

ΑΡΧΕΙΟ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΔΗΜΟΣ ΞΑΝΘΗΣ  
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

ΕΡΓΟ:

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΖΟΓΕΦΥΡΑΣ ΚΙΜΜΕΡΙΩΝ

ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΜΕΛΕΤΩΝ:

Σύμπραξη Γραφείων

Φώτιος Κανδύλας, Πολιτικός Μηχανικός  
Νικόλαος Ταγρές, Πολιτικός Μηχανικός  
Δημήτριος Καραμπατάκης, Πολιτικός Μηχανικός  
Σοφία Ιωαννίδου, Αγρ.Τοπογράφος Μηχανικός  
Δημήτριος Τρούλλος, Μηχανολόγος Μηχανικός  
Απόστολος Τζηρίνης, Γεωλόγος

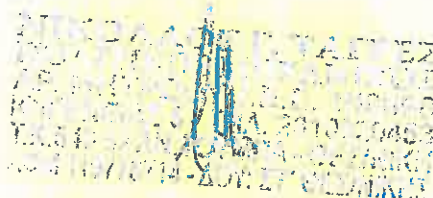
ΜΕΛΕΤΗ: ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ

ΣΤΑΔΙΟ ΜΕΛΕΤΗΣ: ΟΡΙΣΤΙΚΗ

ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΕΛΕΤΗΣ:

ΥΠΟΓΡΑΦΗ-ΣΦΡΑΓΙΔΑ:

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΤΑΓΡΕΣ  
Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός  
Ιφιγενείας 5. ΤΚ 543 52  
Ανω Τούμπα, Θεσ/νίκη  
Τ: 2310 302835  
e\_mail: tagres@gmail.com



ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2019

ΤΙΤΛΟΣ ΤΕΥΧΟΥΣ:

Τεύχος Τεχνικής Έκθεσης -  
Υδραυλικών Υπολογισμών

ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΕΥΧΟΥΣ

ΥΔΡ.6

ΚΛΙΜΑΚΑ

ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑ

ΗΜ/ΝΙΑ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ

ΙΔΙΟΤΗΤΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ

Ξάνθη

Οι επιβλέποντες

ως προς τους συμβατικούς όρους 20/2/2020

Ευμορφία Παρδάλη

Πολιτικός  
Μηχανικός

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ

Ξάνθη

Ο Προϊστάμενος Τ.Μ.Ε.Σ.Υ.Ε.

20/2/2020

Αραβέλα Παπαδοπούλου

Αρχιτέκτων  
Μηχανικός

ΕΠΚΡΙΘΗΚΕ

Ξάνθη

20/3/2021

Ινά

Κατασκευαστική



## Περιεχόμενα

1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.....	2
1.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	2
1.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.....	3
2. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΟΗΣ ΣΕ ΑΓΩΓΟΥΣ ΟΜΒΡΙΩΝ - ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ.....	5
2.1. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΡΟΗΣ.....	5
2.2. ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	6
2.3. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΡΙΒΗΣ.....	8
2.3.1. CHEZY.....	8
2.3.2. DARCY-WEISBACH.....	9
2.3.3. MANNING.....	10
2.4. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ $n$ .....	11
2.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗΣ ΡΟΗΣ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΕ ΣΩΛΗΝΕΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ.....	12
2.6. ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ.....	15
2.7. ΜΕΓΙΣΤΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΠΛΗΡΩΣΗΣ.....	16
2.8. ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΚΛΙΣΕΙΣ.....	16
2.9. ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΡΟΗΣ ΚΑΙ ΚΛΙΣΕΙΣ.....	17
2.10. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ.....	18
2.11. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	19
3. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΜΒΡΙΩΝ.....	20
3.1. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΜΒΡΙΩΝ.....	20
3.1.1 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ.....	20
3.1.2. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑ.....	23
3.1.3. ΣΧΑΡΕΣ ΥΔΡΟΣΥΛΛΟΓΗΣ.....	23
3.1.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΓΩΓΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.....	25
4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	27

- Τηρήθηκαν όλες οι προδιαγραφές, οι κανονισμοί και οι τεχνικές οδηγίες που ισχύουν κατά το χρόνο σύνταξης της μελέτης.

# 1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

## 1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Με τον όρο όμβρια ύδατα, αναφέρονται τα νερά που προέρχονται από τη βροχή και τα οποία απορρέουν από τις διάφορες επιφάνειες κατά μήκος και κατά πλάτος των οδών, των πεζοδρομίων και των ακαλύπτων χώρων καθώς και από τις σκεπές των υφιστάμενων κτισμάτων της περιοχής. Τα νερά της βροχής συγκαταλέγονται στα λύματα, διότι δεν είναι τελείως καθαρά καθώς κατά τη διαδρομή τους συμπαρασύρουν διάφορα αντικείμενα, ουσίες και σκόνες που υπάρχουν στις επιφάνειες τις οποίες διαρρέουν. Η συλλογή-απομάκρυνση των υδάτων αυτών έχει ως σκοπό τη διαφύλαξη της δημόσιας υγείας.

Για τον υπολογισμό των διαστάσεων των έργων αποχέτευσης ομβρίων υδάτων και τη διαστασιολόγηση των επιμέρους στοιχείων αυτών είναι απαραίτητος ο καθορισμός της παροχής των ομβρίων ακαθάρτων που πρόκειται να αποχετευτούν.

### Τύποι κατακρημνίσεων ομβρίων υδάτων

Η βροχή, το χαλάζι και το χιόνι είναι οι διάφοροι τύποι των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων. Για τους υπολογισμούς των δικτύων αποχέτευσης κατά κύριο λόγο ενδιαφέρει η βροχόπτωση. Σε ορεινές περιοχές συμβαίνει τα νερά που σχηματίζονται από την τήξη των χιονιών να δημιουργήσουν, λόγω του όγκου τους, έκτακτες καταστάσεις. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις η ισχυρή βροχόπτωση δίνει τη δυσμενέστερη φόρτιση του δικτύου.

### Ποσότητα των βροχοπτώσεων

Οι βροχοπτώσεις χαρακτηρίζονται από τα παρακάτω μεγέθη:

1. Διάρκεια βροχόπτωσης  $T$ , συνήθως δίνεται σε πρώτα λεπτά.
2. Ύψος βροχόπτωσης  $N$ , δίνεται σε χλστ.

$$3. \text{ Ένταση βροχόπτωσης } i, \text{ δίνεται σε χλστ./λεπτ. και ορίζεται ως } i = \frac{N}{T} \quad (1.1)$$

4. Ειδική παροχή βροχόπτωσης δίνεται σε χλστ./λεπτ. και ορίζεται ως :

$$r = \frac{N(\text{χλστ.}) \times 10.000(\lambda / \text{εκτ.χλστ.})}{T(\text{λεπτ.}) \times 60(\delta\lambda. / \text{λεπτ.})} = 166,7 \frac{N}{T} = 166,7 i(\lambda / \delta\lambda.\text{εκτ.}) \quad (1.2)$$

Το μέγεθος αυτό συναντάται συνήθως στη γερμανική βιβλιογραφία.

5. Συχνότητα εμφάνισης βροχόπτωσης,  $n$  (1:έτη) που δείχνει πόσο συχνά κατά τη διάρκεια ενός έτους εμφανίζεται μία βροχόπτωση με τα ίδια χαρακτηριστικά στοιχεία. Η

διάρκεια  $T$  και το ύψος  $N$  των βροχοπτώσεων σε μια ορισμένη περιοχή καθορίζονται με ειδικά όργανα, τα βροχόμετρα και τους βροχογράφους. Για τα δίκτυα αποχέτευσης σημασία έχουν μόνο τα στοιχεία που συλλέγονται με βροχογράφους, επειδή το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στις βροχοπτώσεις μικρής διάρκειας και μεγάλης έντασης. Το νερό της βροχής που πέφτει στη συλλεκτήρια επιφάνεια του αγωγού εμβαδού 200εκ. καταλήγει σε κυλινδρικό δοχείο εξοπλισμένο με πλωτήρα, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με αυτόματο καταγραφέα. Όταν η στάθμη στο δοχείο φθάσει ένα αυτόματο σημείο γίνεται αυτόματα η εκκένωση του καθώς τίθεται σε λειτουργία ένας ενσωματωμένος σίφωνας. (φαινόμενο σιφωνισμού). Τα βροχόμετρα και οι βροχογράφοι τοποθετούνται περίπου 1 έως 1,5m πάνω από το έδαφος.

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων πολλών ετών των μεγεθών  $T$  και  $N$  εξάγονται συμπεράσματα για τη συχνότητα εμφάνισης των βροχοπτώσεων, τα οποία δίδονται σε μορφή διαγραμμάτων. Έπειτα από την στατιστική επεξεργασία των βροχομετρικών δεδομένων για όλη την επικράτεια που έχει γίνει στο πλαίσιο της σύνταξης των σχεδίων διαχείρισης των λεκανών απορροής ποταμών των υδατικών διαμερισμάτων της Ελλάδας έχουν προκύψει οι συναρτήσεις που εκφράζουν τις όμβριες καμπύλες ανά περιοχή.

