_α$,$R_δ$) στοιχεῖο τῶν δειγματικοῦ χώρου πού περιέχει τίς τιμές ἀπώλειας φορτίου τοῦ βρόχου εἶναι μόνο ἐκεῖνο πού περιέχει τήν τιμή $h=h_α=h_δ$ ὅπου $h_α=h_δ$ γιά τό ἴδιο ε=ε(φ). Ἐπίσης πρέπει νά γίνει ἡ παρατήρηση ὅτι ἐφόσον ὁ ἀριθμός R<10 μποροῦμε γιά τίς ἰδεατές παροχές νά χρησιμοποιοῦμε τόν πίνακα 6.1 τοῦ κεφαλαίου 6 τοῦ Α΄ μέρους. Στό Διάγραμμα Δ2. τά σημεῖα τομῆς τῶν καμπύλων ($h_α$,$h_δ$), ($h'_α$,$h'_δ$) κ.ο.κ. βρίσκονται ἐπάνω σέ καμπύλη (Κ) πού περνάει προφανῶς ἀπό τήν ἀρχή (h=0) ὅταν $R_α=0$ καί ἔχει μιά μέγιστη τιμή hmax γιά κάποια τιμή τοῦ $R_α$ πού ἀντιστοιχεῖ σέ φ=100% (δηλαδή ὅταν ὅλα τά στόμια εἶναι ἀνοιχτά) καί φυσικά εἶναι πολύ εὔκολο νά βρεθεῖ μέ τήν μέθοδο τοῦ H.Cross.

2.2. Ἡ ἐξομοίωση τῆς λειτουργίας ἑνός κλειστοῦ βρόχου μέ μιά τροφοδοσία.

Γιά νά ἐπαληθεύσουμε τά συμπεράσματα τοῦ προηγούμενου κεφάλαιου 2 καί τά ἀποτελέσματα πού δίνουν οἱ ἐξισώσεις (12)καί (15) δίδουμε τό πιό κάτω παράδειγμα.

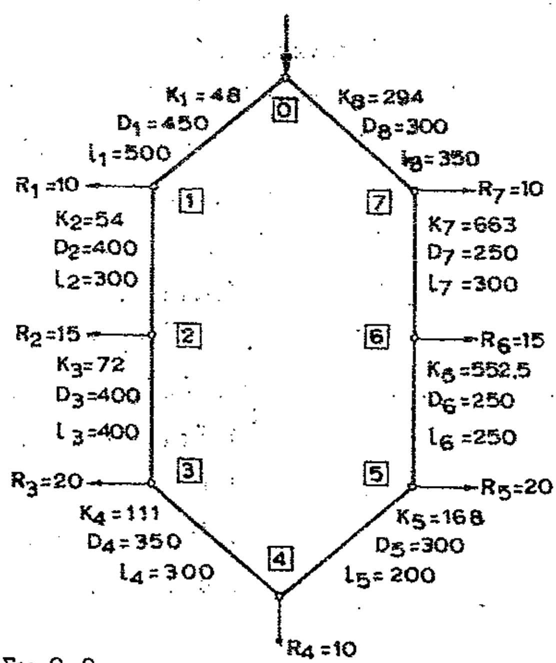
Στό παράδειγμα αὐτό θεωροῦμε ἕνα κλειστό κυκλοφοριακό δίκτυο πού ἐξυπηρετεῖ 100 συνολικά στόμια ὑδροληψίας στίς θέσεις 1 ἕως 7 καί τροφοδοτεῖται ἀπό μία ὑδροληψία στή θέση 0.

Τά δεδομένα εἶναι:

$p=\frac{1}{3}$, $q_0=6,0$ λ/δλ , $R=R_1+\ldots\ldots+R_7=100$, $K=10,3n^2D^{-16/3}.l(n=0,0115)$ καί $h=KQ^2$.

Τά ὑπόλοιπα στοιχεῖα, π.χ. μήκη l σέ μέτρα, διάμετροι D σέ χιλιοστά, συντελεστές $K(m^{-5}.sec)$ τῶν τμημάτων τοῦ βρόχου, ἀναγράφονται ἐπάνω στό σχῆμα 2.2.

Τά ἀποτελέσματα γιά τήν ἀπώλεια φορτίου ἀπό τήν ἐφαρμογή τῶν ἐξισώσεων (12) καί (15) γιά διάφορες τιμές τοῦ ε καί R_α δίδονται στό διάγραμμα Δ2. Γιά τόϊδιο βρόχο μάλιστα ἔγινε καί μιά ἐξο-



Σχ.2.2

μοίωση τῆς λειτουργίας του γιά τριακόσιες (300) περιπτώσεις συνδυασμῶν ἄνοιχτῶν στομίων. Οἱ περιπτώσεις αὐτές προέκυφαν ἀπό τήν ἐκτέλεση ἑνός πειράματος πού ἔγινε μέ τρεῖς σφαῖρες πού οἱ δυό ἦταν ἐρυθρές (ἀποτυχία=κλειστή ὑδροληψία) καί ἡ μία λευκή (ἐπιτυχία=ἀνοιχτή ὑδροληψία). Βέβαια θά μποροῦσε γιά κάθε πλευρική παροχή στίς θέσεις 1,2,....,7, μιά καί ὁ ἀριθμός τῶν ὑδροληψιῶν $R_1,......R_7 \geq 10$ νά ἐφαρμοσθοῦν σέ κάθε θέση παροχές πού θά προέκυπταν ἀπό ἕνα πίνακα τυχαίων ἀριθμῶν τυποποιημένης κανονικῆς κατανομῆς. Προτιμήθηκε ὅμως τελικά ὁ τρόπος πού προαναφέρθηκε τῆς ἐφαρμογῆς μιᾶς διωνυμικῆς κατανομῆς ὥστε νά μήν ὑπάρχουν ἀποκλίσεις στίς περιπτώσεις ὅπου $R<10$.Πράγματι τέτοιες περιπτώσεις ὑπάρχουν ἀρκετές στούς διάφορους συνδυασμούς ἀπό τό λόγο τοῦ διαχωρισμοῦ τῶν ὑδροληψιῶν σέ R_α καί R_δ ἀριστερά,καί δεξιά, δηλαδή παρουσιάζονται στά τελευταῖα τμήματα τῶν ἀριστερά καί δεξιά διαδρομῶν.

Τά ἀποτελέσματα τῆς ἐξομοιώσεως εἶναι:

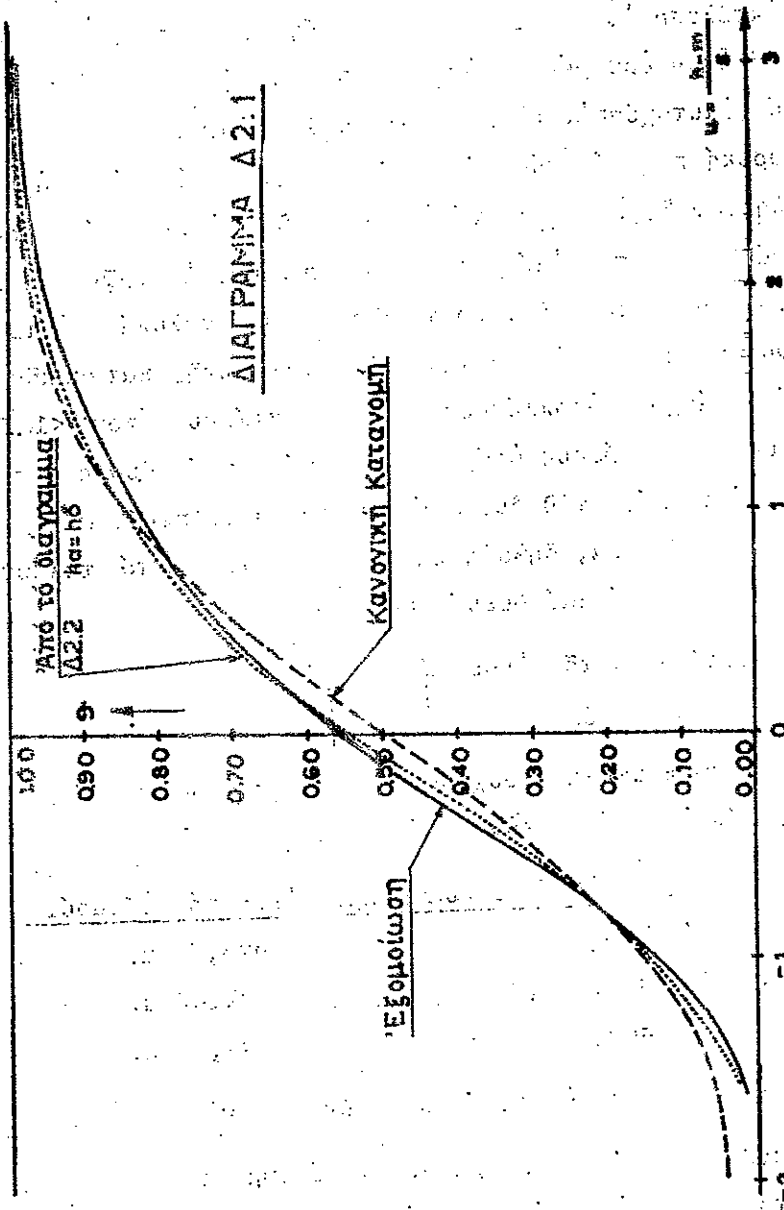
$m = 2,52$ $\qquad$ $S= 0,78$

'Επίσης συγκριτικά στοιχεῖα πού προκύπτουν ἀπό τό διάγραμμα καί τήν ἐξομοίωση εἶναι τά ἑξῆς:

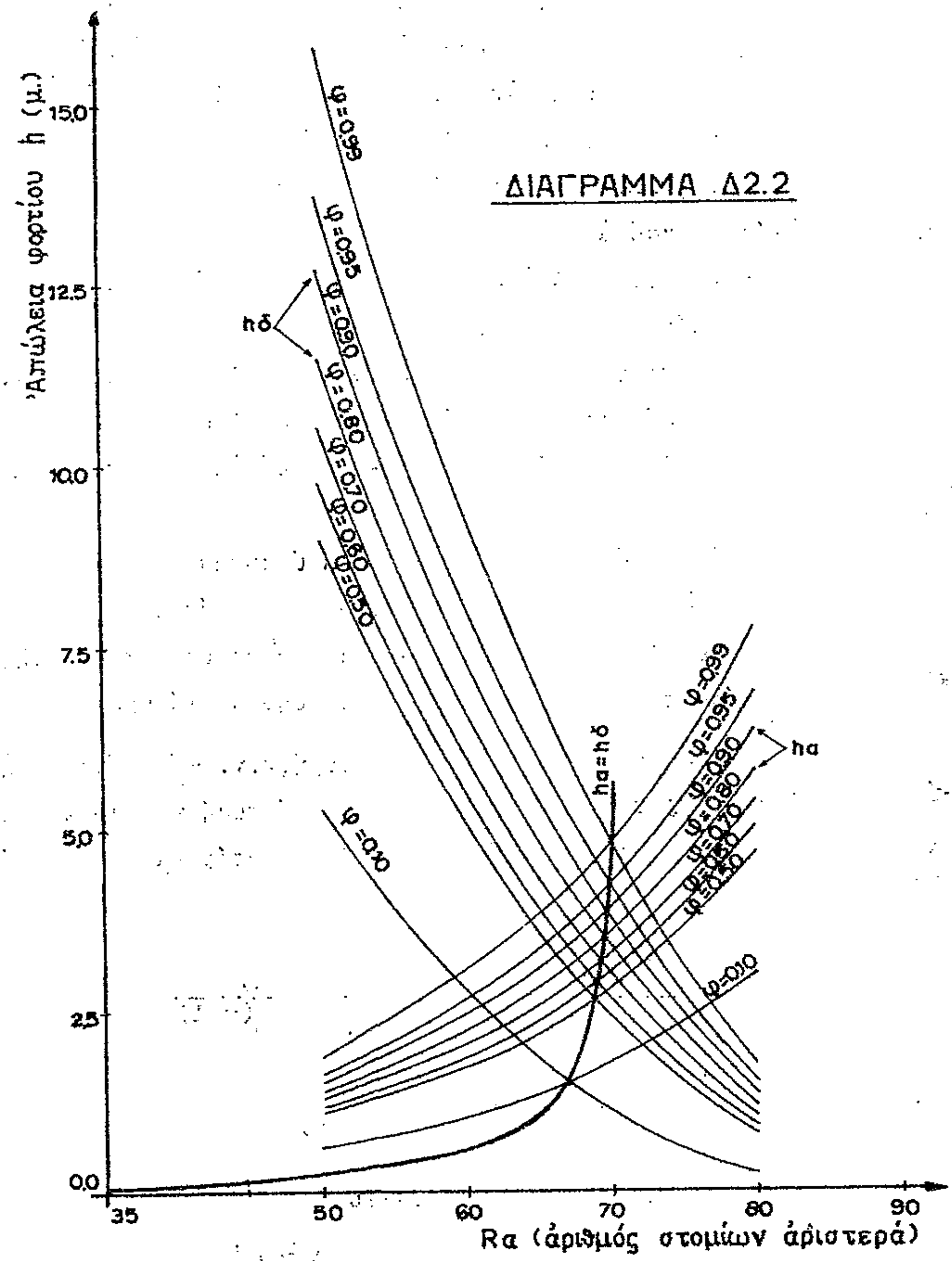
		'Από τό διάγραμμα	'Από τήν ἐξομοίωση
Γιά φ = 0,90	καί R≅69,2	, h=3,85 μ.,	h=3,75 μ.
" φ = 0,95	" R≅69,5	, h=4,10 μ.,	h=4,02 μ.
" φ = 0,99	" R≅69,9	, h≅4,75 μ.,	h=4,62 μ.

Δηλαδή παρατηροῦμε ὅτι ἡ προσέγγιση εἶναι πολύ ἱκανοποιητική.

Στή συνέχεια στό διάγραμμα Δ.2.1 δίδουμε τά ἀποτελέσματα πού προκύπτουν τόσο ἀπό τήν ἐξομοίωση ὅσο καί ἀπό τήν ἐφαρμογή τῶν σχέσεων (12) καί (15) (δηλαδή τῶν τιμῶν τοῦ διαγράμματος Δ2.2) καί γιά σύγκριση δίδουμε καί τήν καμπύλη τῆς τυποποιημένης κανονικῆς κατανομῆς. 'Επίσης ἔγινε ἕνας ἔλεγχος



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ2.1


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ2.2
Ἀπώλεια φορτίου h (μ.)
Rα (ἀριθμός στομίων ἀριστερά)
15.0
12.5
10.0
7.5
5.0
2.5
0.0
35
50
60
70
80
90
hδ
ha
ha=hδ
φ=0.99
φ=0.95
φ=0.90
φ=0.80
φ=0.70
φ=0.60
φ=0.50
φ=0.10

τῆς τιμῆς τοῦ ρ πού δίδει ἡ σχέση (11) καί βρέθηκε στήν περίπτωση πού φ=0,95 καί R=69,5 ρ=0,71. Ἔτσι βλέπουμε ὅτι μέ τήν λήψη τοῦ ρ=0,75 ἔγινε ἕνας μικρός ὑπερσχεδιασμός πού ἀνῆλθε σέ 1,0 ἕως 1,5% τῆς συνολικῆς ἀπώλειας φορτίου h . 'Από τό Διάγραμμα Δ.2.1 παρατηροῦμε ὅτι στήν περιοχή πού πρακτικά ὂν - διαφέρει τόν μηχανικό (μεταξύ τῶν τιμῶν φ = 0,90 ἕως 0,95 ἤ ἀκόμα καί ἀπό φ=0,80 ἕως 0,99) ἡ καμπύλη K δίδει πολύ μικρή διακύμανση τοῦ ἀριθμοῦ R_α. Αὐτό σημαίνει ὅτι μπο - ροῦμε γιά μιά πρώτη ἐκτίμηση τοῦ ἀριθμοῦ R_α νά παίρνουμε μιά τιμή του πού ἀντιστοιχεῖ σένα φ κοντινό στό διάστημα, π.χ. φ=0,80 ἕως 0,99. Σάν τέτοια τιμή πάντως μποροῦμε νά δεχθοῦμε τήν τιμή πού προκύπτει γιά φ=1,00 δηλαδή γιά ὅλα τά στόμια ἀνοιχτά.

Πράγματι ἐδῶ στό συγκεκριμένο παράδειγμα ἄν δεχθοῦμε R=N=100 προκύπτει γιά νά ἔχουμε $h_\alpha = h_\delta$ ὅτι θά πρέπει νά δεχθοῦμε $R_\alpha \cong 68,3$ ὁπότε $h \simeq 22,75$ μ. πού εἶναι καί ἡ μέγιστη τιμή τῆς ἀπώλειας φορτίου πού μπορεῖ νά πραγματοποιηθεῖ στό βρόχο.

Ἄν λοιπόν δεχθοῦμε μιά κατ'ἀρχή τιμή,π.χ. $R'_\alpha = N'_\alpha = 68$ ἤ καί 69 ἤ ἀκόμα καί 70 ἀλλά πάντως κοντά στή τιμή πού βρήκαμε, δεχόμενοι R=N=100, τότε,ἐφαρμόζοντας τίς ἰδεατές παροχές, θά βροῦμε μιά διόρθωση

$$\Delta = \left(-\frac{1}{2}\right).\ \frac{\Sigma K_\alpha Q^\alpha - \Sigma K_\delta Q_\delta^\alpha}{\Sigma K_\alpha Q^{(\alpha-1)} + \Sigma K_\delta Q_\delta^{(\alpha-1)}} = \left(-\frac{1}{2}\right).\ \frac{(\Delta h)}{\Sigma K Q^{(\alpha-1)}} \tag{16}$$

Λαμβάνοντας ὅμως ὑπόψη ὅτι γιά φ ≠ 1,00

$N_\alpha = R_\alpha p + \varepsilon.\left[R_\alpha p(1-p)\right]^{\frac{1}{2}}$ προκύπτει

$$\text{ὅτι } R_\alpha = \left[\frac{-\varepsilon\left[p(1-p)\right]^{1/2} + \left[\varepsilon^2 p.(1-p) + 4pN_\alpha\right]^{1/2}}{2p}\right]^2 \tag{16α}$$

όπου $\quad N_\alpha = N'_\alpha + \frac{\Delta}{q_o}$ (16β)

Έτσι μπορούμε γρήγορα νά βρεθούμε κοντά στίς τιμές τοῦ R_α πού ἱκανοποιοῦν τή σχέση (15)

Στό πιό πάνω παράδειγμα ἄν λάβουμε γιά τήν ἐξέταση τῆς τιμῆς στή θέση φ=0,95 κατ'ἀρχή τιμή τοῦ R_α=70 θά βροῦμε:

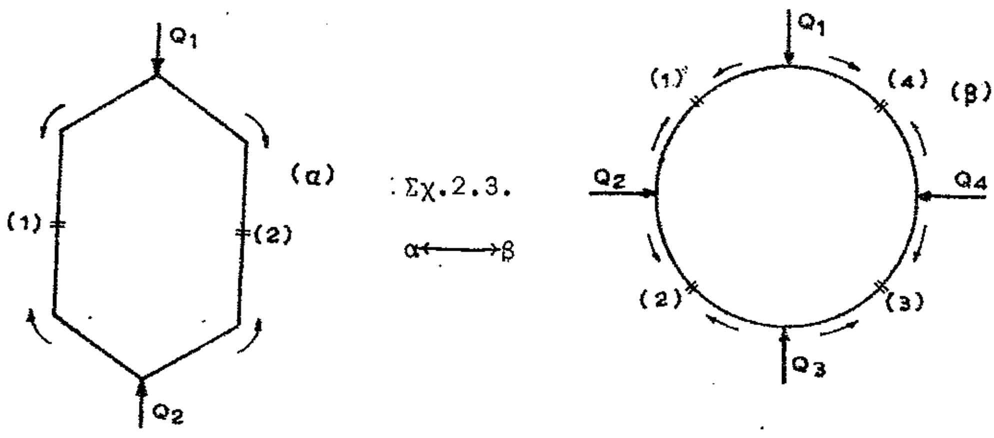
$$\Delta \cong \left(-\frac{1}{2}\right) . \frac{(4,22-3,98)}{(108,3)} \approx -0,0011 \ \mu^3/\delta\lambda$$

καί $N_\alpha = 70 - \frac{0,0011}{0,006} \approx 29,8$ ὁπότε ἀπό τήν (16α)

βρίσκουμε $R_\alpha \approx 69,5$ ὅσο δηλαδή καί ἀπό διάγραμμα Δ.3.1.

2.3. Τροφοδοσία ἑνός βρόχου σέ περισσότερα σημεῖα

Στά σχήματα 2.3 (α) καί (β) ἀπεικονίζονται οἱ περιπτώ - σεις δύο βρόχων πού τροφοδοτοῦνται σέ διάφορα σημεῖα ἀπό παροχές. Στήν περίπτωση αὐτή γιά νά βροῦμε τά ἰδεατά σημεῖα διακοπῆς θά ἐφαρμόσουμε τίς ἐξισώσεις (15) μεταξύ δύο διαδοχικῶν τροφοδοτήσεων κατά κυκλικό τρόπο, ὥστε νά ἀποκτήσουμε γιά δύο τροφοδοσίες (σχ.2.3.α) τά δυό ἰδεατά σημεῖα (1) καί (2).'Επίσης στό σχῆμα (2.3.β) θά ἀποκτήσουμε τά τέσσερα ἰδεατά σημεῖα



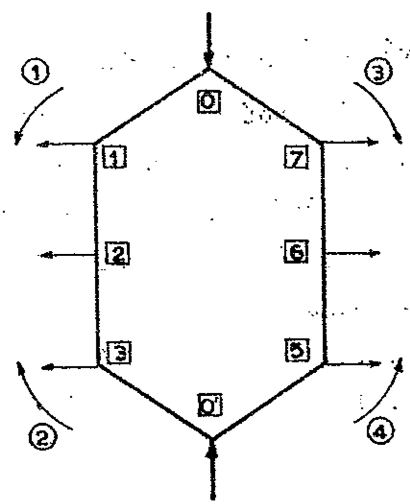
Σχ.2.3.

(1),(2),(3) καί (4) γιά τίς τέσσερες τροφοδοσίες Q_1, Q_2, Q_3, Q_4.

Γιά παράδειγμα μπορούμε νά πάρουμε τό δίκτυο τοῦ σχήματος 2.2 καί νά δεχθοῦμε καί δεύτερη τροφοδότηση στό σημεῖο(4) τό ὁποῖο τό ὀνομάζουμε (0΄) (Βλ. σχ. 2.4) ὁπότε βρίσκουμε τά ἰδεατά σημεῖα διακοπῆς στόν κόμβο (2) καί (6) μέ τά ἑξῆς στοιχεῖα περίπου:

$R_1 \approx 24,5$ $\quad R_2 \approx 20,5$ $\quad h_1 \approx h_2 \approx 0,25$ μ.

$R_3 \approx 18$ $\quad R_4 \approx 27$ $\quad h_3 \approx h_4 \approx 1,15$ μ.