## 1.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Η παροχή των ομβρίων υδάτων είναι ένα ποσοστό του όγκου των νερών μιας βροχόπτωσης κι αυτό επειδή ένα τμήμα του νερού εξατμίζεται ή απορροφάται από το έδαφος. Η παροχή υπολογίζεται με τη βοήθεια του συντελεστή απορροής  $\psi$  ως εξής:

$$\psi = \frac{Q_r}{F \cdot r} \quad \text{ή} \quad q_r = \psi \cdot r \quad (1.3)$$

όπου:  $Q_r$  = η μέγιστη παροχή ομβρίων στον αγωγό

$F$  = η επιφάνεια απορροής και

$r$  = η ειδική παροχή βροχόπτωσης

Ο συντελεστής απορροής  $\psi$  εξαρτάται κυρίως από το είδος της επιφάνειας απορροής. Από μια στέγη π.χ. το μεγαλύτερο ποσοστό των νερών της βροχής απορρέει ενώ αντίθετα από μια πρασιά πρακτικά η απορροή είναι ίση με το μηδέν. Ο μέσος συντελεστής απορροής μιας λεκάνης απορροής υπολογίζεται από τον τύπο :

$$\psi_m = \frac{\sum \psi_i F_i}{\sum F_i} = \frac{\psi_1 F_1 + \psi_2 F_2 + \dots}{F_1 + F_2 + \dots} \quad (1.4)$$

Στην αγγλική και αμερικάνικη βιβλιογραφία προτείνεται όπως ο συντελεστής απορροής υπολογίζεται ως εξής:

$$\psi_m = \frac{\Sigma F_{στ}}{\Sigma F} \quad (1.5)$$

όπου:  $\Sigma F_{στ}$  = το σύνολο των στερεοποιημένων επιφανειών (στέγες, οδοί, κ.τ.λ.)

$\Sigma F$  = συνολική επιφάνεια λεκάνης απορροής.

Η παραπάνω εξίσωση ισχύει μόνο αν δεχθούμε ότι το σύνολο των νερών της βροχής που πέφτει στις στερεοποιημένες επιφάνειες, καταλήγει στους υπονόμους ενώ αντίθετα από τις μη στερεοποιημένες επιφάνειες, καμία δε φθάνει σ' αυτούς. Η παραδοχή ισχύει μερικά διότι στις μεν στερεοποιημένες επιφάνειες παρουσιάζονται απώλειες νερού στις δε μη στερεοποιημένες επιφάνειες παρατηρείται μικρή απορροή ομβρίων.

Παλαιότερα ο συντελεστής απορροής θεωρείτο σταθερό μέγεθος. Αυτό δεν ανταποκρίνεται την πραγματικότητα επειδή επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του εδάφους, το χρόνο, την εποχή του έτους και άλλους παράγοντες. Π.χ. όταν το έδαφος είναι παγωμένο η απορροή ομβρίων είναι μικρότερη από όση είναι όταν είναι θερμό. Επίσης, κατά την αρχή μιας βροχόπτωσης η απορροή ομβρίων είναι μικρότερη από όση είναι μετά το πέρας της, επειδή η απορρόφηση νερού από το έδαφος εξαρτάται από το βαθμό κορεσμού του με το νερό.

Γενικά αποδείχθηκε ότι ο συντελεστής απορροής εξαρτάται τουλάχιστον από είκοσι παράγοντες. Ακριβής όμως υπολογισμός της τιμής του συντελεστή δε γίνεται κατά την εκπόνηση των μελετών, παρ'όλο που από τη σωστή εκτίμησή της εξαρτάται η παροχή ομβρίων με την οποία γίνεται ο υπολογισμός των διατομών των αγωγών και αυτό διότι η τιμή του συντελεστή  $\psi_m$  μεταβάλλεται με το πέρασμα του χρόνου, λόγω της οικοδόμησης των οικισμών. Επομένως εκ των πραγμάτων είμαστε υποχρεωμένοι να περιοριστούμε σε απλή εκτίμηση της τιμής του.

Για τον προσδιορισμό των παροχών των ομβρίων υδάτων που καταλήγουν στις **σχάρες υδροσυλλογής** και εν συνεχεία στους αγωγούς βαρύτητας, χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω μαθηματικός τύπος (ορθολογική μέθοδος), για περίοδο επανάληψης **T=25 έτη**:

$$\max Q = 0,278 \times c \times i \times F, \quad (1.6)$$

όπου:

**c**: ο στιγμιαίος συντελεστής απορροής της μέγιστης υδατοπαροχής με περίοδο επαναφοράς **T=25έτη**

$i$  : η ένταση της βροχόπτωσης που προκαλεί τη μέγιστη υδατοπαροχή, της οποίας η σχέση υπολογισμού αποτελεί την μαθηματική έκφραση της όμβριας καμπύλης της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος.

Για την περιοχή των Κιμμερίων, όπου επηρεάζεται η περιοχή μελέτης, όπως αυτή υπολογίστηκε στο τεύχος: "Όμβριες Καμπύλες" που συντάχθηκε στα πλαίσια του "Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης" (ΕΓΥ, ΥΠΕΚΑ, Ιούλιος 2018).

$$i = \frac{499,97 * (T^{0,151} - 0,671)}{(1 + t/0,082)^{0,708}} \text{ (mm/h)}, \quad (1.7)$$

$F$ : το εμβαδό της λεκάνης απορροής του κάθε τμήματος οδού ( $m^2$ ), όπως υπολογίστηκε στο συνημμένο σχέδιο Οριζοντιογραφίας λεκανών απορροής ομβρίων υδάτων (ΥΔΡ.1) της παρούσας μελέτης.

## 2. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΟΗΣ ΣΕ ΑΓΩΓΟΥΣ ΟΜΒΡΙΩΝ - ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ

### 2.1. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΡΟΗΣ

Οι ελληνικοί κανονισμοί για την αποχέτευση θεωρούν υποχρεωτικό το σχεδιασμό των αγωγών ομβρίων ως αγωγών με ελεύθερη επιφάνεια. Έτσι το ανώτερο τμήμα της γεωμετρικώς κλειστής διατομής τους δε συμμετέχει στη ροή από υδραυλική άποψη, διατίθεται όμως ως περιθώριο ασφαλείας και επιπλέον χρησιμοποιείται ώστε να διασφαλίζει τον αερισμό των αγωγών. Κανονισμοί άλλων χωρών επιτρέπουν την ολική πλήρωση των αγωγών ή ακόμη επιτρέπεται και μικρή πίεση (π.χ. 0,3m), κυρίως για τους αγωγούς ομβρίων. Αυτές βέβαια οι υπερβάσεις επιτρέπονται μόνο για τη μέγιστη παροχή αγωγών, θεωρώντας ότι σε όλες τις άλλες συνθήκες μικρότερων παροχών εξασφαλίζεται ικανοποιητικός αερισμός των αγωγών.

Σε κάθε περίπτωση πάντως, η εμφάνιση σημαντικής πίεσης στη ροή των αγωγών αποχέτευσης δεν είναι επιθυμητή, διότι έχει ως συνέπεια την αναστροφή ροής, από τους αγωγούς προς τις ιδιωτικές συνδέσεις ή τα φρεάτια των οδών, με δυσμενή επακόλουθα. Αντίθετα, στην περίπτωση κατασκευής ειδικών έργων, όπως καταθλιπτικών αγωγών, σιφώνων και σηράγγων, η λειτουργία υπό πίεση είναι αναπόφευκτη. Γίνεται εύκολα αντιληπτό, πως σε αγωγούς αυτού του τύπου δε γίνονται ιδιωτικές συνδέσεις.

Η ροή στους αγωγούς αποχέτευσης είναι μη μόνιμη, αφού οι παροχές συνεχώς μεταβάλλονται με το χρόνο. Όμως, κατά τη διαστασιολόγηση και τον έλεγχο τυπικών έργων αποχέτευσης, γίνεται η παραδοχή μόνιμων συνθηκών ροής. Αντιθέτως, στην περίπτωση που εξετάζονται μεμονωμένοι αγωγοί ενός δικτύου, τα φαινόμενα μη μονιμότητας (κύματα ελεύθερης επιφάνειας ή κύματα πίεσης) δικαιολογημένα μπορούν να αγνοηθούν, καθώς οι διακυμάνσεις της παροχής στο χρόνο είναι ελάχιστες.

Λόγω των πολύ συχνών μεταβολών που πραγματοποιούνται κατά μήκος ενός αγωγού αποχέτευσης είτε λόγω αύξησης της παροχής, είτε λόγω μεταβολής της διατομής ή αλλαγής της κλίσης, η ροή είναι γενικά ανομοιόμορφη. Παραταύτα, κατά τη διαστασιολόγηση και τον έλεγχο των αγωγών γίνεται η παραδοχή ότι η ροή είναι ομοιόμορφη κατά τμήματα. Η παραδοχή αυτή είναι δικαιολογημένη για τυπικούς αγωγούς αποχέτευσης και μάλιστα συνήθως δυσμενής, με την έννοια ότι τα πραγματικά βάθη ροής που εμφανίζονται είναι συνήθως μικρότερα από τα ομοιόμορφα βάθη. Αυτό συμβαίνει επειδή, με το συνήθη κανόνα υψομετρικής τοποθέτησης των αγωγών (ταύτιση των αντυγών) δημιουργούνται μόνο καμπύλες κατάπτωσης. Οι καμπύλες υπερύψωσης είναι πολύ πιο σπάνιες και όχι σημαντικές.

## 2.2. ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η μέθοδος της μονοδιάστατης ροής μπορεί γενικά να εφαρμόζεται σε προβλήματα ροής σε αποχετευτικούς αγωγούς και προϋποθέτει μόνιμη ροή. Λαμβάνει υπόψη μόνο τις μεταβολές των χαρακτηριστικών της ροής στην κύρια κατεύθυνση ροής και αγνοεί κάθε μεταβολή στις κάθετες διευθύνσεις. Οι τρεις εξισώσεις της μεθόδου, η εξίσωση συνέχειας, ορμής (ποσότητας κίνησης) και ενέργειας, αναφέρονται στον όγκο αναφοράς που ορίζεται από δύο διατομές κάθετες στην κύρια κατεύθυνση ροής, τις 1 και 2 που βρίσκονται τοποθετημένες στα ανάντη και κατόντη αντίστοιχα.

Η εξίσωση συνέχειας έχει τη μορφή:

$$Q_1 = Q_2 \quad \text{ή} \quad A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad (2.1)$$

όπου:

$Q$  : η παροχή,

$A$  : η υγρή διατομή,

$V$  : η μέση ταχύτητα ροής των διατομών 1 και 2 αντίστοιχα.