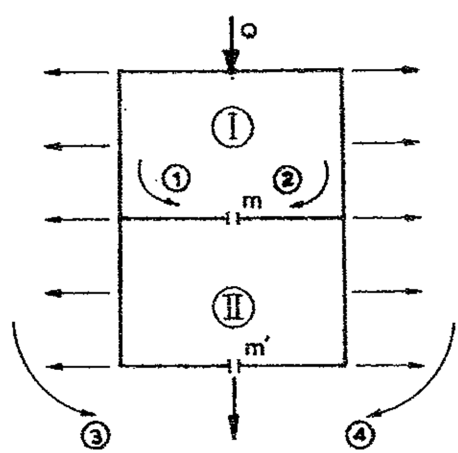


Σχ. 2.4

3. ΟΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟΥΣ ΒΡΟΧΟΥΣ

Στό θέμα αὐτό παρατηροῦμε ὅτι οὐσιαστικά τό πρόβλημα δέν παίρνει ἄλλη μορφή παρά αὐτή πού ἔχει καί ἕνα ἀντίστοιχο πρόβλημα ὅπου $\varphi=1,00$ δηλαδή ὅταν ὅλες οἱ ὑδροληψίες εἶναι ἀνοιχτές. Πράγματι μέ τίς "ἰδεατές παροχές" δίνουμε αἰτιοκρατικό χαρακτῆρα στό πρόβλημα καί ἐπομένως μποροῦμε νά ἐργασθοῦμε, πχ. μέ τή μέθοδο τοῦ H. Cross προσδιορίζοντας τά σημεῖα ἰδεατῆς διακοπῆς. Στήν περίπτωση αὐτή μέ τίς σχέσεις (16),(16α) καί (16β) καί συνεχεῖς διαδοχικές προσεγγίσεις εἶναι δυνατό νά βροῦμε τά σημεῖα ἐκεῖνα ἰδεατῆς διακοπῆς στά ὁποῖα θά ἔχουμε ἰσορροπία πιεζομετρικῶν γραμμῶν, λαμβάνοντας βέβαια κάθε φορά ὑπόψη σάν παροχές τίς "ἰδεατές" πού μᾶς δίδουν οἱ σχέσεις (14) καί (14α).

Ἐπίσης μποροῦμε - ἄν βέβαια μᾶς συμφέρει γραφικά ἤ ἀναλυτικά-π.χ. στούς δυό βρόχους τοῦ σχ. 3.1 νά ἐκλέξουμε μιά σταθερή θέση τοῦ ἰδεατοῦ σημμείου m καί στή συνέχεια νά μετακινήσουμε τό m ὥστε $h_3=h_4$ γιά δεδομένη τιμή τῆς φ. Μετά κρατᾶμε τό m′ σταθερό καί μετακινοῦμε τό m ἔτσι ὥστε



Σχ. 3.1

$h_1=h_2$ γιά τήν ἴδια τιμή τῆς φ. Αὐτό ἐπαναλαμβάνεται μέχρι νά βροῦμε μέ ἱκανοποιητική προσέγγιση τέτοια σημεῖα m καί m' ὥστε $h_1=h_2$ καί $h_3=h_4$ γιά τήν ἴδια τιμή τῆς φ.

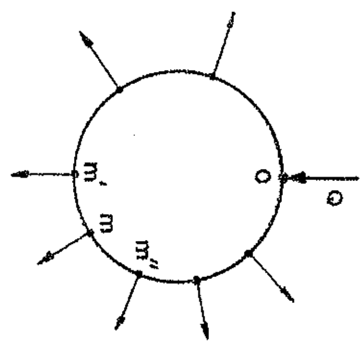
Ὅταν ἔχουμε περισσότερες τροφοδοσίες μποροῦμε νά ἀκολουθήσουμε πάλι τήν ἴδια διαδικασία μόνο πού ἡ ὑπολογιστική ἐργασία αὐξάνεται πολύ. Πάντως δέν πρέπει νά ξεχνᾶμε ὅτι, γιά μιά ἐκκίνηση ἱκανοποιητική θά πρέπει νά βρίσκουμε στήν ἀρχή τά ἰδεατά σημεῖα διακοπῶν θεωρώντας ὅλες τίς ὑδροληψίες ἀνοιχτές.

4. Ἡ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΛΕΙΣΤΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Τό πρόβλημα αὐτό δέν θά μᾶς ἀπασχολήσει ἰδιαίτερα μιά καί δέν ἀποτελεῖ ἀντικείμενο τῆς παρούσας ἐργασίας. Ἐξάλλου τό πρόβλημα μέ τήν ἐφαρμογή τῶν "ἰδεατῶν παροχῶν" μεταπίπτει σέ πρόβλημα βελτιστοποιήσεως βροχωτῶν δικτύων τά ὁποῖα δέχονται σταθερές παροχές γιά τό σχεδιασμό τους.

Ἁπλῶς καί μόνο γιά νά καθοδηγήσουμε τούς μελετητές μικρῶν καί ἁπλῶν δικτύων ὥστε νά μπορούν νά ἐπιλύσουν τέτοια προβλήματα δίδουμε στό σχῆμα 4.1. ἕνα βρόχο μέ μία σταθερή ὑψομετρικά τροφοδοσία στό (O).

Ἄν δεχθοῦμε τρία σημεῖα ἰδεατῆς διακοπῆς m′,m,m′′καί κάθε φορά ἐφαρμόζοντας τίς ἰδεατές παροχές ὑπολογίζουμε τίς βέλτιστες διαμέτρους καί τό κόστος γιά κάθε σημεῖο m , θά προκύψει μιά χαρακτηριστική καμπύλη κόστους σέ συνάρτηση μέ τό πλῆθος τῶν ὑδροληψιῶν, π.χ. R_α. Βέβαια ἄν πετύχουμε μέ τά τρία μόνο σημεῖα νά βροῦμε τό ἐλάχιστο κόστος τότε ἔχουμε μειώσει τούς ὑπολογισμούς στό ἐλάχιστο, ἀλλοιῶς θά πρέπει νά πάρουμε καί ἄλλο σημεῖο m′′′ κ.ο.κ.



Σχ.4.1.

Μέ τόν ἴδιο τρόπο θά μπορούσαμε νά ἀντιμετωπίσουμε καί τή βελτιστοποίηση ἑνός βρόχου πού δέχεται n τροφοδοσίες σταθερές ὑψομετρικά. Τότε ὅμως θά πρέπει νά ἐξετάσουμε περισσότερους συνδυασμούς , π.χ. ἄν γιά κάθε τμῆμα (i) μεταξύ δύο τροφοδοτήκσεων Q_i καί Q_{i+1} ἐξετάσουμε μ_i ἰδεατά σημεῖα τότε τό πλῆθος τῶν συνδυασμῶν γιά ὅλα τά τμήματα θά εἶναι $(\mu_1, \mu_2 \ldots\ldots\ldots \mu_n)$δηλαδή ἀρκετά μεγάλο.

Μέ ἀνάλογες σκέψεις θά μπορέσουμε νά προχωρήσουμε σέ περισσότερους βρόχους μέ σταθερές ὑψομετρικά τροφοδοσίες.

Τό πρόβλημα ὅταν οἱ τροφοδοσίες δέν εἶναι σταθερές ὑψομετρικά γίνεται ἀκόμα πιό πολύπλοκο γιατί τότε προφανῶς θά πρέπει πέρα ἀπό τά δοκιμαστικά σημεῖα ἰδεατῆς διακοπῆς νά ἐξετασθοῦν καί διάφορες ὑψομετρικές θέσεις τῶν τροφοδοσιῶν.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

(α) Οἱ παραδοχές καί τά ἀποτελέσματα στά ὁποῖα κατέληξε ἡ ἔ - ρευνα τοῦ Α.' μέρους, ὅπου ἐξετάσθηκαν τά ἀκτινωτά δίκτυα μπορεῖ νά ἐφαρμοσθεῖ καί στά κλειστά κυκλοφοριακά δίκτυα μέ ὡρισμένες τροποποιήσεις σέ ὅτι ἀφορᾶ τίς παροχές σχεδιασμοῦ.

(β) Ἔτσι, ἡ μέθοδος πού προτείνεται γιά τήν λύση τοῦ προβλήματος ἑνός βρόχου πού λειτουργεῖ μέ ἐλεύθερη ζήτηση ἐπιτυγχάνεται μέ τήν ἐφαρμογή " ἰδεατῶν παροχῶν" πού δίδουν οἱ σχέ - σεις (14) ἤ (14α).

$$Q_i = \left[\mu_i^2+\sigma_i^2+2\rho.\varepsilon.\mu_i\sigma_i\right]^{\frac{1}{2}}$$

ἤ ἀκόμα καί $Q_i = \left[\mu_i^{\alpha}+\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\mu_i^{(\alpha-2)}\sigma^2+\alpha.\rho.\varepsilon\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i\right]^{\frac{1}{\alpha}}$

ὅταν $\alpha\neq2{,}0$ $(\alpha=1{,}76$ ἕως $2{,}00)$

$0{,}707\leq\rho<1$ καί συνήθως μπορεῖ νά λαμβάνεται ἴσος μέ 0,75 περίπου.

μ_i, σ_i = μέση τιμή καί τυπική ἀπόκλιση τῆς παροχῆς στόν κλάδο i πού δίδονται ἀπό τίς σχέσεις (2α)

ε=τυποποιημένη τυχαία μεταβολή κανονικῆς κατανομῆς.

Οἱ παράμετροι βέβαια μ_i καί σ_i ὑπολογίζονται κάθε φορά γιά πλῆθος στομίων R_α ἤ R_δ ἀριστερά ἤ δεξιά πού προκύπτουν ἀπό τήν ἐκλογή τοῦ ἰδεατοῦ σημείου διακοπῆς (δοκιμαστικά ἤ ὄχι).Τό ὁριστικό σημεῖο ἰδεατῆς διακοπῆς προκύπτει ἀπό τή σχέση (15) δηλαδή τήν ἰσορροπία τῶν πιεζομετρικῶν γραμμῶν στό βρόχο ($h_\alpha=h_\delta$):

$$\Sigma K_i\left[\mu_i^2+\sigma_i^2+\varepsilon(2\rho\mu_i\sigma_i)\right]=\Sigma K_j\left[\mu_i^2+\sigma_i^2+\varepsilon(2\rho\mu_j\sigma_j)\right]$$

ὅπου οἱ δείκτες i καί j παριστάνουν τήν ἀρίστερά καί δεξιά διαδρομή, τό λ≃0,75 καί τό ε ἀντιστοιχεῖ στήν ἐπιθυμητή ποιότητα λειτουργίες φ.

Ὅταν ὁ ἀριθμός τῶν στομίων R_α ἤ R_δ εἶναι μικρότερος τῶν 10 ἐφαρμόζονται σάν ἰδεατές παροχές οἱ τιμές τοῦ πίνακα 6.1 τοῦ Α.΄ μέρους ἤ ἀκόμα καί μέ μιά προσέγγιση πού μπορεῖ νά γίνει ἀνεκτή οἱ τιμές πού δίδουν οἱ σχέσεις 2α.

Ἡ ἀπώλεια φορτίου τέλος στό βρόχο θά εἶναι

$$h = h_\alpha = h_\delta$$

$$\text{ἤ} \quad h = \frac{1}{2}(h_\alpha + h_\delta) = m + u.S. \qquad (u=\varepsilon)$$

πού ἐκφράζονται ἀναλυτικά ἀπό τή σχέση (12) δηλαδή

$$h = \frac{1}{2}\left[\Sigma K_i(\mu_i^2+\sigma_i^2)+\Sigma K_j(\mu_j^2+\sigma_j^2)\right]+\varepsilon\left\{\left[\rho\,(\Sigma K_i\mu_i\sigma_i)+(\Sigma K_j\mu_j\sigma_j)\right]\right\}$$

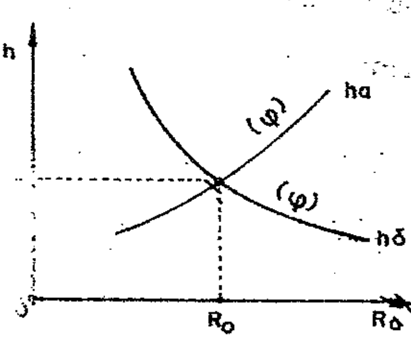
ἤ τίς σχέσεις $h_\alpha = \Sigma K_i(\mu_i^2+\sigma_i^2)+\varepsilon.\left[\rho(\Sigma K_i\mu_i\sigma_i)\right]$

$$h_\delta = \Sigma K_j(\mu_j^2+\sigma_j^2)+\varepsilon.\left[\rho(2\Sigma K_j\mu_j\sigma_j)\right]$$

('Αφοῦ μέ τήν (15) βρίσκουμε τέτοιο ἰδεατό σημεῖο διακοπῆς ὥστε $h_\alpha = h_\delta$ γιά τό ἴδιο ε)

Ἡ ἐφαρμογή τῆς προτεινόμενης μεθόδου μπορεῖ νά γίνεται καί γραφικά μέ τήν ἐφαρμογή τῆς σχέσεως (14) σέ τρεῖς τουλάχιστο θέσεις τῆς τιμῆς R_α γιά τή δεδομένη φ (σχ.5.1).