Στην περίπτωση κόμβου με πολλές εισόδους  $Q_i$  και εξόδους  $Q_j$  η εξίσωση συνέχειας γράφεται:

$$\sum_i Q_i = \sum_j Q_j \quad (2.2)$$

Τονίζεται ότι η εξίσωση 2.1 ισχύει πάντα και στους αγωγούς αποχέτευσης, υπό συνθήκες μόνιμης ροής. Το γεγονός ότι οι παροχές σχεδιασμού διαφόρων κλάδων που συμβάλλουν σε έναν κόμβο δεν ικανοποιούν την εξίσωση συνέχειας δεν αποτελεί υδραυλικό παράδοξο. Απλώς κατά τη μελέτη κάθε ξεχωριστού κλάδου θεωρείται ως παροχή σχεδιασμού η μέγιστη παροχή που περνάει από το συγκεκριμένο κλάδο. Εννοείται ότι οι συνθήκες που μεγιστοποιούν την παροχή ή ο χρόνος που συμβαίνει το μέγιστο δεν ταυτίζονται σε όλους του συμβάλλοντες κλάδους. Έτσι οι διάφορες παροχές σχεδιασμού των κλάδων δεν αναφέρονται στην ίδια χρονική στιγμή και γι' αυτό δεν ικανοποιούν την εξίσωση συνέχειας. Στην περίπτωση, όμως, που εξετάζονται τα υδραυλικά χαρακτηριστικά ενός κόμβου, οι παροχές των κλάδων θα πρέπει οπωσδήποτε να ικανοποιούν την εξίσωση της συνέχειας.

Η εξίσωση ορμής είναι διανυσματική και για κάθε διεύθυνση ( $k = 1, 2, 3$ ) ισχύει:

$$\sum F_k = \rho Q [(\beta V_k)_2 - (\beta V_k)_1] \quad (2.3)$$

όπου:

$\sum F_k$  : το άθροισμα των κατά τη διεύθυνση  $k$  συνιστωσών των εξωτερικών δυνάμεων που ενεργούν στο συγκεκριμένο όγκο αναφοράς, μεταξύ των διατομών 1 και 2,

$\rho$  : η πυκνότητα του ρευστού,

$V_k$  : η συνιστώσα της ταχύτητας κατά τη διεύθυνση  $k$ ,

$\beta$  : ο συντελεστής συνόρθωσης της ορμής.

Σε προβλήματα αγωγών αποχέτευσης, λόγω της τυρβώδους ροής που συνήθως αναπτύσσεται, η τιμή του  $\beta$  μπορεί να θεωρηθεί ίση με 1, χωρίς μεγάλο σφάλμα. Στις εξωτερικές δυνάμεις  $F_k$  περιλαμβάνονται:

- α. οι δυνάμεις πιέσεων στις διατομές 1 και 2,
- β. οι δυνάμεις πιέσεων στα στερεά όρια του όγκου αναφοράς μεταξύ των διατομών 1 και 2,



γ. οι συρπτικές δυνάμεις στα στερεά όρια του όγκου αναφοράς,

δ. το βάρος του όγκου αναφοράς.

Η εξίσωση ενέργειας μεταξύ των διατομών 1 και 2 γράφεται:

$$H_1 = H_2 + H_{L12} - H_{a12} \quad (2.4)$$

όπου:

$H_{L12}$  : οι απώλειες ενέργειας [m],

$H_{a1}$  : η προσφερόμενη ενέργεια (π.χ. μέσω αντλίας) [m].

Για μηδενική προσφορά ενέργειας η εξίσωση 1.10 γράφεται:

$$H_1 = H_2 + H_{L12} \quad (2.5)$$

ή χρησιμοποιώντας ειδικές ενέργειες:

$$(H_0)_1 = (H_0)_2 + Z_2 - Z_1 + H_{L12} \quad (2.6)$$

## 2.3. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΡΙΒΗΣ

### 2.3.1. CHEZY

Ο Γάλλος μηχανικός Antoine Chezy, περί το 1768, έθεσε τη βάση για τον υπολογισμό των απωλειών τριβής σε ροή πρισματικών αγωγών. Ο Chezy βρήκε ότι η παράσταση  $V^2/RJ$ , όπου  $V$  η μέση ταχύτητα,  $R$  η υδραυλική ακτίνα και  $J$  η κλίση του αγωγού, είναι σταθερή για οποιαδήποτε διατομή του αγωγού. Με αντικατάσταση της κλίσης του αγωγού  $J$  από την κλίση ενέργειας  $i$ , προκύπτει:

$$V = C(Ri)^{1/2} \quad (2.7)$$

όπου:

$C$  : ο συντελεστής Chezy που εξαρτάται από την τραχύτητα του αγωγού. Ο συντελεστής  $C$  εξαρτάται σε κάποιο βαθμό από την υδραυλική ακτίνα.

όπου:

$K_g$  : η ισοδύναμη τραχύτητα των τοιχωμάτων του αγωγού (m).

Ο συντελεστής  $f$  της εξίσωσης Darcy-Weisbach μπορεί να προσδιοριστεί από την εξίσωση Colebrook - White, η οποία για την περίπτωση των ανοιχτών αγωγών γράφεται:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left\{ \frac{K_g}{14,8 R} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right\} \quad (2.11)$$

Ο Jain (1976) για τον υπολογισμό του αδιάστατου συντελεστή τριβών,  $f$ , πρότεινε την εξής ρητή συνάρτηση:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{K_g}{14,8 R} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right), \text{ για } 10^{-6} \leq \frac{K_g}{4R} \leq 10^{-2} \text{ και } 5000 \leq Re \leq 10^8 \quad (2.12)$$

η οποία αποκλίνει των τιμών του συντελεστή  $f$  της εξίσωσης Colebrook-White λιγότερο από 1% εφόσον ικανοποιούνται οι περιορισμοί ως προς το σχετικό συντελεστή τραχύτητας  $\frac{K_g}{4R}$  και τον αριθμό Reynolds,  $Re$ .

Η χρήση της σχέσης Darcy-Weisbach είναι διαδεδομένη σε προβλήματα ροής υπό πίεση σε σωλήνες κυκλικής διατομής. Παρόλα τα πλεονεκτήματά της, λόγω της σχετικής πολυπλοκότητας της στις αριθμητικές εφαρμογές της σε προβλήματα αγωγών με μερική πλήρωση δεν έχει διαδεδομένη χρήση σε αγωγούς αποχέτευσης.

### 2.3.3. MANNING

Η σχέση του Manning προκύπτει από τη σχέση του Chezy θέτοντας:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (2.13)$$

Με αντικατάσταση προκύπτει:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \quad (2.14)$$

Η εξίσωση του Manning έχει επικρατήσει διεθνώς για εφαρμογές σε ανοιχτούς αγωγούς και κατά συνέπεια και σε αγωγούς αποχέτευσης λόγω της απλότητάς της, της συλλογής πολλών πειραματικών δεδομένων, βάσει των οποίων έχουν δοθεί τιμές του συντελεστή της τραχύτητας  $n$  για ποικιλία περιπτώσεων, αλλά και των δυσκολιών της χρησιμοποίησης

της σχέσης Colebrook–White σε προβλήματα ανοιχτών αγωγών όπως προαναφέρθηκε παραπάνω.

Ο συντελεστής τραχύτητας  $n$  δεν είναι σταθερός (εξαρτάται από το βάθος ροής) και η επίλυση δίνει ακριβέστερα αποτελέσματα όταν λαμβάνεται υπ' όψιν η μεταβολή του.

## 2.4. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ $n$

Για τον προσδιορισμό του συντελεστή τραχύτητας έχουν γίνει πειραματικές μελέτες, τόσο στο εργαστήριο, όσο και στο ύπαιθρο για διαφορετικά υλικά και υπό διαφορετικές συνθήκες. Στο εργαστήριο μπορούν να γίνουν ακριβείς μετρήσεις του συντελεστή τραχύτητας, όμως είναι εξαιρετικά δύσκολο να προσομοιωθούν οι συνθήκες ροής στο εργαστήριο με αυτές που λαμβάνουν χώρα στους αγωγούς των δικτύων αποχέτευσης. Εξ' άλλου, οι μετρήσεις του συντελεστή τραχύτητας σε υφιστάμενους αγωγούς υπονόμων ενδέχεται να επηρεάζονται από παραμέτρους που είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν είτε λόγω αδυναμίας ελέγχου τους, είτε λόγω σφαλμάτων στις μετρήσεις.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ισοδύναμη τραχύτητα  $K_g$  και κατά συνέπεια τους συντελεστές τραχύτητας  $f$  και  $n$ , είναι:

- το υλικό κατασκευής του αγωγού,
- ο αριθμός Reynolds,  $Re$ ,
- το μέγεθος και το γεωμετρικό σχήμα της διατομής του αγωγού,
- το βάθος ροής.

Παράλληλα με τους παραπάνω αλληλοσυσχετιζόμενους παράγοντες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εκλογή του συντελεστή τραχύτητας και οι εξής παράγοντες:

- οι αρμοί των σωληνώσεων,
  - οι πλευρικές συνδέσεις των ιδιωτικών αποχετεύσεων και γενικότερα οι πλευρικές εισροές που διαταράσσουν τη ροή στους αγωγούς,
  - η κακή ευθυγράμμιση των αγωγών, εξαιτίας είτε σφαλμάτων στην κατασκευή είτε διαφορικών καθιζήσεων,
  - η ποσότητα και το μέγεθος των στερεών υλών που μεταφέρονται από τα όμβρια ή τα λύματα,
  - οι αποθέσεις των παραπάνω στερεών υλικών σε ορισμένες θέσεις των αγωγών,
  - οι ρίζες δένδρων που διαπερνούν τις σωληνώσεις στις θέσεις των αρμών και των ιδιωτικών συνδέσεων.
-

Τα αποτελέσματα ενός αριθμού πραγματικών μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε αγωγούς αποχέτευσης στις Η.Π.Α., έδωσαν τιμές του συντελεστή τραχύτητας Manning  $n$  που κυμαίνονται από 0,011 έως 0,016 για αγωγούς σε καλή κατάσταση και φτάνουν μέχρι 0,020 για αγωγούς με κακή ευθυγράμμιση και αποθέσεις.

Οι Αμερικανικές ενώσεις WPCF & ASCE (1976) συνιστούν τιμές του συντελεστή τραχύτητας  $n$  που κυμαίνεται από 0,011 έως 0,015 για τα συνήθη υλικά σωληνώσεων αποχέτευσης (σωλήνες από σκυρόδεμα, αμίαντο τσιμέντο, πλαστικοί ή αργυροπυριτικοί). Για την επιλογή της τελικής τιμής θα πρέπει να συνεκτιμώνται και οι υπόλοιποι παράγοντες που επηρεάζουν την τραχύτητα, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω.

Οι Greely κ.α. (1969) συνιστούν την τιμή  $n=0,015$  για την κάλυψη όλων των υδραυλικών απωλειών στις σωληνώσεις και την τιμή  $n=0,013$  εάν υπολογίζονται ξεχωριστά οι τοπικές απώλειες σε φρεάτια, καμπύλες και κόμβους.

Τέλος, να σημειωθεί ότι η ισοδύναμη τραχύτητα  $K_g$  και ο συντελεστής τραχύτητας Manning  $n$  θεωρείται, προσεγγιστικά, ότι συνδέονται μονοσήμαντα από την ακόλουθη σχέση (Muller):

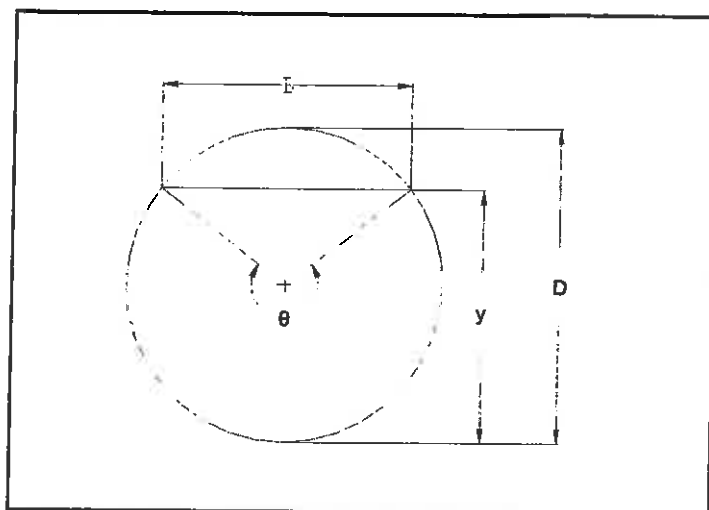
$$n = \frac{K_g^{1/6}}{26} \quad (2.15)$$

Η ανωτέρω σχέση δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα για πλήρως τυρβώδη ροή στην περιοχή  $Re > 50.000$  και για σχετική τραχύτητα  $K_g/4R$  στην περιοχή 0,001 έως 0,1.

## 2.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗΣ ΡΟΗΣ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΕ ΣΩΛΗΝΕΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

Η κυκλική διατομή εφαρμόζεται σχεδόν αποκλειστικά σε τυπικά δίκτυα ομβρίων και ακαθάρτων, όταν χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένοι σωλήνες. Γενικά χρησιμοποιείται ο τύπος του Manning, που έχει το πλεονέκτημα να δίνει αδιαστατοποιημένες σχέσεις, ανεξάρτητες της διαμέτρου και των χαρακτηριστικών της ροής για μερική πλήρωση του αγωγού, πράγμα που δε συμβαίνει με άλλους τύπους (π.χ. Darcy-Weisbach, Kutter).

Στο σχήμα 2.1 δίνονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ροής σε κυκλικό αγωγό με μερική πλήρωση και στον πίνακα 2.1 δίνονται οι σχέσεις που τα συνδέουν για μερική και ολική πλήρωση.



**Σχήμα 2.1:** Γεωμετρικά χαρακτηριστικά ροής σε κυκλικό αγωγό.

**Πίνακας 2.1:** Εξισώσεις σε αγωγό κλειστής διατομής για μερική και ολική πλήρωση.

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά	Μερική πλήρωση ( $y < D$ )	Ολική πλήρωση ( $y = y_0 = D$ )
Λόγος πλήρωσης, $y/D$	$\frac{y}{D} = \frac{1 - \cos(\theta/2)}{2}$	$y_0/D = 1$
Γωνία, $\theta$	$\theta = 2 \arccos(1 - 2 \frac{y}{D})$	$\theta_0 = 2\pi$
Εμβαδόν υγρής διατομής, $A$	$A = (\theta - \sin \theta) \frac{D^2}{8}$	$A_0 = \pi D^2/4$
Βρεχόμενη περίμετρος, $P$	$P = \frac{\theta D}{2}$	$P_0 = \pi D$
Υδραυλική ακτίνα, $R$	$R = (1 - \frac{\sin \theta}{\theta}) \frac{D}{4}$	$R_0 = D/4$
Πλάτος στην ελεύθερη επιφάνεια, $B$	$B = D \sin(\frac{\theta}{2}) = 2[y(D - y)]^{1/2}$	0
Λόγος $A/A_0$	$\frac{A}{A_0} = \frac{(\theta - \sin \theta)}{2}$	1
Λόγος $R/R_0$	$\frac{R}{R_0} = 1 - \frac{\sin \theta}{\theta}$	1

Με εφαρμογή του τύπου του Manning για ομοιόμορφη ροή ( $i=J$ ), θεωρώντας ότι οι συντελεστές τραχύτητας για μερική και ολική πλήρωση είναι  $n$  και  $n_0$  αντίστοιχα, παίρνουμε τις ακόλουθες σχέσεις για ροή σε κυκλικό αγωγό:

$$V = \frac{1}{n} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)^{2/3} \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} J^{1/2} \quad (2.16)$$

$$V_0 = \frac{1}{n_0} \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} J^{1/2} \quad (2.17)$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{n_0}{n} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)^{2/3} \quad (2.18)$$

$$Q = \frac{1}{24^{5/3}} \frac{1}{n} \theta \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)^{5/3} D^{8/3} J^{1/2} \quad (2.19)$$

$$Q_0 = \frac{1}{4^{5/3}} \frac{1}{n_0} D^{8/3} J^{1/2} \quad (2.20)$$

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{n_0}{n} \frac{\theta}{2\pi} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)^{5/3} \quad (2.21)$$

Οι λόγοι  $V/V_0$  και  $Q/Q_0$  είναι ανεξάρτητοι της διαμέτρου  $D$  και της κλίσης  $J$ , ενώ εξαρτώνται από τη γωνία  $\theta$ , ή ισοδύναμα από το λόγο πλήρωσης  $y/D$ , καθώς και από το λόγο των συντελεστών τραχύτητας για μερική και ολική πλήρωση,  $n/n_0$ .

Σε πρώτη προσέγγιση μπορεί να θεωρηθεί ότι ο συντελεστής τραχύτητας είναι σταθερός, ανεξάρτητος του βάθους ροής  $y$ , δηλαδή  $n/n_0 = 1$ .

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μεταβολή του  $n$  με το βάθος ροής δεν οφείλεται σε σφάλμα της σχέσης του Manning, που, αν ήταν έτσι, θα μπορούσε να αναιρεθεί με τη χρησιμοποίηση της ακριβέστερης σχέσης Darcy-Weisbach με υπολογισμό του  $f$  κατά Colebrook-White. Αντίθετα πρέπει να αποδοθεί στη μεταβολή του γεωμετρικού σχήματος της βρεχόμενης διατομής του αγωγού σε συνθήκες μερικής πλήρωσης. Κατά συνέπεια, ακόμα και αν εφαρμόζεται ο τύπος Darcy-Weisbach, στην περίπτωση της ροής με μερική πλήρωση θα πρέπει να γίνεται αντίστοιχη διορθωτική διαδικασία της ισοδύναμης τραχύτητας  $K_s$  με το βάθος ροής και συνακόλουθα του συντελεστή  $f$ .

Σε σχέση με τα υπολογιστικά προβλήματα που εμφανίζονται διακρίνουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις (η κλίση του αγωγού θεωρείται γνωστή):

1. Γνωστά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά  $y$ ,  $D$ . Άγνωστα τα χαρακτηριστικά ροής  $V$ ,  $Q$ .

Με εφαρμογή του τύπου του Manning και των σχέσεων του πίνακα 2.1 υπολογίζονται άμεσα τα άγνωστα μεγέθη.

2. Γνωστός ο λόγος πλήρωσης  $y/D$  και η παροχή  $Q$ , Άγνωστη η διάμετρος  $D$  (πρόβλημα διαστασιολόγησης).

Από το γνωστό  $y/D$  υπολογίζεται άμεσα η γωνία  $\theta$  και ο λόγος  $n/n_0$ , ενώ από την (2.21) υπολογίζεται η παροχή ολικής πλήρωσης  $Q_0$ . Τέλος από την (2.20) υπολογίζεται η διάμετρος  $D$ , που στρογγυλοποιείται στην αμέσως μεγαλύτερη διάμετρο εμπορίου.