Ἐπισης μποροῦμε νά ἐφαρμόζουμε τήν μέθοδο τοῦ H.Cross



Σχ.5.1

ἀλλά μέ ἰδεατές παροχές ξεκινῶντας ἀπό κάποιο δοκιμαστικό σημεῖο ἰδεατῆς ἰδεατῆς διακοπῆς πού προκύπτει θεωρῶντας ὅλες τίς ὑδροληψίες ἀνοιχτές. (παράγρ.2.1 καί σχέσεις 16,16α).

(γ)"Ετσι βλέπουμε ὅτι οὐσιάστικά ἡ μέθοδος εἶναι ἡ ἴδια μέ τή μέθοδο τοῦ H.Cross ἐλέγχου τῶν κλειστῶν κυκλοφοριακῶν δικτύων, μέ μόνη τή διαφορά ὅτι ἐδῶ οἱ παροχές ἔχουν πιθανοθεωρητικό χαρακτῆρα.

(δ) 'Η μέθοδος ἐφαρμόζεται ὅπως καί στά ἀκτινωτά δίκτυα γιά ὁποιαδήποτε σχέση τοῦ κεφαλαίου 2 τοῦ Α΄ μέρους καί ἄν ἐφαρμόσουμε γιά τίς γραμμικές ἀπώλειες. 'Επίσης ὁ συντελεστής λ τῆς τῆς σχέσεως (11) μπορεῖ νά ἐλέγχεται σέ κάθε περίπτωση ὅταν ἐπιζητεῖται μεγαλύτερη ἀκρίβεια. Πάντως μιά τιμή λ≃0,75 εἶναι πολύ ἱκανοποιητική γιά τίς συνηθισμένες ἐφαρμογές.

(ε) Γιά τήν ἐπαλήθευση τῆς προτεινόμενης μεθόδου ἔγινε ἡ ἐξομοίωση τοῦ βρόχου πού ἀπεικονίζεται στό σχῆμα 2.2 καί τά ἀποτελέσματα πού προέκυψαν συγκρίθηκαν μέ τά ἀντίστοιχα ἀποτελέσματα πού δίνουν οἱ σχέσεις (12) καί (15) . 'Η σχεδόν σύμπτωση τῶν ἀποτελεσμάτων (ἀπόκλιση κατά 2 % ἕως 3 % μόνο στήν ἀπώλεια φορτίου) καί ἡ προσέγγιση τῆς τυποποιημένης τιμῆς τῆς ἀπώλειας φορτίου πρός τήν τυποποιημένη τυχαία μεταβλητή τῆς κανονικῆς κατανομῆς (Διάγραμμα Δ.2.2) ἐπαληθεύει πλήρως τήν προτεινόμενη μέθοδο.

(στ) Τελικά σημειώνεται ἰδιαίτερα τό γεγονός ὅτι ἐδῶ ὅπως καί στά ἀκτινωτά δίκτυα ἕνα πιθανοθεωρητικό πρόβλημα μετατρέπεται σέ αἰτιοκρατικό. "Ετσι μέ τή μέθοδο αὐτή τῆς ἐφαρμογῆς "ἰδεατῶν παροχῶν" τό πρόβλημα μεταπίπτει στά γνωστά αἰτιοκρατικά προβλήματα ὑπολογισμοῦ ἀπωλειῶν ἤ βελτιστοποιήσεως βροχωτῶν δικτύων πού ἐπιλύονται μέ συγκεκριμένες παροχές. Μέ αὐτό τόν τρόπο ἀποφεύγεται ἕνας μεγάλος ὄγκος ὑπολογισμῶν πού θά ἀπαιτοῦσε, π.χ. τήν ἐκτέλεση ἐξομοιώσεως γιά κάθε ἐξεταζόμενη περίπτωση κλειστοῦ κυκλοφοριακοῦ δικτύου. Ἐπίσης εἶναι δυνατό τά προβλήματα ἁπλῶν βροχωτῶν δικτύων πού λειτουργοῦν μέ ἐλεύθερη ζήτηση νά ἐπιλύονται καί σέ μικρά μελετητικά γραφεῖα μέ τή χρήση μόνο μικρῶν ὑπολογιστικῶν μηχανῶν.

Τέλος ἐπισημαίνεται τό γεγονός ὅτι ἡ ἐφαρμογή τῶν "ἰδεατῶν παροχῶν" τοποθετεῖ τό πρόβλημα στή σωστή του βάση καί ἀποκλείει ὑπερσχεδιασμούς ἤ ὑποσχεδιασμούς τοῦ δικτύου, καί ἑπομένως ὑποβοηθεῖ τόν μελετητή μηχανικό στήν λήψη σωστῶν ἀποφάσεων σέ ὅτι ἀφορᾶ τή μορφή τοῦ δικτύου, τό μέγεθος τῶν σωληνωτῶν ἀγωγῶν, τήν ἰσχύ ἐνδεχομένως τῶν ἀντλητικῶν συγκροτημάτων μέ τόν σωστό ὑπολογισμό τῆς ἀπώλειας φορτίου κλπ.

6. <u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>

1. DAVIS and SORENSEN " Handbook of applied Hydraulics" Mc Mc, Graw Hill, third adit., 1969

2. ΚΑΚΟΥΛΟΣ Θ. " Θεωρία πιθανοτήτων καί στοχαστικῶν ἀνελί - ξεων ", 'Αθῆναι, 1970.

3. ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ Δ. " Μαθηματική Στατιστική 1" 'Ιωάννινα 1972.

4. ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ Θ. " 'Ενοποιημένα μαθηματικά ὁμοιώματα διά τάς μή μονίμους ροάς ὑπό πίεσιν καί ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν"-""Αρδευσις διά καταιονισμοῦ" ἔκδοσις Τ.Ε.Ε.,'Αθῆναι 1974.

ΜΕΡΟΣ Γ:

ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΕΩΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στό μέρος αὐτό ἐξετάζεται ἡ δυνατότητα ἐφαρμογῆς τῶν συμπερασμάτων τοῦ Α.' καί Β.' μέρους καί στά ἐσωτερικά δίκτυα διανομῆς ὕδατος ὑδρεύσεως.

Πρίν προχωρήσουμε στή διατύπωση ὡρισμένων ἀπόψεων γιά τήν δυνατότητα καθορισμοῦ τῶν παροχῶν σχεδιασμοῦ, μέ βάση τίς "ἰδεατές παροχές" πού χρησιμοποιήσαμε στά ὑπό πίεση ἀρδευτικά δίκτυα μέ ἐλεύθερη ζήτηση, θέλουμε νά ἐπισημάνουμε τίς ἀσάφειες πού παρουσιάζονται κατά τό σχεδιασμό τέτοιων δικτύων ὑδρεύσεως.

Πραγματικά ἡ λειτουργία τῶν ἐσωτερικῶν δικτύων παρουσιάζει ὡρισμένα χαρακτηριστικά πού δέν εἶναι δυνατό νά προσδιορισθοῦν μέ ἀκρίβεια. Τέτοια χαρακτηριστικά εἶναι κυρίως ἡ πιθανότητα λειτουργίας κάθε στομίου ὑδροληψίας (κρουνοῦ οἰκίας, κήπου ἤ πάρκου,κλπ.), ὁ ἀριθμός τῶν στομίων ὑδροληψίας πού ὁπωσδήποτε δέν μποροῦν νά καθορισθοῦν ἐπακριβῶς καί ἡ παροχή ἐπίσης κάθε κρουνοῦ ἡ ὁποία μπορεῖ νά καθορισθεῖ, ἀλλά κατά κάποιο τρόπο ἄς ποῦμε χονδρικό μιά καί καθορίζεται προσεγγιστικά μιά μέση τιμή του. Ἐπίσης ἡ παροχή τοῦ κάθε κρουνοῦ δέν εἶναι σταθερή ἐξαρτώμενη ἀπό πιεζομετρικό φορτίο τό ὁποῖο συνήθως μεταβάλλεται ἀπό τούς χειρισμούς τοῦ ἀνοιγοκλείματός του ἀπό τούς ἔνοικους καί ἀκόμα ἀπό τό εἶδος καί τή μορφή τοῦ δικτύου σέ κάθε κατοικία.

Βέβαια ὑπάρχουν καί ὡρισμένα ἄλλα χαρακτηριστικά πού ἐπίσης παρουσιάζουν ἀσάφεια ὅπως,π.χ. ἡ ἀπόσταση τῶν ὑδροληψιῶν ἐπάνω στούς δημοτικούς ἀγωγούς, τά μήκη τῶν οἰκοδομικῶν τετραγώνων στούς οἰκισμούς πού κι'αὐτά διαφέρουν μεταξύ τους, ἀλλά ὅμως δέν ἀποτελοῦν τά κύρια ἐμπόδια γιά τόν καθορισμό ἰδεατῶν παροχῶν. Πράγματι οἱ ὑδροληψίες πού ὑπάρχουν ἐπάνω στόν ἀγωγό μπορεῖ νά θεωρηθεῖ ὅτι συγκεντρώνονται στά ἄκρα κάθε τμήματος, π.χ. στό κατάντη ἄκρο τοῦ τμήματος ἤ καί διαμοιράζονται ἀνάλογα μέ τήν ἐκτίμηση τοῦ κάθε μελετητή.'Επίσης οἱ διαφορές πού παρουσιάζονται στά μήκη τῶν τμημάτων τῶν ἀγωγῶν μέσα σέ οἰκισμούς μέ σχέδια πόλεων παρουσιάζονται καί στά ἀρδευτικά δίκτυα καί δέν δημιουργοῦν ἰδιαίτερα προβλήματα.

Πάντως ὅμως εἶναι δυνατό ἔστω καί μέ τίς ἀσάφειες πού ὑπάρχουν νά δεχθοῦμε ὅτι ἡ θεωρία τῶν πιθανοτήτων εἶναι δυνατό [5,9] νά ἐφαρμοσθεῖ καί στήν προκειμένη περίπτωση, καί μάλιστα νά δεχθοῦμε ὅπως καί στά ὑπό πίεση ἀρδευτικά δίκτυα μέ ἐλεύθερη ζήτηση, ὅτι ἡ λειτουργία κάθε κρουνοῦ ἀκολουθεῖ τήν διωνυμική κατανομή. Βέβαια πιό πάνω ἔχουμε διατυπώσει τίς ἀσάφειες πού ὑπάρχουν στά δίκτυα διανομῆς ὕδατος ὑδρεύσεως ἀλλά πρός τό παρόν τουλάχιστο δέν ὑπάρχει ἡ δυνατότητα νά ἐφαρμοσθεῖ κάποιο ἄλλο μοντέλο λειτουργίας τῶν κρουνῶν.

Σάν συνέπεια αὐτῆς τῆς παραδοχῆς προκύπτει τό ἐρώτημα ἄν μπορεῖ νά ἐφαρμοστεῖ τό κριτήριο τῆς ἀπώλειας φορτίου σέ ἐσωτερικά δίκτυα ὑδρεύσεως καί νά καθοριστεῖ ἔτσι κατά τρόπο παρόμοιο πρός τά ἀρδευτικά ἕνα αἰτιοκρατικό σχῆμα ἐπιλύσεώς τους μέ βάση τίς " ἰδεατές παροχές σχεδιασμοῦ". Στό ἐρώτημα αὐτό ἡ ἀπάντηση μπορεῖ νά εἶναι θετική, ἔστω καί μέ τίς γενικές ἐπιφυλάξεις γιά τόν τρόπο τῆς πραγματικῆς λειτουργίας τέτοιων δικτύων ὑδρεύσεως καί γιά τίς ἀσάφειες πού ὑπάρχουν στόν προσδιορισμό τῶν παραμέτρων τῆς κανονικῆς κατανομῆς μέ τήν οποία προσεγγίζεται ή διωνυμική.

Πρέπει εδῶ νά τονισθεῖ ὅτι μέ ὡρισμένες λογικές παραδοχές εἶναι δυνατό νά καθορισθεῖ τοὐλάχιστο ἕνα προσεγγιστικό αἰτιοκρατικό πρότυπο, τό ὁποῖο δίδει τά στοιχεῖα ἑνός ὅσο τό δυνατό πιό σωστοῦ σχεδιασμοῦ τῶν ἐσωτερικῶν δικτύων ὑδρεύσεως.

'Αφοῦ λοιπόν δεχθοῦμε τίς ἰδεατές παροχές σχεδιασμοῦ μέ τίς ἐκφράσεις πού ἔχουν βρεθεῖ στό Α.' καί Β.' μέρος τῆς παρούσας ἐργασίας,πρέπει στή συνέχεια νά ἀναφερθοῦμε στίς παραμέτρους τῆς κατανομῆς καί στόν τρόπο ἐκτιμήσεώς τους.

Βέβαια πρέπει νά παρατηρήσουμε σχετικά ὅτι ὁ σχεδιασμός τῶν ἐσωτερικῶν δικτύων ὑδρεύσεως ἀπαιτεῖ τόν καθορισμό τῆς σχέσεως τῆς μέγιστης ὡριαίας παροχῆς καταναλώσεως πρός τήν ἀντίστοιχη μέγιστη ἡμερήσια παροχή πού ὀνομάζεται συντελεστής ὡριαίας αἰχμῆς. Ἔτσι τελικά μετά ἀπό ὁποιαδήποτε ἐπεξεργασία τοῦ προβλήματος προσδιορισμοῦ τῶν παραμέτρων τῆς κατανομῆς καί στή συνέχεια τῆς μέγιστης ὡριαίας παροχῆς, νά καταλήξουμε στή διατύπωση κατάλληλης ἐκφράσεως τοῦ συντελεστοῦ ὡριαίας αἰχμῆς. Γιά τό σκοπό αὐτό ἄν καί τό ἀντικείμενο τοῦ παρόντος μέρους δέν εἶναι παρά ἡ ἐξέταση τῆς δυνατότητας ἐφαρμογῆς τῶν συμπερασμάτων τοῦ πρώτου καί δευτέρου μέρους σέ δίκτυα ὑδρεύσεως, εἴμαστε ἀναγκασμένοι νά δώσουμε καί μερικά συνοπτικά στοιχεῖα τοῦ συντελεστοῦ ὡριαίας αἰχμῆς. Τά στοιχεῖα αὐτά ἀναφέρονται στή βιβλιογραφία ἤ σέ σχετικές ὁδηγίες ἁρμοδίων 'Υπηρεσιῶν ἤ ἀκόμα καί σέ σχετικές ἔρευνες καί ἑπομένως ἔχουν ἐνδιαφέρον γιά κεῖνον πού μελετᾶ δίκτυα διανομῆς τοῦ ὕδατος ὑδρεύσεως.

Ἔτσι στό ἑπόμενο κεφάλαιο 2 διατυπώνονται συνοπτικά μερικές πληροφορίες σχετικές μέ τίς τιμές πού μπορεῖ νά λάβει ὁ συντελεστής ὡριαίας αἰχμῆς.

Στή συνέχεια στό κεφάλαιο 3 διατυπώνονται οἱ ἐξισώσεις τῆς ἀπώλειας φορτίου καί οἱ "ἰδεατές παροχές" σχεδιασμοῦ πού εἶ - ναι δυνατό νά ἐφαρμοσθοῦν στά ἐσωτερικά δίκτυα καί μέ τίς ὁ- ποῖες ὅπως εἶναι γνωστό προσεγγίζεται τό πιθανοθεωρητικό σχῆ- μα λειτουργίας τέτοιων δικτύων καί ἐπιλύεται καί τό ἀντίστοι- χο πρόβλημα σχεδιασμοῦ τους. Στό ἴδιο κεφάλαιο ὑποδεικνύεται κά- ποια γενική σχέση καθορισμοῦ τοῦ συντελεστοῦ ὡριαίας αἰχμῆς καί ὑποδεικνύονται ἐπίσης καί μερικές τιμές πού μπορεῖ νά ἐ- φαρμοσθοῦν σέ ἐσωτερικά δίκτυα πού σχεδιάζονται στή χώρα μας.

'Ο κύριος στόχος πάντως αὐτοῦ τοῦ μέρους Γ΄ τῆς παρούσας εἶναι νά ὑποδείξει στόν ἀναγνώστη τόν τρόπο ἐφαρμογῆς τῶν ὡ- ριαίων παροχῶν αἰχμῆς οἱ ὁποῖες ὑπολογίζονται σέ κάθε θέση τοῦ δικτύου μέ κάποια ὑπολογιστική διαδικασία βασισμένη ἐπάνω στή θεωρία τῶν πιθανοτήτων. Βέβαια ταυτόχρονα ἀπό τά συμπεράσματα τοῦ Α΄ καί Β΄ μέρους γίνονται ὑποδείξεις καί γιά τόν καθορι - σμό τῶν μέγιστων ὡριαίων παροχῶν καί τῶν ἀντίστοιχων τιμῶν τῶν συντελεστῶν ὡριαίας αἰχμῆς.

Πρέπει τέλος νά σημειωθεῖ ὅτι σήμερα συνηθίζεται οἱ παρο- χές σχεδιασμοῦ νά ὑπολογίζονται μέ βάση τή μέγιστη ἡμερήσια πα- ροχή πολλαπλασιασμένη μέ κάποιον ἑνιαῖο συντελεστή ὡριαίας αἰχ- μῆς γιά ὅλο τό δίκτυο. Αὐτός βέβαια ὁ ὑπολογισμός ὁπωσδήποτε ὑ- ποτιμᾶ τίς παροχές τῶν ἀγωγῶν τελευταίας τάξεως, ἐνδεχομένως δέ καί τῶν μεγαλυτέρων ἀγωγῶν ἄν ὁ συντελεστής αἰχμῆς ἐκλεγεῖ μέ μικρή τιμή.

'Υπάρχουν ἐπίσης ὡρισμένες προτάσεις [9] γιά μιά ἐμπειρι- κή κατανομή τῆς ὁλικῆς παροχῆς τῶν πρωτευόντων ἀγωγῶν πού ἀ - ποτελοῦν τούς βρόχους τοῦ δικτύου, κατά ἀναλογία πρός τά ἐφαρμοζόμενα σέ ἀρδευτικά δίκτυα. Ἔτσι ὑπολογίζονται οἱ παρο- χές αἰχμῆς σέ κάθε θέση τῶν δευτερευόντων κλάδων καί ἀθροίζον- ται αὐτές, ἀπό τά κατάντη πρός τά ἀνάντη, μέχρις ὅτου τό ἄθροισμά τους νά ἐξισωθεῖ μέ τή συνολική παροχή τοῦ πρωτεύοντος ἀγωγοῦ, ὁπότε πλέον λαμβάνεται σταθερή. Αὐτός ὁ τρόπος βέβαια καθορισμοῦ τῶν παροχῶν ὅπως εἶναι εὐνόητο δημιουργεῖ ἕνα ὑπερσχεδιασμό τοῦ δικτύου. Ἐξυπακούεται ἐπίσης ὅτι ἄν οἱ παροχές συγκεντρωθοῦν στίς πλέον δυσμενεῖς θέσεις τοῦ δικτύου (πρόταση τοῦ R.Clement) τότε ὁ πραγματοποιούμενος ὑπερσχεδιασμός τοῦ δικτύου θά εἶναι πολύ μεγαλύτερος.

2. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΩΡΙΑΙΑΣ ΑΙΧΜΗΣ

Ὅπως εἶναι γνωστό σήμερα γιά τό σχεδιασμό τῶν ἐσωτερικῶν δικτύων ὑδρεύσεως καθορίζεται σέ μιά θέση τοῦ δικτύου ἡ σχέση:

$$Q = \lambda.Q_{\mu} \quad (1)$$

ὅπου

$$Q_{\mu} = \Pi.q_{\mu} \quad (1\alpha)$$

Q =ἡ μέγιστη ὡριαία παροχή στήν ἐξεταζόμενη θέση τοῦ δικτύου

Q_{μ} καί q_{μ}= Οἱ μέσες τιμές τῶν παροχῶν καταναλώσεως στήν ἐξεταζόμενη θέση οἱ ἀντίστοιχες στό συνολικό πληθυσμοῦ καί σέ ἕνα κάτοικο, οἱ ὁποῖες παρουσιάζονται τήν ἡμέρα αἰχμῆς (ἤ μέγιστης καταναλώσεως τοῦ ἔτους).

Π =ὁ ἐξυπηρετούμενος πληθυσμός στήν ἐξεταζόμενη θέση

λ =συντελεστής ὡριαίας αἰχμῆς πού καθορίζεται ἀπό τόν λόγο τῆς μέγιστης ὡριαίας παροχῆς πρός τήν ἀντίστοιχη μέση παροχή τῆς ἡμέρας αἰχμῆς(ἤ μέγιστης καταναλώσεως)ἡ ὁποία παρουσιαζεται τό καλοκαίρι.

Ἡ πιό πάνω σχέση (1) μπορεῖ τελικά νά γραφεῖ καί ὡς ἑξῆς:

$$Q = \lambda.\frac{\Pi.q_{\varepsilon}}{86400} \quad (2)$$

ὅπου q_{ε}= ἡ μέγιστη ἡμερήσια κατανάλωση ἀνά κάτοικο πού ὀνομάζεται μέγιστη εἰδική κατανάλωση.

Ὅπως ἀναγράφεται καί στήν εἰσαγωγή τοῦ μέρους τούτου ἐδῶ θά ἀναφερθοῦν πολύ συνοπτικά μερικές τιμές τοῦ συντελεστοῦ λ ὡριαίας αἰχμῆς.

- Στή χώρα μας τό Ὑπουργεῖο Ἐσωτερικῶν [8] ὑποδεικνύει ἔμμεσα τήν ἐφαρμογή συντελεστῶν ὡριαίας αἰχμῆς ὡς ἑξῆς:

- Γιά χωριά καθαρά άγροτικῆς μορφῆς ἡ μέγιστη ἡμερήσια κατανάλωση νά ὑπολογίζεται ὅτι μπορεῖ νά ζητηθεῖ σέ ὀκτώ (8) ὧρες ἤ μέ ἄλλα λόγια λ=3,0
- Γιά κωμοπόλεις ἡμιαγροτικῆς ἤ ἡμιαστικῆς μορφῆς ὁ παραπάνω χρόνος καθορίζεται σέ 10 ἕως 14 ὧρες ἤ λ= 1,71 ἕως 2,40.
- Γιά πόλεις (ἀστικά κέντρα) ὁ χρόνος καταναλώσεως καθορίζεται, σέ 16 ὧρες δηλαδή λ=1,50

– Γενικά πάντως ὁ συντελεστής αἰχμῆς λ ἐξαρτιέται πάντοτε ἀπό τά χαρακτηριστικά τῆς συγκεκριμένης περιοχῆς στήν ὁποία γίνεται ὁ σχεδίασμός τοῦ ἔργου, π.χ. τόν τύπο τοῦ οἰκισμοῦ , τή χρήση τοῦ νεροῦ, τά κλιματικά χαρακτηριστικά κλπ.,ἀλλά πάντοτε ὅμως ἀκολουθεῖ μερικούς γενικούς κανόνες. Ἔτσι ὅσο μειώνεται ὁ πληθυσμός μιᾶς κατοικημένης περιοχῆς τόσο αὐξάνει ὁ συντελεστής ὡριαίας αἰχμῆς [6,7] . Ἐπίσης ὅταν γίνεται χρήση τοῦ νεροῦ ἀπό βιομηχανίες τότε ἡ τιμή τοῦ συντελεστοῦ ὡριαίας αἰχμῆς μειώνεται.