3. Γνωστή η παροχή  $Q$  και η διάμετρος  $D$ . Άγνωστα τα  $y$ ,  $V$  (έλεγχος λόγου πλήρωσης)  
Από τη σχέση (2.20) προκύπτει η παροχή  $Q_0$  για ολική πλήρωση. Στη συνέχεια επιλύεται η (2.21) ως προς  $\theta$  και από την αντίστοιχη σχέση του πίνακα 2.1 υπολογίζεται το  $y/D$ . Η ταχύτητα προκύπτει από την (2.16) ή με συνδυασμό των (2.17) και (2.18). Επισημαίνεται ότι η (2.21) λύνεται μόνο αριθμητικά ως προς  $\theta$ . Συνιστάται η γενική επαναληπτική μέθοδος, με χρησιμοποίηση της ακόλουθης εξίσωσης, που είναι συνέπεια της (2.21):

$$\theta = \{\theta + \theta = (2\pi \frac{Q}{Q_0} \frac{n_0}{n})^{0.6} \theta^{0.4}\} / 2 \quad (2.22)$$

όπου ως αρχική τιμή θέτουμε το  $\theta_0 = \pi$ , και οι επαναλήψεις συνεχίζουν μέχρι να επιτευχθεί η επιθυμητή ακρίβεια. Το  $n/n_0$ , σε κάθε βήμα της γενικής επαναληπτικής μεθόδου, υπολογίζεται από την (2.18). Αν επιλεγεί η γραφική μέθοδος επίλυσης, τότε μπορεί από το Σχήμα 2.1 να υπολογιστεί άμεσα ο λόγος  $y/D$ , χωρίς να μεσολαβήσει ο υπολογισμός της γωνίας  $\theta$ .

## 2.6. ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ

Μαζί με τα λύματα συμπαρασύρονται διάφορα ευμεγέθη υλικά, τα οποία είναι δυνατό να φράξουν τους σωλήνες, αν η διατομή τους είναι πολύ μικρή. Κατά συνέπεια οι διατομές των σωλήνων είναι απαραίτητο να μην είναι μικρότερες από ορισμένα ελάχιστα όρια. Συγκεκριμένα, για καθεμία περίπτωση από τις παρακάτω, η διάμετρος του αγωγού πρέπει να μην είναι μικρότερη από:

Ø150mm	για ιδιωτικές συνδέσεις.
Ø150mm	για συνδέσεις φρεατίων υδροσυλλογής.
Ø200mm	για αγωγούς λυμάτων (βαρύτητας).
Ø250mm	για αγωγούς ομβρίων.
Ø250mm	για τους αγωγούς του παντοροϊκού συστήματος.
Ø110mm	για καταθλιπτικούς αγωγούς λυμάτων.

Στις ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ. 696/1974, άρθρο 209, παρ.6β) καθορίζονται οι παρακάτω ελάχιστες επιτρεπόμενες διαμέτροι αγωγών:

Ø200mm	για τα δίκτυα ακαθάρτων.
Ø400mm	για τα δίκτυα ομβρίων.

Οι μικρότερες διατομές εντός των οποίων είναι δυνατό να συρθούν εργάτες είναι η κυκλική  $\varnothing 800\text{mm}$  και η ωειδής  $\Omega 600 \times 900\text{mm}$ .

Οι κυκλικοί αγωγοί θεωρούνται βατοί για διαμέτρους  $\geq \varnothing 1000\text{mm}$ , οι δε ωειδείς όταν η διατομή τους είναι μεγαλύτερη της  $\Omega 700 \times 1050\text{mm}$ .

Οι ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ. 696/1974, άρθρο 209, παρ.6β) δεν επιτρέπουν τη χρησιμοποίηση ωειδών αγωγών μικρότερων διαστάσεων της διατομής  $\Omega 600 \times 900\text{mm}$ .

## 2.7. ΜΕΓΙΣΤΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΠΛΗΡΩΣΗΣ

Όπως προαναφέρθηκε, στην Ελλάδα οι αγωγοί αποχέτευσης σχεδιάζονται να λειτουργούν ως αγωγοί με ελεύθερη επιφάνεια, δίνοντας περιθώριο ασφαλείας στον αγωγό για την αποφυγή αφενός της λειτουργίας του υπό πίεση και αφετέρου των ασταθειών ροής. Επιπλέον, το τμήμα της διατομής του αγωγού, που παραμένει ελεύθερο, διασφαλίζει τον αερισμό των λυμάτων. Αυτό επιτυγχάνεται:

- α) με τη συνεχή μεταβολή της στάθμης των λυμάτων μέσα στους αγωγούς,
- β) με τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ λυμάτων και ατμοσφαιρικού αέρα και
- γ) με την επικοινωνία με τον εξωτερικό αέρα μέσω των εσωτερικών δικτύων αποχέτευσης των οικοδομών.

Στους Ελληνικούς κανονισμούς προβλέπονται τα κάτωθι ποσοστά πλήρωσης των αγωγών αποχέτευσης κυκλικής διατομής:

▪ αγωγοί ακαθάρτων $\varnothing \leq 400\text{mm}$	→ 50%
▪ αγωγοί ακαθάρτων $400 < \varnothing \leq 600\text{mm}$	→ 60%
▪ αγωγοί ακαθάρτων $\varnothing > 600\text{mm}$ και λοιπές διατομές	→ 70%
▪ αγωγοί ομβρίων	→ 70%

Τέλος, για τον έλεγχο παροχетеυτικότητας παλαιών αγωγών γίνεται δεκτό ποσοστό πλήρωσης 80%.

## 2.8 ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΚΛΙΣΕΙΣ

Ο περιορισμός των ταχυτήτων κάτω από ορισμένα μέγιστα όρια στοχεύει στην αποφυγή της διάβρωσης του πυθμένα των αγωγών, αλλά και τον περιορισμό του εύρους διακύμανσης της ταχύτητας, με σκοπό την αποφυγή ασταθειών ροής σε περιπτώσεις απότομων αλλαγών της. Η διαβρωτική ικανότητα της ροής εξαρτάται από το μέγεθος και



την ποσότητα των στερεών υλικών που μεταφέρονται από το ρευστό. Έτσι το καθαρό νερό μπορεί να ρέει με μεγάλες ταχύτητες της τάξης των 12m/s, χωρίς να προκαλεί διάβρωση σε επιμελώς επενδυμένους αγωγούς από σκυρόδεμα. Στους αγωγούς αποχέτευσης όμως, λόγω της στερεοπαροχής, εμφανίζεται διάβρωση ακόμα και για πολύ μικρότερες ταχύτητες.

Στη διεθνή βιβλιογραφία ασφαλώς θεωρείται η ταχύτητα των 3,0m/s, που δεν προκαλεί διάβρωση σε συνήθη υλικά κατασκευής υπονόμων. Οι ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ. 696/1974, άρθρο 209, παρ.θε) καθορίζουν ως μέγιστη την ταχύτητα των 6,0m/s.

Όσον αφορά στις μέγιστες κλίσεις  $J_{max}$ , οι ελληνικές προδιαγραφές δεν αναφέρουν κάτι σχετικό. Σε γενικές γραμμές όμως, με βάση την εμπειρία, θα μπορούσαν να γίνουν δεκτές οι τιμές της  $J_{max}$ :

- Για αγωγούς συνδέσεως οικιών με το δίκτυο είναι  $J_{max}=1/10-1/15$ .
- Για αγωγούς δικτύων και διάμετρο 200 - 600mm είναι  $J_{max}=1/20$ .
- Για αγωγούς δικτύων και διαμέτρους μεγαλύτερες των 600mm είναι  $J_{max}=1/30$  έως 1/100.

Πρέπει να σημειωθεί ότι για επισκέψιμους αγωγούς η μέγιστη κλίση  $J_{max}$  δε θα πρέπει να υπερβαίνει το 1/30, διότι τότε δεν είναι εύκολο το βάδισμα ή το σύρσιμο σ' αυτούς για εργασίες συντήρησης.

## 2.9. ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΡΟΗΣ ΚΑΙ ΚΛΙΣΕΙΣ

Η εμφάνιση πολύ μικρών ταχυτήτων στους αγωγούς αποχέτευσης έχει αποτέλεσμα την καθίζηση στερεών υλικών στον πυθμένα και την προοδευτική δημιουργία αποθέσεων.

Λόγω των πρακτικών δυσκολιών επίτευξης ικανοποιητικών συνθηκών αυτοκαθαρισμού για όλες τις κυμαινόμενες συνθήκες ροής, αντί της απαίτησης της ελάχιστης ταχύτητας χρησιμοποιείται συχνά η απαίτηση της ελάχιστης κλίσης.

Κατά τη διαστασιολόγηση των αγωγών αποχέτευσης, κατά κανόνα ακολουθείται η κλίση του εδάφους, δηλαδή κάθε αγωγός τοποθετείται παράλληλα με τη μηκοτομή του οδοστρώματος. Αυτό όμως δεν είναι δυνατό σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως όταν οι δρόμοι έχουν πολύ μικρές κλίσεις ή είναι πρακτικά οριζόντιοι, ή ακόμη όταν σε ορισμένες περιπτώσεις η χάραξη ακολουθεί κλίση αντίθετη με αυτή του εδάφους. Σε όλες αυτές τις προαναφερθείσες περιπτώσεις οι αγωγοί τοποθετούνται με την ελάχιστη κλίση, η οποία εξασφαλίζει ικανοποιητική ταχύτητα για αυτοκαθαρισμό. Εάν σε αντίθετη περίπτωση η

---

φυσική κλίση είναι πολύ απότομη, για να αποφευχθούν μεγάλες ταχύτητες, ακολουθείται βαθμιδωτή χάραξη των αγωγών με κλίση μικρότερη αυτής του οδοστρώματος.

Οι ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ. 696/1974, άρθρο 209, παρ.6στ) συνιστούν οι ελάχιστες κλίσεις των αγωγών να καθορίζονται με τρόπο ώστε η ταχύτητα που αντιστοιχεί σε ποσοστό 10% της παροχετευτικότητας  $Q_0$  της πλήρως διατομής ( $Q/Q_0=0,10$ ) να είναι τουλάχιστον 0,60 m/sec για αγωγούς ομβρίων και 0,30 m/sec για αγωγούς ακαθάρτων.