Μερικές τιμές τοῦ συντελεστοῦ ὡριαίας αἰχμῆς πού ἀναφέρονται στή βιβλιογραφία εἶναι οἱ ἑξῆς:

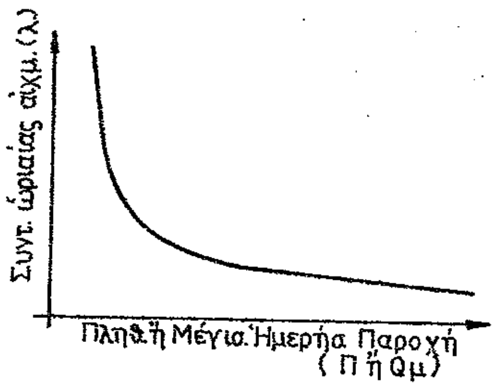
Ὁ Steel[6] ἀναφέρει ὅτι ἡ μέγιστη ὡριαία παροχή εἶναι πιθανῶς περίπου τό 150% τῆς μέσης ὡριαίας τῆς ἴδιας ἡμέρας καί ὅτι συμπεράσματα μιᾶς μελέτης τοῦ Wolf (1957) ἔδειξαν σέ προάστια ὅτι οἱ τιμές τῆς ὡριαίας αἰχμῆς ἔφθασαν μέχρι τό 10πλάσιο τῆς μέσης ὡριαίας. Οἱ A.Twort -R.Hoather- F.Law ἀναφέρουν συντελεστές πού κυμαίνονται ἀπό 1,90 γιά πληθυσμούς 500.000 κατοίκων μέχρι 3,0 γιά πληθυσμό 500 κατοίκων καί πού ἀναφέρονται στό λόγο τῆς ὡριαίας καταναλώσεως πρός τή μέση ἐτήσια κατανάλωση σέ περιοχές τοῦ Leicester καί σύμφωνα μέ ἔρευνα τοῦ Adams (1955). Οἱ τιμές αὐτές δίδονται σέ συνάρτηση καί μέ τό χαρακτῆρα τῆς περιοχῆς, π.χ. καθαρῆς κατοικίας ἤ κυρίως κατοικίας ἤ κατοικίας μαζί μέ βιομηχανίες κλπ. σέ διάγραμμα καί εἶναι πολύ χαρακτηριστική ἡ μείωση τοῦ συντελεστοῦ λ σέ συνάρτηση μέ τήν αὔξηση τοῦ πληθυσμοῦ. Ἐπίσης ἀναφέρονται τιμές τοῦ λ μεταξύ 1,1 καί 4,0 σέ σχέση μέ τήν μέση ἡμερήσια τῆς ἴδιας ἡμέρας.

Οἱ Fair-Geyer-Okun ἀναφέρουν ἕνα συντελεστή μεταξύ 2,00 καί 3,00 καί ἕνα μέσο ὅρο 2,5. Ὁ M.Hammer [4] ἀναφέρει συντελεστές μεταξύ 1,5 μέχρι 10,0 στίς πολύ ἀκραῖες περιπτώσεις καί δίδει ἕνα μέσο ὅρο 3,0. Ὁ J.W.Clark [1] ἀναφέρει τιμές τοῦ λ μεταξύ 1,5 ἕως 12. Ὁ Cauvin καί Didier [2] προτείνουν γιά ἐφαρμογή τιμές τοῦ λ. μεταξύ 3,0 καί 4,0.

Σέ μιά σχετική δημοσίευση τοῦ Δ.Χριστούλα [9] προτείνονται τιμές πού κυμαίνονται ἀπό 3,80 μέχρι περίπου 8.20. Στήν ἐργασία αὐτή ἔγινε μιά προσπάθεια καθορισμοῦ τῶν παραμέτρων τῆς μέγιστης ὡριαίας παροχῆς πού θεωρήθηκε ὅτι ἀκολουθεῖ ὅπως καί στά ἀρδευτικά δίκτυα τήν κανονική κατανομή δηλαδή ὅτι ἐκφράζεται μέ τόν πρῶτο τύπο τοῦ Clement. Στή συνέχεια στήν ἴδια ἐργασία δόθηκαν σέ ειδικές περιπτώσεις καί σχέσεις καθορισμοῦ τοῦ συντελεστοῦ λ.

Οἱ παραπάνω τιμές πού ἀναφέρονται δίδουν μιά εἰκόνα τῆς εὐρείας διακυμάνσεως τοῦ συντελεστοῦ λ οἱ ὁποῖες δέν εἶναι εὔκολο νά τοποθετηθοῦν σέ ὡρισμένα πλαίσια. Πάντως γιά κάθε συγκεκριμένη περίπτωση εἶναι δυνατό ὁ μελετητής νά ἐρευνᾶ τό θέμα τοῦ καθορισμοῦ ἑνός συντελεστοῦ ὡριαίας αἰχμῆς λ σέ συνάρτηση μέ τόν ἐξυπηρετούμενο πληθυσμό (στόν ὁποῖο ἀνάγονται ὅλες οἱ ἀνάγκες σέ νερό) ἤ ἀκόμα καί σέ συνάρτηση μέ τήν μέση παροχή καταναλώσεως κατά τήν ἡμέρα αἰχμῆς.

Δηλαδή ἄν μπορούσαμε κάθε φορά νά καθορίζουμε ἕνα διάγραμμα τῆς μορφῆς τοῦ σχήματος 2.1 ἤ ἀκόμα καί μιά σχέση $\lambda=\lambda(\Pi$ ἤ $Q_\mu)$ τότε ἀπό τή σχέση(1) θά εἴχαμε σέ κάθε θέση τοῦ δικτύου τήν τιμή τῆς ὡριαίας αἰχμῆς κατά τήν ἡμέρα τῆς μέγιστης καταναλώσεως.



Σχ.2.1.

Παρατηρεῖται ἐπίσης ὅτι γενικά στή βιβλιογραφία ἀποφεύγεται νά δοθοῦν κανόνες προσδιορισμοῦ τοῦ συντελεστῆ λ καί ἀφίνεται αὐτό νά ἐκτιμιέται ἀπό τόν μελετητή σέ κάθε συγκεκριμένη περίπτωση.

3. ΟΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΕΑΤΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ὅπως ἀναφέρεται καί στήν εἰσαγωγή τοῦ παρόντος μέρους, γίνεται δεκτό ὅτι οἱ ἀπώλειες φορτίου ἀκολουθοῦν τίς ἐξισώσεις πού βρέθηκαν στό πρῶτο καί δεύτερο μέρος τῆς παρούσας γιά τά ἀρδευτικά δίκτυα δηλαδή:

$$h=\Sigma K_i\left[\mu_i^{\alpha}+\frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\mu_i^{\alpha-2}\sigma_i^2+\varepsilon.\rho.\alpha.\mu_i^{\alpha-1}\sigma_i\right] \qquad (3)$$

ὅπου μ_i, σ_i = μέση τιμή καί τυπική ἀπόκλιση τῆς παροχῆς στό τμῆμα i τοῦ δικτύου πού ὑπολογίζονται ἐφαρμόζοντας τίς σχέσεις (3) καί (4) τοῦ κεφ. 1 τοῦ Α΄ μέρους.

ε = τυποποιημένη τυχαία μεταβλητή κανονικῆς κατανομῆς

α = περίπου 1,76 ἕως 2,00

$0{,}707 \leq \rho \leq 1{,}0$

K_i = συντελεστής πού δίδεται ἀπό τίς σχέσεις (9) καί (10) τοῦ Α΄ μέρους δηλαδή

$$K = C_o.D^{-\beta}.l$$

ὅπου C_o = σταθερός συντελεστής πού ἐξαρτιέται μόνο ἀπό τήν ποιότητα τῶν σωλήνων

D = διάμετρος τοῦ ἀγωγοῦ.

l = μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ

Στή συνέχεια ἄν τήν ποσότητα πού εἶναι μέσα στήν παρένθεση τῆς σχέσεως (3) τήν ὀνομάσουμε σάν (Q_i^{α}) θά ἔχουμε

$$h=\Sigma K_i Q_i^{\alpha} \qquad (3\alpha)$$

ὅπου ὅμως σύμφωνα μέ τίς ἐκτιμήσεις πού ἔγιναν στό Α΄ μέρος ἡ παροχή (Q_i) πού ὀνομάζεται "ἰδεατή παροχή" σχεδιασμοῦ μπορεῖ νά λαμβάνεται πάντοτε μέ ἱκανοποιητική προσέγγιση,

$$\text{σάν}\quad Q_i = \left[\mu_i^2+\sigma_i^2+\varepsilon.(2\rho.\mu_i\sigma_i)\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (4)$$

δηλαδή ὁποιαδήποτε σχέση ὑπολογισμοῦ τῶν γραμμικῶν ἀπωλειῶν καί ἄν χρησιμοποιοῦμε.

Μέ τή σχέση (4) μποροῦμε πλέον νά σχεδιάσουμε τό δίκτυο ἐφαρμόζοντας σάν παροχές τίς παροχές Q_i πού εἶναι βέβαια ἰδεατές καί δέν πληροῦν τό νόμο τῆς συνεχείας σέ κάθε κόμβο. Τό θέμα ὅμως εἶναι ὅτι στήν περίπτωση τῶν δικτύων ὑδρεύσεως εἶναι δύσκολος ὁ καθορισμός τῶν μ_i καί σ_i ὅπως ἀναφέρθηκε στήν εἰσαγωγή.

Προχωρώντας μέ βάση τή σχέση (4) παρατηροῦμε ὅτι γιά δίκτυα ὑδρεύσεως πού στό πλεῖστον εἶναι βροχωτά ὁ συντελεστής $\rho \simeq 0{,}75$. Ἐπίσης θά πρέπει νά λάβουμε ὑπόψη ὅτι γιά ποιότητα λειτουργίας $\varphi \simeq 0{,}98$ τό $\varepsilon \simeq 2{,}00$. Ἑπομένως ἡ σχέση (4) μπορεῖ νά γραφτεῖ μέ ἱκανοποιητική προσέγγιση,

$$Q_i \cong \mu_i + 1{,}28.\sigma_i \qquad (5)$$

Δηλαδή $\qquad \varepsilon=1{,}28 \quad (\varphi=0{,}90)$.

Ἡ προσέγγιση εἶναι εὔκολο νά διαπιστωθεῖ ἄν ἡ σχέση (4) γραφτεῖ στή μορφή $Q_i=\mu\,(1+C_v^2+\varepsilon.2\rho.C_v)^{1/2}$ καί γιά $\varepsilon \simeq 2{,}00$ καί $\rho \simeq 0{,}75$, δοθοῦν διάφορες τιμές στόν συντελεστή μεταβολῆς τῶν παροχῶν C_v, ὁπότε οἱ ἀντίστοιχες τιμές Q_i μπορεῖ νά συγκριθοῦν μέ τίς τιμές $Q_i=\mu_i(1+1{,}28C_v)$ τῆς σχέσεως (5). Παρατηρεῖται μάλιστα ὅτι ἡ σχέση (5) ἐφαρμόζεται ἔστω καί ἄν ὁ συντελεστής ρ μεταβληθεῖ σημαντικά, π.χ. ἄν πλησιάσει τήν τιμή $\rho \simeq 1{,}0$.

Ἡ κατάληξη λοιπόν εἶναι ὅτι γιά τά ἐσωτερικά δίκτυα ὑδρεύσεως πρέπει νά θεωροῦνται σάν παροχές σχεδιασμοῦ οἱ "ἰδεατές παροχές" τῆς σχέσεως (5). Τότε τό πιθανοθεωρητικό μοντέλο μετατρέπεται σέ αἰτιοκρατικό καί οἱ ἀπώλειες φορτίου πού προκύπτουν ἀπό τή σχέση (3α) εἶναι ἀκριβῶς ἐκεῖνες πού ἀντιστοιχοῦν στήν ἐπιθυμητή ποιότητα λειτουργίας ($\varphi \approx 0{,}98$).

Καθορίζοντας τίς παροχές σχεδιασμοῦ μέ τή σχέση (5) ἀποφεύγονται οἱ ἐμπειρικές κατανομές τῆς ὁλικῆς παροχῆς πού προτείνονται [9] σχετικά.

Στή συνέχεια πιό κάτω δίδονται μερικά στοιχεῖα καθορισμοῦ τῶν παραμέτρων τῆς ἰδεατῆς παροχῆς Q_i τῆς σχέσεως (5).

$$\mu_i = \sum_{1}^{i} R_i P_i q_{oi} \tag{6}$$

$$\sigma_i = \sum_{1}^{i} \left[R_i P_i (1-P_i) q_{0i}^2 \right]^{1/2} \tag{6α}$$

Τό συνολικό πλῆθος τῶν κρουνῶν μπορεῖ νά ἐκφρασθεῖ κατά προσέγγιση σάν πηλῖκο τοῦ συνολικοῦ πληθυσμοῦ Π_i μέ ἕνα μέσο πλῆθος μελῶν κατά οἰκογένεια Π_o δηλαδή

$$R_i = \frac{\Pi_i}{\Pi_o} \tag{7}$$

Συνήθως $\Pi_o \approx 3{,}0$ ἕως 3,5

Ἡ πιθανότητα λειτουργίας ἑνός κρουνοῦ θά θεωρηθεῖ ἴση μέ [9]

$$R_i = \frac{t_i}{T} = \frac{q_i}{q_{oi}} \tag{8}$$

ὅπου q_{oi} = παροχή λειτουργίας τοῦ κρουνοῦ, π.χ. 0,20 λ/δλ ἤ 0,30 λ/δλ κ.ο.κ.

q_i = μέση παροχή πού ἀπαιτεῖται γιά νά συγκεντρωθεῖ μιά ποσότητα νεροῦ καταναλώσεως κατά τή διάρκεια T τῆς περιόδου αἰχμῆς, π.χ. T= μεταξύ 3,0 ἕως 6,0 ὡρῶν.

t_i,T= χρόνος λειτουργίας ἑνός κρουνοῦ, διάρκεια περιόδου αἰχμῆς

Βέβαια οἱ πιό πάνω σχέσεις (7) καί (8) μπορεῖ νά τροποποιηθοῦν ἀπό τόν κάθε μελετητή καί γιά τήν κάθε συγκεκριμένη περίπτωση ὥστε νά προσαρμοσθοῦν ὅσο τό δυνατό καλλίτερα στά δεδομένα κάθε μελετωμένης περιοχῆς. Ἐπίσης εἶναι δυνατός ὁ διαχωρισμός σέ κατηγορίες τῶν κρουνῶν [9], π.χ. λουτῆρος, κουζίνας, κήπου κλπ. καί ἡ ποσοστιαία ἐκτίμηση τῶν οἰκογενειῶν μέ 1,2,3,4,5 κλπ, μέλη σύμφωνα βέβαια καί μέ τά ὑπάρχοντα στατιστικά στοιχεῖα. Χρήσιμα στοιχεῖα ὡς πρός τή μεθοδολογία καθορισμοῦ τιμῶν μ καί σ μέ ὡρισμένες βέβαια παραδοχές περιέχονται στήν σχετική [9] ἐργασία τοῦ Δ. Χριστούλα.

Ἡ σχέση (5) γράφεται

$$Q=\mu\left[1+1{,}28C_v\right] \qquad (9)$$

ὅπου

$$C_v=\frac{\sigma}{\mu}=\left[\frac{1-p}{R.p}\right]^{1/2} \qquad (10)$$

Ἀπό τή σχέση (7) μποροῦμε νά δεχθοῦμε κατά μέσο ὅρο ὅτι:

$$R = 0{,}31\ \Pi$$

δηλαδή

$$C_v\simeq 1{,}80\left(\frac{1-p}{p}\right)^{1/2}\cdot\frac{1}{\sqrt{\Pi}}=\frac{c}{\sqrt{\Pi}} \qquad (11)$$

ὅπου

$$C_o=1{,}80\left(\frac{1-p}{p}\right)^{1/2}$$

Γιά ἁπλές περιπτώσεις ὅπου δέν ἔχουμε κήπους γιά πότισμα μποροῦμε νά δεχθοῦμε τελείως προσεγγιστικά (δεχόμενοι ἰσοπίθανους κρουνούς σταθερᾶς παροχῆς q_o=0,20λ/δλ καί ἀμελοῦντες τήν ἐπιρροή τοῦ ἀριθμοῦ μελῶν κάθε οἰκογένειας)

$$\mu \simeq (0{,}31\Pi).(0{,}20).p \simeq 0{,}062.p.\Pi$$

ὁπότε ἡ (9) γίνεται:

$$Q \simeq 0{,}062.p.\Pi\left[1+\frac{1{,}28.C_o}{\sqrt{\Pi}}\right] \tag{12}$$

Ἀπό τή σχέση (12) καί τήν (2) θά ἔχουμε

$$\lambda \cong \frac{5357}{q_\varepsilon}\,p.\left[1+\frac{1{,}28.C_o}{\sqrt{\Pi}}\right]$$

ἤ ἄν θέσουμε:

$$\lambda_o = \frac{5357}{q_\varepsilon}\,.p \tag{13}$$

$$\text{καί } 1{,}28.1{,}80\left(\frac{1-p}{p}\right)^{\frac{1}{2}} = 1{,}28C_o = C \tag{13α}$$

$$\text{θά ἔχουμε } \lambda = \lambda_o\left[1+\frac{C}{\sqrt{\Pi}}\right] \tag{14}$$

Παρόμοια γενική σχέση πάντως θά ἔχουμε ἄν δεχθοῦμε ὅτι ὑπάρχουν ἀντίστοιχες ἐπιφάνειες κήπων γιά πότισμα σέ κάθε κατοικία.

Ἡ σχέση (14) μπορεῖ νά ἐφαρμόζεται ἀπό τόν κάθε μελετητή μέ τόν καθορισμό τῶν συντελεστῶν λ_o καί C σέ κάθε συγκεκριμένη περίπτωση.

Πάντως γιά τίς συνθῆκες πού ἐπικρατοῦν στή χώρα μας θά μποροῦσε νά ληφθοῦν οἱ πιό κάτω συντελεστές, οἱ ὁποῖοι δίδονται μέ δικές μας ἐκτιμήσεις, λαμβάνοντας ὑπόψη πάντοτε καί μιά μελλοντική ἐξέλιξη.

- Γιά χωριά ἀγροτικῆς μορφῆς

λ_o=3,0 ἕως 4,0

C=8,0 ἕως 10,0

Οἱ μεγάλες τιμές τοῦ λ_o καί C ἀναφέρονται σέ πολύ μικρούς πληθυσμούς.

- Γιά κωμοπόλεις ἡμιαγροτικῆς ἤ ἡμιαστικῆς μορφῆς:

λ_o =2,0 ἕως 3,0

C =7,0 " 9,0

Κατά μέσο ὅρο μπορεῖ νά λαμβάνεται λ_o=2,50 καί C≈8,0

- Γιά μεγαλύτερες πόλεις (ἀστικά κέντρα) μπορεῖ νά λαμβάνεται:

λ_o =1,75 ἕως 2,25 ἤ 2,50 (κατά μέσο ὅρο λ_o=2,0

C =7,00 " 8,00 ἤ καί 9,0

Πρέπει πάντως ὁ μελετητής νά προσέχει στήν ἐκτίμηση τῶν ὡριαίων παροχῶν κεντρικῶν τροφοδοτικῶν ἀγωγῶν ἐσωτερικῶν δικτύων, διότι ἡ ὑπερεκτίμηση τοῦ συντελεστοῦ λ μπορεῖ νά δώσει ἀντιοικονομικά ἀποτελέσματα. Στίς περιπτώσεις αὐτές πρέπει ὁ μελετητής νά ἔχει ὑπόψη του ὅτι ὁ συντελεστής λ εἶναι μειωμένος καί γιαυτό πρέπει ἡ ἐκτίμηση νά γίνει προσεκτικά.

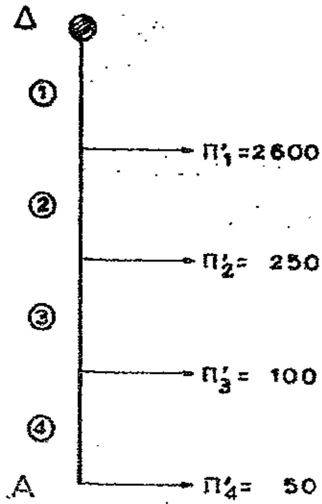
Γιά παράδειγμα δίδουμε τό ἁπλό δίκτυο τοῦ σχήματος 3.1.

Τμῆμα 1: l_1=1500 μ. , Φ150 , K_1=73,9
" 2: l_2= 250 μ. , Φ 80 , K_2=249,4
" 3: l_3= 150 μ. , Φ 80 , K_3=149,7
" 4: l_4= 200 μ. , Φ 80 , K_4=199,5

Καθορίζουμε γιά ειδική κατανάλωση K=250λ/κατ/ημ καί δεχόμαστε γιά τήν ἡμέρα αἰχμῆς ὅτι q_ε=1.5X250=375 λ/κατ/ημ.

Ἄρα ἀπό τή σχέση $Q_\mu = \frac{\Pi q_\varepsilon}{86.400}$ βρίσκουμε γιά κάθε τμῆμα τήν μέση παροχή τῆς ἡμέρας αἰχμῆς.

Ἀντίστοιχα ἄν δεχθοῦμε ὅτι ὁ συντελεστής $\lambda=250(1+\frac{8,0}{\sqrt{\Pi}})$, δηλαδή λ=2,50 καί C=8,0 θά ἔχουμε:



Σχ.3.1

Μέση παροχή (λ/λδ)					Παροχή σχεδιασμοῦ(λ/δλ)		
	στό	τμῆμα	1:13,02,	λ_1=2,86			Q=37,24
""	"	"	2: 1,74,	λ_2=3,50	""	"	"= 6,09
""	"	"	3: 0,65,	λ_3=4,13	""	"	"= 2,68
""	"	"	4: 0,22,	λ_4=5,33	""	"	"= 1,17

Ἔτσι οἱ ἀπώλειες φορτίου στό τμῆμα (Δ-Α) θά ὑπολογισθοῦν στή συνέχεια μέ τή σχέση $h=\Sigma(KQ^2)\cong 0,118$ μ. ἤ γενικά μέ τή σχέση : $h=\Sigma KQ^\alpha$.

Ἄν θεωρηθεῖ σκόπιμο ἀπό τόν μελετητή στά τελευταῖα τμήματα μέ τό μικρό πληθυσμό εἶναι δυνατό νά ληφθεῖ μεγαλύτερο λ_o καί C ἄν καί αὐτό δέν θά ἀλλάξει οὐσιαστικά τήν κατάσταση μιά καί διατηροῦνται ἐλάχιστες τιμές διαμέτρων, π.χ. Φ80.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Γιά τόν σχεδιασμό ἑνός ἐσωτερικοῦ δικτύου ὑδρεύσεως μποροῦμε νά χρησιμοποιήσουμε τά συμπεράσματα τοῦ Α.' καί Β.' μέρους αὐτῆς τῆς ἐργασίας.

(α) Ἔτσι μποροῦμε νά ἐφαρμόζουμε σάν παροχές σχεδιασμοῦ σέ κάθε τμῆμα τοῦ δικτύου τίς παροχές πού δίδει ἡ σχέση (9)

$$Q = \mu \left[1+1,28\ C_v\right]$$

ὅπου C_v = ὁ συντελεστής μεταβολῆς τῶν παροχῶν = $\frac{\sigma}{\mu}$

μ,σ = μέση τιμή καί τυπική ἀπόκλιση τῆς παροχῆς πού θά πρέπει κανονικά νά ὑπολογίζονται γιά κάθε συγκεκριμένη περίπτωση μετά ἀπό σχετική ἔρευνα καί ἐφαρμογή τῶν σχέσεων (6) καί (6α).