Η ελάχιστη κατασκευαστικά κλίση ενός αποχετευτικού αγωγού είναι 0,80m/Km ή 0,8‰ (Metcalf and Eddy, 1981), όμως θα πρέπει να τονιστεί ότι η εφαρμογή κλίσεων μικρότερης των 2m/km θα πρέπει να αποφεύγεται.

## 2.10. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Τα έργα κοινής ωφέλειας (Δ.Ε.Η., Ο.Τ.Ε., ύδρευση, αποχέτευση) κατασκευάζονται στους δρόμους και τους λοιπούς κοινόχρηστους χώρους των πόλεων. Προκειμένου η κατασκευή τους να είναι ευχερής, είναι σκόπιμο να καθορίζεται εκ των προτέρων η ακριβής θέση των έργων αυτών στη διατομή των οδών βάσει ειδικών προδιαγραφών. Δυστυχώς στην Ελλάδα ανάλογες προδιαγραφές δεν υφίστανται. Συνεπώς, σε κάθε περίπτωση, η θέση των υπονόμων καθορίζεται ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες (πλάτος οδού, ύπαρξη άλλων έργων κοινής ωφέλειας κ.λπ.). Ειδικότερα κατά τη χάραξη των αγωγών θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

α. Ο αγωγός των ομβρίων τοποθετείται κατά κανόνα στον άξονα της οδού ή παραπλήσια αυτού

β. Σε δρόμους με πλάτος μεγαλύτερο των 30m, προκειμένου να αποφευχθούν τα μεγάλα μήκη των ιδιωτικών συνδέσεων και τα μεγάλα βάθη εκσκαφών, τοποθετούνται κατά κανόνα δύο αγωγοί (ένας σε κάθε πλευρά) σε απόσταση ενός έως δύο μέτρων από τα κράσπεδα των πεζοδρομίων.

γ. Στην περίπτωση του χωριστικού συστήματος, οι αγωγοί ομβρίων τοποθετούνται ψηλότερα και παραπλευρώς των αγωγών ακαθάρτων.

δ. Αποφεύγεται βασικά η τοποθέτηση αγωγών ομβρίων πάνω από τους αγωγούς ακαθάρτων επειδή είναι επικίνδυνη η κατασκευή των αγωγών ομβρίων σε έδαφος που έχει πρόσφατα επιχωματωθεί. Επίσης, στην περίπτωση αυτή η επισκευή του δικτύου ακαθάρτων είναι προβληματική.

---

ε. Αποφεύγεται η τοποθέτηση αγωγών ομβρίων κοντά σε αγωγούς του δικτύου ύδρευσης, λόγω του ότι υφίσταται κίνδυνος διαρροών και μόλυνσης του ύδατος του δικτύου ύδρευσης. Γι' αυτό το λόγο, οι αγωγοί ομβρίων τοποθετούνται σε μεγαλύτερο βάθος από αυτό των αγωγών ύδρευσης.

## 2.11. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΛΥΜΑΤΩΝ

Εντός των ακαθάρτων νερών αναπτύσσονται παθογόνοι μικροοργανισμοί οι οποίοι προκαλούν την εμφάνιση ασθενειών ιδιαίτερα επικίνδυνων για ανθρώπους και ζώα. Ειδικότερα οι ουσίες που περιέχονται στα λύματα διακρίνονται:

α) ως προς τη φυσική συμπεριφορά τους σε:

αδιάλυτες ουσίες: επιπλέουσες, καθιζάνουσες ή αιωρούμενες,  
κολλοειδώς διαλυμένες ουσίες,  
μοριακώς διαλυμένες ουσίες.

β) ως προς τη χημική συμπεριφορά τους σε:

ανόργανες ουσίες: ενώσεις δηλαδή που δεν περιέχουν άνθρακα,  
οργανικές ουσίες: υδατάνθρακες και λίπη, ενώσεις που περιέχουν άνθρακα, οξυγόνο ή υδρογόνου, λευκώματα και ενώσεις αμινοξέων.

γ) ως προς τη βιολογική συμπεριφορά τους σε:

νεκρές ουσίες,  
ζωντανούς οργανισμούς.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα νερά της βροχής δεν είναι τελείως καθαρά, επειδή περιέχουν διάφορες ακαθαρσίες που προέρχονται από την πλύση των δρόμων, των κοινόχρηστων χώρων, των στεγών κ.τ.λ. των οικισμών. Βακτηρίδια, σκόνες, λίπη, έλαια κ.λ.π. περιέχονται στα νερά της βροχής που φθάνουν στους υπονόμους. Στην αρχή των βροχοπτώσεων η ρύπανση των νερών είναι ιδιαίτερα μεγάλη, μετά από λίγο όμως αρχίζει και ελαττώνεται. Επίδραση στη συγκέντρωση της ρύπανσης έχει και ο βαθμός στερεοποίησης των επιφανειών απορροής.

### 3. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΜΒΡΙΩΝ

#### 3.1. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΜΒΡΙΩΝ

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης αποτελεί η αποχέτευση και απομάκρυνση των ομβρίων υδάτων της νέας πεζογέφυρας στο ρέμα που διέρχεται του οικισμού Κιμμερίων του Δήμου Ξάνθης.

Αρχικά, γίνεται η χάραξη των υπολεκανών απορροής των σχαρών υδροσυλλογής, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την αποστράγγιση των υδάτων από το κατάστρωμα της γέφυρας. Οι σχάρες υδροσυλλογής τοποθετούνται κατά πλάτος του καταστρώματος της γέφυρας, στις οποίες συγκεντρώνονται τα όμβρια ύδατα των υπολεκανών απορροής.

Για την επίλυση των υδραυλικών υπολογισμών υπολογίζονται αρχικά οι υδατοπαροχές των υπολεκανών με την ορθολογική μέθοδο και στη συνέχεια υπολογίζονται τα υδραυλικά στοιχεία (πλήρωση, ταχύτητα κ.α.) των αγωγών βαρύτητας αποχέτευσης των ομβρίων υδάτων με χρήση των κατάλληλων σχέσεων και τη βοήθεια υπολογιστικών φύλλων του λογισμικού EXCEL, της εταιρίας MICROSOFT.

##### 3.1.1 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ο μαθηματικός τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των παροχών (Q) για περίοδο επανάληψης T=25 έτη, όπως έχει αναφερθεί και σε παραπάνω κεφάλαιο (παραγρ. 1.2) είναι:

$$\max Q_{25} = 0,278 * C_{25} * I_{25} * F$$

Όπου:

$\max Q_{25}$  = η μέγιστη υδατοπαροχή με περίοδο επανάληψης T =25 έτη (m<sup>3</sup>/sec)

$C_{25}$  = ο μέγιστος στιγμιαίος συντελεστής απορροής της μέγιστης υδατοπαροχής με περίοδο επαναφοράς T=25 έτη

$I_{25}$  = η μέση μέγιστη ένταση της πλημμυρικής βροχής που σχημάτισε την  $\max Q_{25}$  (mm/h) ( $i_T = \max i_T$ )

Για τις απορρέουσες επιφάνειες χρησιμοποιήθηκε συντελεστής απορροής ίσος με C=1, ο οποίος υπολογίστηκε σε συμφωνία με τα όσα προτείνονται στο Τεύχος ΟΜΟΕ – ΑΣΥΕΟ

(Τεύχος 8 ΟΜΟΕ, ΓΓΔΕ-ΥΠΕΧΩΔΕ, Νοέμβριος 2002). Επίσης, έγινε η διόρθωση σύμφωνα με τον πίνακα 3.2 και ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς. Αναλυτικότερα, στο τμήμα του καταστρώματος της γέφυρας (οδόστρωμα σκυροδέματος) λήφθηκε συντελεστής απορροής  $C=1$ , σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα 3.1 που δίνει τους συντελεστές απορροής εντός αναπτυγμένων περιοχών.

**Πίνακας 3.1. Συντελεστές απορροής λεκανών αναπτυγμένων περιοχών**

Πίνακας 2.5.2-3: Συντελεστής απορροής λεκανών αναπτυγμένων περιοχών	
Είδος επιφάνειας εδάφους	Τιμές συντελεστή "C"
1 Περιοχή επιχειρήσεων	
α κέντρο πόλης	0,70 - 0,95
β. έκταση γειτονίας	0,50 - 0,70
2 Περιοχή κατοικίας:	
α μονοκατοικίες	0,30 - 0,50
β. πολυκατοικίες παντοχόθεν ελεύθερες	0,40 - 0,50
γ πολυκατοικίες συνεχούς συστήματος	0,60 - 0,75
3 Περιοχή βιομηχανίας.	
α. ελαφράς	0,50 - 0,80
β βαριάς	0,80 - 0,90
4 Πάρκα, Κοιμητήρια.	0,10 - 0,25
5 Αθλοπαιδιές	0,20 - 0,40
6 Υπαίθριοι χώροι σιδηροδρομικών σταθμών:	0,20 - 0,40
7 Αδιαμόρφωτες επιφάνειες	0,10 - 0,30
8 Επιφάνειες γκαζόν	
α. αρμυώδες έδαφος, επίπεδων κλίσεων <2%	0,05 - 0,10
β αρμυώδες έδαφος, μέσων κλίσεων 2-7%	0,10 - 0,15
γ αρμυώδες έδαφος, εντόνιων κλίσεων >7%	0,15 - 0,20
δ σύνηθες έδαφος, επίπεδων κλίσεων <2%	0,13 - 0,17
ε σύνηθες έδαφος, μέσων κλίσεων 2-7%	0,18 - 0,25
ζ σύνηθες έδαφος, εντόνιων κλίσεων >7%	0,25 - 0,35
9 Επιφάνειες οδοστρώματος Οδών	
α. Οδόστρωμα ασφαλτικό	0,70 - 0,95
β Οδόστρωμα σκυροδέματος	0,80 - 0,95
γ Οδόστρωμα πλακοειδών	0,70 - 0,85
δ Οδόστρωμα αμμοχαλικού	0,75 - 0,85
10 Σκεπές κτισμάτων	0,75 - 0,95