Οἱ ἀσάφειες στό σχεδιασμό ἐσωτερικῶν δικτύων ἔχουν ἐπι - σημανθεῖ στήν εἰσαγωγή τῆς παρούσας ἐργασίας, ἀλλά μέχρι νά βρεθεῖ κάποιος πιό σαφής τρόπος ἤ ἀλγόριθμος καθορισμοῦ τῶν παροχῶν ὑπολογισμοῦ ἀσφαλῶς τό παρόν τρίτο μέρος καλύπτει μερικές πτυχές τοῦ ὑφιστάμενου προβλήματος.

(β) Οἱ τιμές πού δίδονται ἀπό τίς σχέσεις (13) καί (14) γιά τό συντελεστή λ ὡριαίας αἰχμῆς μπορεῖ κάθε φορά νά ἐρευνῶνται ἀπό τούς μελετητές ἐσωτερικῶν δικτύων γιά τόν καθορισμό τῶν παραμέτρων λ_o καί C.

Μερικές ἐνδεικτικές τιμές λ_o καί C πού δίδονται στό κε - φάλαιο 3 γιά τήν ἐφαρμογή τῆς σχέσεως (14)

$$\lambda=\lambda_o \left[1+ \frac{C}{\sqrt{\Pi}}\right]$$

μπορεῖ νά χρησιμοποιοῦνται ἀπό τούς μελετητές στίς τυπι - κές περιπτώσεις οἰκισμῶν τοῦ Ἑλληνικοῦ χώρου.

Πρέπει νά τονισθεῖ βέβαια τό γεγονός ὅτι γιά πολύ μικρούς πληθυσμούς ὁ καθορισμός μιᾶς ἐλάχιστης καί μόνο διαμέτρου, π.χ. Φ80 καλύπτει πολύ μεγάλους συντελεστές αἰχμῆς.

Ἐπίσης, ὅπως γράφτηκε καί στό κεφάλαιο 3, θά πρέπει οἱ μελετητές μέ μεγάλη προσοχή νά ἐκτιμοῦν τόν συντελεστή ὡριαίας αἰχμῆς λ γιά κεντρικούς τροφοδοτικούς ἀγωγούς μεγάλης παροχῆς ὥστε νά ἀποφεύγουν τόν ὑπερσχεδιασμό.

Ἡ πιό πάνω σχέση $\lambda=\lambda_o(1+\frac{C}{\sqrt{\Pi}})$ μπορεῖ νά μετατραπεῖ στή σχέση:

$$\lambda=\lambda_o(1+\frac{C'}{\sqrt{Q_\mu}})$$

ἄν λάβουμε ὑπόψη ὅτι

$$Q_\mu=\frac{\Pi . q_\varepsilon}{86400}$$

ὅπου Π = ὁ ἐξυπηρετούμενος πληθυσμός

q_ε= μέγιστη κατανάλωση ἀνά κάτοικο καί ἡμέρα.

Q_μ= μέση παροχή καταναλώσεως τήν ἡμέρα μέγιστης αἰχμῆς.

Πρέπει νά σημειωθεῖ ἐδῶ ἡ ὁμοιότητα τῆς πιό πάνω σχέσεως ὑπολογισμοῦ τοῦ συντελεστοῦ λ μέ τή σχέση ὑπολογισμοῦ τοῦ ἀντίστοιχου συντελεστοῦ αἰχμῆς τῶν παροχῶν ὑπολογισμοῦ δικτύων ἀκαθάρτων ἡ ὁποία σύμφωνα μέ τίς Ἑλληνικές προδιαγραφές εἶναι $3{,}0\geq\lambda=\alpha+\frac{\beta}{q_m^{1/2}}$ ὅπου συνήθως τό α=1,50 , β= 2,50 καί

q_m=0,80×(μέγιστη ἡμερήσ. παροχή ὑδρεύσεως). Ἐπίσης εἶναι ἀξιοσημείωτος ὁ τρόπος ἐφαρμογῆς τῶν παροχῶν σχεδιασμοῦ σέ δίκτυα ἀκαθάρτων, ὅπου οἱ ὑπολογιζόμενες παροχές αἰχμῆς σέ κάθε τμῆμα ἀγωγοῦ ἐφαρμόζονται παρόμοια μέ τίς " ἰδεατές παροχές" πού προτείνονται ἐδῶ στά ἐσωτερικά δίκτυα ὑδρεύσεως. Πάντως καί στή διεθνῆ βιβλιογραφία βρίσκει κανείς παρόμοιες σχέσεις ὑπολογισμοῦ τοῦ συντελεστοῦ λ σέ δίκτυα ὑπονόμων ὅπου τό μέγεθος του μειώνεται μέ τήν αὔξηση τοῦ πληθυσμοῦ.

(γ) Τελικά γιά τίς ἐφαρμογές ὅταν πρόκειται νά γίνει ἡ ἐκτίμηση τῶν παροχῶν σχεδιασμοῦ καλό θά εἶναι νά συντάσσεται ἀπό τούς μελετητές ἕνα διάγραμμα λ∃(Π ἤ Q_{μ}) τῆς μορφῆς πού ἐμφανίζεται στό σχῆμα 2.1. Βέβαια δέν εἶναι ἀναγκαῖο ἡ καμπύλη αὐτή τοῦ σχήματος 2.1 νά προκύπτει ἀπό μιά ἑνιαία ἀναλυτική σχέση λ∃(Π ἤ Q_{μ}), ἀλλά μπορεῖ νά ἀποτελεῖται καί ἀπό περισσότερες τέτοιες καμπύλες πού κάθε μιά ἰσχύει [illegible] σέ ἕνα διάστημα τιμῶν Π ἤ Q_{μ}. Οἱ καμπύλες αὐτές μπορεῖ νά συναρμολογοῦνται κατάλληλα ἀπό τόν μελετητή τοῦ κάθε συγκεκριμένου ἔργου ὁ ὁποῖος εἶναι πιθανό νά λαμβάνει ὑπόψη γιά τήν κατασκευή ἑνός τέτοιου διαγράμματος καί διάφορες ὁριακές τιμές πού ἐνδεχομένως θεωρεῖ ἀπαραίτητες στή διαμόρφωση μιᾶς ρεαλιστικῆς σχέσεως μεταξύ τοῦ συντελεστοῦ ὡριαίας αἰχμῆς καί τῆς ἀντίστοιχης τιμῆς Π ἤ Q_{μ}.

(δ) Μέ τήν παροῦσα προσπάθεια καθορίζονται οἱ ἰδεατές παροχές σχεδιασμοῦ σέ ἐσωτερικά δίκτυα ὑδρεύσεως. Οἱ παροχές αὐτές καθιστοῦν αἰτιοκρατικό ἕνα πιθανοθεωρητικό πρόβλημα καί ἐφαρμόζονται σέ κάθε τμῆμα τοῦ δικτύου σέ συνάρτηση μέ τόν πληθυσμό ἤ συνήθως μέ τήν παροχή Q_{μ} τῆς σχέσεως (1). Βέβαια μέ τήν ἐφαρμογή τῶν παροχῶν αὐτῶν γιά τόν σχεδιασμό δέν ὑπάρχει ἰσορροπία προσερχομένων καί ἀπερχομένων παροχῶν σέ κάθε κόμβο γιαυτό ἐξάλλου τίς ὀνομάζουμε καί "ἰδεατές". Πρέπει ὅμως νά ἔχουμε ὑπόψη ὅτι ἐφαρμόζοντας αὐτές τίς "ἰδεατές παροχές" στά διάφορα τμήματα τοῦ δικτύου κατορθώνουμε νά προσεγγίζουμε ἱκανοποιητικά σέ ὁποιαδήποτε διαδρομή ἐ -

κεῖνες τίς ἀπώλειες φορτίου οἱ ὁποῖες ἀντιστοιχοῦν σέ μιά ὡρισμένη ποιότητα λειτουργίας πού στά ἐσωτερικά δίκτυα μπορεῖ νά καθορισθεῖ σέ φ=0,98 περίπου.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. CLARK J. " Water Supply and Pollution Control" 2nd edition Int.textbook Company 1971.

2. CAVVIN A.-DIDIER G." Distribution d'eau dans les agglome - rations" Ed. Eurolles-1963

3. FAIR, GEYER, OKUN. Vol.1. "Water and Wastewater Enginearig" J.Willey and Sons 1966.

4. HAMMER M. " Water and Waste-water Technology" J.Wiley and Sons 1975.

5. MANAS " National Plumbing Code Handbook" Mc Graw Hill,1960

6. STEEL E. " Water Supply and Sewarage" Mc Graw-Hill,1960.

7. THORT A.-HOATHER R.-LAW F. " Water Supply", Endward Arn - old L.t.d. 1963.

8. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ " Ὑπολογισμός ἐξωτερικῶν ἀγωγῶν,ἐσωτερικῶν δικτύων καί δεξαμενῶν ὑδραγωγείων Δήμων καί Κοινοτήτων" Ἐγκύκλιος 43689/92/8.5.1965.

9. ΧΡΙΣΤΟΥΛΑΣ Δ. " Παροχαί σχεδιασμοῦ ἐσωτερικῶν δικτύων ὑδρεύσεως ἀστικῶν οἰκισμῶν" Τεχνικά Χρονικά, Τευχ.12 Δεκέμβριος 1970.

ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ

Q, q, q_o = παροχή, μέση παροχή άρδεύσεως άγροτεμαχίου έντός άρδευτικής ήμέρας, όνομαστική παροχή στομίου ύδροληψίας.

B = βαθμός έλευθερίας $= \frac{q_o}{q}$

φ = ποιότητα λειτουργίας $= \frac{1}{B}$

N = πλήθος άνοιχτών στομίων ύδροληψίας

R = συνολικό πλήθος στομίων ύδροληψίας πού έξυπηρε - τεΐται άπό μιά έξεταζόμενη θέση-'Υδραυλική άκτίνα

p = πιθανότητα λειτουργίας στομίου ύδρολφψίας

μ = μέση τιμή παροχής

σ = τυπική άπόκλιση τής παροχής

ε = τυποποιημένη τυχαία μεταβλητή κανονικής κατανομής

h = άπώλειες ένέργειας σέ κλειστούς σωληνωτούς άγω - γούς

f = σ τελεστής τριβών

u = μέση ταχύτητα μέσα στούς σωληνωτούς άγωγούς

C, C_o, K, γ = σ''ντελεστές

D = έσωτερική διάμετρος σωληνωτοΰ άγωγοΰ

S = κ'ίση γραμμής ένεργείας

L, l =] ίκη άγωγών

x, y = έ.θέτες ή άγνωστες μεταβλητές

N_R = ά ιθμός Reynolds

n = συντελεστής τραχύτητας

α, β = άριθμητικοί έκθέτες

$P(X \leq x)$ = πιθανότητα όπως $X \leq x$

$P(X=x) = p(x)$ = πιθανότητα όπως $X=x$

C_v = συντελεστής μεταβολής παροχών

$u, u(\varphi)$ = τυποποιημένη τιμή τής άπώλειας φορτίου $= \frac{h-m}{s}$, τιμή τυποποιημένης κατανομής πού ἀντιστοιχεῖ σέ μιά τιμή φ.

m = μέση τιμή ἀπώλειας φορτίου

s = τυπική ἀπόκλιση ἀπώλειας φορτίου

H = ὑψόμετρο

F(x),g(y),f(x)= συναρτήσεις τῶν x_i ἤ y_i

Δ,δ = δαπάναι ἀγωγῶν

A = μήτρα ἤ σταθεροί συντελεσταί ἤ συνάρτηση τῶν K_i, μ_i, σ_i

B = σταθερός συντελεστής ἤ συνάρτηση.