**Σημείωση:**  
Για περίοδο επαναφοράς >10-ετη εφαρμόζεται στις προαναφερόμενες τιμές διόρθωση πολλαπλασιάζοντας αυτές με το συντελεστή  $C_1$ , όμως σε κάθε περίπτωση ως μέγιστη τιμή του αποτελέσματος του πολλαπλασιασμού λαμβάνεται  $C \times C_1 = 1,0$  (βλ. Πίνακα 2.5.2-1)

**Πίνακας 3.2. Συντελεστές διόρθωσης αναλόγως με την περίοδο επαναφοράς**

Πίνακας 2.5.2-1: Συντελεστής διόρθωσης αναλόγως με περίοδο επαναφοράς			
Περίοδος επαναφοράς	25	50	100
Συντελεστής διόρθωσης $C_1$	1,10	1,20	1,25

Για τον υπολογισμό της μέγιστης έντασης βροχής ( $max_i$ ) θα χρησιμοποιηθούν οι σχέσεις που αναφέρονται στο τεύχος: "Όμβριες Καμπύλες" που συντάχθηκε στα πλαίσια του "Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης" (ΕΓΥ, ΥΠΕΚΑ, Ιούλιος 2018) και αποτελούν την μαθηματική έκφραση των ομβρίων καμπυλών της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος. Πιο συγκεκριμένα, θα χρησιμοποιηθεί η όμβρια καμπύλη της περιοχής της Ξάνθης, η οποία είναι:

$$i = \frac{499,97 * (T^{0,151} - 0,671)}{(1 + t/0,082)^{0,708}} \text{ (mm/h)}, \quad [3.1] \text{ όπου:}$$

i: η ένταση βροχόπτωσης σε (mm/h)

t: η διάρκεια της βροχόπτωσης (h)

Με βάση την εξίσωση αυτή υπολογίζονται οι μέγιστες εντάσεις βροχής  $max_i$  για περίοδο επαναφοράς  $T=25$  έτη και διάρκεια ίση με τον χρόνο συγκέντρωσης, ο οποίος λαμβάνεται ίσος με  $t_c = 5,00 \text{ min} = 0,0833 \text{ hr}$  (βλέπε βιβλιογραφία-Χατζηαγγέλου).

Για την περιοχή των Κιμμερίων:

$$max_{i_{25}} = \frac{499,97 * (T^{0,151} - 0,671)}{(1 + t/0,082)^{0,708}} = 290,59 \text{ mm/hr} [3.2]$$

Με βάση την τιμή αυτή και με χρήση του τύπου της ορθολογικής μεθόδου προκύπτουν οι μέγιστες υδατοπαροχές για περίοδο επαναφοράς  $T=25$  έτη. Πιο συγκεκριμένα, η υδατοπαροχή η οποία αποστραγγίζει στην κάθε σχάρα υδροσυλλογής βάσει της απορρέουσας επιφάνειας των  $55 \text{ m}^2$  και της ορθολογικής μεθόδου είναι  $Q = 4,44 \text{ l/s}$ . Τα αποτελέσματα των υπολογισμών για κάθε συστοιχία σχαρών παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

**Πίνακας 3.3.** Υπολογισμός παροχής και απορροφητικότητας σχαρών υδροσυλλογής.

Εμβαδόν ( $\text{m}^2$ )	Συντελεστής απορροής	Ένταση βροχό- πτωσης (mm/hr)	Συντελεστής Μετατροπής μονάδων	Πλημμυρική παροχή Q ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )	Πλημμυρική παροχή Q (l/sec)	Μηκοτομική κλίση (απόλυτη)	Μήκος σχάρας (m)	Πλάτος σχάρας (m)	Καθαρό μήκος σχάρας (m)	Καθαρό πλάτος σχάρας (m)	Πλάτος Ροής (m)	Βάθος ροής (m)	Απορρο- φητικότητα σχάρας Qf ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )
55	1,00	290,59	2,78E-07	0,004	4,44	0,085	2,00	0,25	2,00	0,2	2,8	0,004	0,00444

### 3.1.2. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑ

Η παρούσα μελέτη αφορά τη διαχείριση και μεταφορά των ομβρίων υδάτων της νέας πεζογέφυρας του οικισμού Κιμμερίων του Δήμου Ξάνθης. Συνολικά, προτείνονται να κατασκευαστούν 2 συστοιχίες σχαρών, οι οποίες περιλαμβάνουν δύο σχάρες εξωτερικών διαστάσεων 100x25εκ. Το καθαρό πλάτος των σχαρών είναι 20εκ. και το συνολικό τους μήκος 2m. Αποδέκτης των ομβρίων υδάτων είναι το ρέμα που διέρχεται κάτωθεν της γέφυρας, όπου καταλήγει αγωγός PVC-U εξωτερικής διαμέτρου Φ160, πάχους τοιχώματος 4mm.

### 3.1.3. ΣΧΑΡΕΣ ΥΔΡΟΣΥΛΛΟΓΗΣ

Η αποχέτευση των ομβρίων υδάτων της νέας πεζογέφυρας του οικισμού Κιμμερίων του Δήμου Ξάνθης περιλαμβάνει συνολικά **2 συστοιχίες σχαρών υδροσυλλογής κατά πλάτος του καταστρώματος της γέφυρας**. Οι συστοιχίες σχαρών που τοποθετούνται κατά πλάτος του δρόμου αποτελούνται από 2 σχάρες κατασκευασμένες από ελατό χυτοσίδηρο GJS 500-7 σύμφωνα με το πρότυπο EN1083 κλάσης C250 διαστάσεων 100x25εκ., οι οποίες έχουν καθαρό άνοιγμα 100x20εκ. Συνολικά, θα χρησιμοποιηθούν **4 σχάρες** διαστάσεων 100x25εκ. Οι σχάρες υδροσυλλογής συμμετέχουν στους υδραυλικούς υπολογισμούς, καθώς συλλέγουν τα όμβρια ύδατα των λεκανών απορροής του καταστρώματος της γέφυρας. Τις θέσεις τοποθέτησης των σχαρών καθόρισαν τα χαμηλά σημεία συγκέντρωσης των ομβρίων υδάτων βάσει των μηκοτομικών κλίσεων και επικλίσεων του καταστρώματος της πεζογέφυρας.

Οι σχάρες υδροσυλλογής αποτελούνται από κανάλια ορθογωνικού σχήματος από Ο/Σ και φέρουν σχάρες από ελατό χυτοσίδηρο κλάσης C250 εσωτερικών διαστάσεων 1,00x0,20m (εξωτερικών 1,00x0,25m). Το άνοιγμα των καναλιών είναι 20εκ. Η κλίση των καναλιών είναι 2,4% για την πλευρά που έχει το μεγαλύτερο μήκος και 6,8% για την πλευρά που έχει το μικρότερο μήκος. Το ύψος των καναλιών είναι μεταβαλλόμενο καθώς εξαρτάται από τη θέση τοποθέτησης των αγωγών ομβρίων υδάτων που ξεκινούν από αυτές. Το ύψος αυτό είναι 8,5εκ. στις άκρες και στο κέντρο των καναλιών, ενώ στο σημείο όπου ξεκινούν οι αγωγοί μεταφοράς των ομβρίων υδάτων είναι 10εκ. Από κάθε συστοιχία σχαρών ξεκινούν δύο αγωγοί μεταφοράς ομβρίων υδάτων PVC-U εξωτερικής διαμέτρου Φ160mm, οι οποίοι απέχουν 30εκ. από τις άκρες των καναλιών και 70εκ. από το κέντρο τους.

Για τους υδραυλικούς υπολογισμούς γίνεται η εξής παραδοχή: το νερό, λόγω της μηκοτομικής κλίσης απορρέει προς την συστοιχία σχαρών έχοντας σχηματίσει ροή με ελεύθερη επιφάνεια, ορθογωνικής διατομής, βάθους  $H_{av}$  και πλάτους ίσο με το πλάτος της οδού, η οποία ακολουθεί την κατά μήκος κλίση της οδού. Στη θέση της συστοιχίας σχαρών το ύψος ροής προκύπτει από την διέλευση της πλημμυρικής παροχής για  $T=25$  έτη από ανοιχτό αγωγό ορθογωνικής διατομής που προσομοιώνει την υδραυλική λειτουργία της υφιστάμενης οδού ανάντη των νέων προτεινόμενων σχαρών.

Οι τυπικές σχάρες που χρησιμοποιούνται στην παρούσα μελέτη φέρουν σχάρες εξωτερικών διαστάσεων  $1,00 \times 0,25 \text{m}$  (ΜxΠ). Η κατά μήκος κλίση του καταστρώματος της πεζογέφυρας υπολογίστηκε από την κατά μήκος τομή της πεζογέφυρας.

Τα παραπάνω προκύπτουν υπολογιστικά με την θεώρηση ροής επί ανοιχτού επενδεδυμένου αγωγού, ορθογωνικής διατομής, και την εφαρμογή της συνθήκης συνέχειας σε συνδυασμό με τον τύπο του MANNING - STRICKLER :

$$Q = A \times V \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (3.3)$$

$$V = (1/n) \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (3.4)$$

$$R = A/T \quad (3.5)$$

όπου : Q	=	παροχή στον αγωγό για δεδομένο βάθος (m <sup>3</sup> /s)
A	=	υγρή διατομή (m <sup>2</sup> )
V	=	ταχύτητα ροής (m/s)
(1/n)	=	συντελεστής τραχύτητας που εξαρτάται από τις ιδιότητες των τοιχωμάτων (m <sup>1/3</sup> /s)
R	=	υδραυλική ακτίνα (m)
T	=	βρεχόμενη περίμετρος (m)
S	=	η κλίση της γραμμής ενέργειας σε απόλυτο αριθμητικό μέγεθος (π.χ. $S = 0,01$ ). Για ομοιόμορφη ροή η κλίση S είναι ίση με την κλίση πυθμένα.

Για την απορροή των υδάτων από την επιφάνεια της γέφυρας προς τις σχάρες αποχέτευσης των ομβρίων υδάτων ο συντελεστής τραχύτητας θεωρήθηκε ίσος με:  $n = 0,015$ .

Όσον αφορά την απορροφητικότητα των σχαρών υδροσυλλογής, δηλαδή του νερού που εισέρχεται στις σχάρες, λόγω του μικρού βάθους ροής και της μικρής ταχύτητας θεωρείται



ότι όλη η ποσότητα του ύδατος εισέρχεται στο κανάλι των σχαρών. Επίσης, η διαμόρφωση του σκυροδέματος στις θέσεις τοποθέτησης των σχαρών, όπως αυτή παρουσιάζεται στα συνημμένα σχέδια της μελέτης, συμβάλλει στη θεώρηση αυτή.

### 3.1.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΓΩΓΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Η προτεινόμενη χάραξη της αποχέτευσης των ομβρίων υδάτων της νέας πεζογέφυρας αποτελείται από τους αγωγούς βαρύτητας PVC-U συνολικού μήκους 9,00m και από τέσσερις γωνίες PVC-U 90°.

Οι αγωγοί βαρύτητας PVC-U, κατά ΕΛΟΤ-ΕΝ 1401 και ΕΝ 13476-2, έχουν εξωτερική διάμετρο Φ160mm και πάχος τοιχώματος 7,7mm.

Για τη διαστασιολόγηση των αγωγών του δικτύου και ειδικότερα για τον προσδιορισμό της παροχής του κάθε αγωγού θεωρείται ότι κάθε τμήμα αγωγού αποχετεύει παροχή ίση με αυτήν που απορρέει από την επιφάνεια επιρροής του στην οποία προστίθεται και η παροχή που μεταφέρεται μέσω του ανάντη δικτύου των αγωγών, από τις λοιπές ανάντη σχάρες. Ως τμήμα αγωγού, στο οποίο η παροχή θεωρείται σταθερή, ορίζεται το μήκος του αγωγού μεταξύ δύο διαδοχικών σχαρών. Κατ'επέκταση, η επιφάνεια απορροής κάθε τμήματος αγωγού περιλαμβάνει τις επιφάνειες των οικοδομικών τετραγώνων και το οδόστρωμα της οδού που υπάρχει μεταξύ δύο διαδοχικών σχαρών.

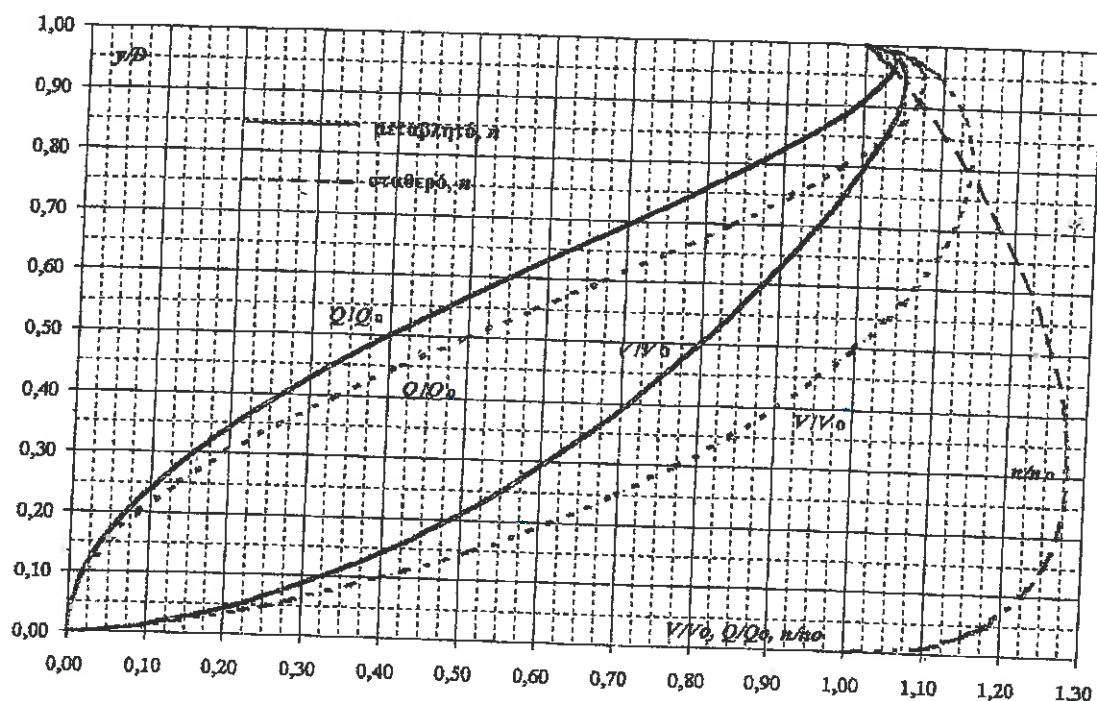
Οι υπολογισμός των παροχών που φορτίζουν τους αγωγούς της απορροής ομβρίων υδάτων έχει ήδη παρουσιαστεί σε προηγούμενη παράγραφο 3.1 και στη συνέχεια, πραγματοποιούνται οι υδραυλικοί υπολογισμοί των αγωγών μεταφοράς των ομβρίων υδάτων με τη βοήθεια των παραπάνω σχέσεων (1.6 & 1.7 , παραγρ. 1.2), της σχέσης (2.20 , παραγρ. 2.5) και του συνημμένου νομογραφήματος από τις «Σημειώσεις Αποχετεύσεων - Τεύχος Β - Υδραυλική των Υπονόμων» του Σταύρου Γιαννόπουλου Καθηγητή Α.Π.Θ. του τμήματος Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών το οποίο συνδέει τα χαρακτηριστικά υδραυλικά μεγέθη του αγωγού ( $Q/Q_0$  &  $u/u_0$ ) με το ποσοστό πλήρωσης του ( $y/D$ ). Το μήκος του οριζόντιου αγωγού είναι 0,65m και η κλίση του 1,0%. Η παροχής που μεταφέρει είναι  $Q=2,22\text{l/s}$  και ο λόγος  $y/D=0,28$ . Επίσης, το βάθος ροής του νερού πριν εισέλθει στις σχάρες υδροσυλλογής είναι 0,4εκ.

**Πίνακας 3.4.** Χαρακτηριστικά οριζόντιου αγωγού ομβρίων υδάτων.

Μήκος αγωγού (m)	Μηκασομική κλίση (απόλυτη)	n	D (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>0</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q/Q <sub>0</sub>	y/D	u/u <sub>0</sub>	u <sub>0</sub> (m/s)	u (m/s)	u <sub>0</sub> (10%) (m/s)
0,65	0,010	0,014	0,1446	0,0022	0,013	0,173	0,29	0,771	0,78	0,60	0,49

Σημειώνεται ότι στους υπολογισμούς ελήφθη υπόψη συντελεστής τραχύτητας Manning  $n=0,014$  για τους σωλήνες PVC-U.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος επάρκειας του καναλιού των σχαρών υδροσυλλογής και προέκυψε ότι το βάθος ροής του νερού, για τη χειρίστη περίπτωση όπου η κλίση του πυθμένα είναι 2,4%, είναι 1,6εκ. Επομένως, η πλήρωση του καναλιού στην περίπτωση αυτή θα είναι 0,19 ( $=0,085\text{m}/0,016\text{m}$ ).



**Νομογράφημα 1:** Μεταβολή των υδραυλικών χαρακτηριστικών μεγεθών ροής αγωγού κυκλικής διατομής με ελεύθερη επιφάνεια συναρτήσει του ποσοστού μερικής πλήρωσης  $y/D$ .

Θεσσαλονίκη, Οκτώβριος 2019

Ο Συντάξας

ΝΙΚΟΛΑΟΣ Γ. ΤΑΓΓΕΣ  
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ  
ΑΡ. ΜΗΤΡΩΟΥ Τ.Ε.Ε. 100898  
ΙΩΓΙΓΕΝΕΙΑΣ 51, ΤΗΛ. 2510920453  
Τ.Κ.543 52 ΑΝΤΙΟΥΜΠΑ - ΘΕΣ/ΝΙΚΗ  
ΑΦΜ 119778714 - ΔΟΥ: ΣΤ' ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ

Νικόλαος Ταγρές  
Πολιτικός Μηχανικός

## 4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Συλλογή Εντύπων Κατά τις Παραδόσεις Υδραυλικών Έργων Ι, Τεύχος 3, Αποχετεύσεις (Θεσσαλονίκη: Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο, 1996) του Ηρακλή Χατζηαγγέλου, Καθηγητή των Υδραυλικών Έργων του Τομέα της Υδραυλικής του Τμήματος των Πολιτικών Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης
  2. Σημειώσεις αποχετεύσεων ,Τεύχος Β, Υδραυλική των υπονόμων του Σταύρου Γιαννόπουλου Καθηγητή του Τομέα Συγκοινωνιακών και Υδραυλικών Έργων του Τμήματος των Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης
  3. Ο.Σ.Μ.Ε.Ο. – Κεφάλαιο 8 Μελέτη Υδραυλικών Έργων Οδοποιΐας (Εγνατία Οδός Α.Ε.)
  4. Όμβριες Καμπύλες, Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης" (ΕΓΥ, ΥΠΕΚΑ, Ιούλιος 2018)
  5. ΟΜΟΕ – ΑΣΥΕΟ Τεύχος 8 – Αποχέτευση – Στράγγιση - Υδραυλικά έργα οδών (ΓΓΔΕ-ΥΠΕΧΩΔΕ, Νοέμβριος 2002)
  6. Τεχνικό φυλλάδιο σωλήνων δομημένου τοιχώματος, Polieco Group
-