

**Δημήτρης Κουτσογιάννης**

*Αν. Καθηγητής, Τομέας Υδατικών Πόρων, Ε.Μ.Π.*

**Ηλίας Βασιλόπουλος**

*Δρ. Υδραυλικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.*

## **1. ΓΕΝΙΚΑ**

Η διαμόρφωση του κόστους κατασκευής των δικτύων συλλογής και αποχέτευσης ακαθάρτων, ωθεί τους ερευνητές στην αναζήτηση νέων αρχών σχεδιασμού των δικτύων αυτών, ώστε να προκύψουν νέες, οικονομικότερες λύσεις.

Οι κύριες αιτίες διαμόρφωσης μεγάλου κόστους συνοψίζονται στα ακόλουθα :

- α) ο σχεδιασμός των αγωγών με ελεύθερη επιφάνεια,
- β) οι βαθιές εκσκαφές που απαιτούνται για τη συλλογή λυμάτων οικιών (ιδιαίτερος υπογείων) και η ανάγκη τοποθέτησης των αγωγών αυτών κάτω από τους αγωγούς ύδρευσης, αποχέτευσης ομβρίων κ.λπ. και
- γ) η υιοθέτηση, ως ελάχιστης της κυκλικής διατομής των 20 cm, για λόγους αερισμού των λυμάτων και αποφυγή εμφράξεων.

Οι μέχρι τώρα προσπάθειες για επίτευξη οικονομικότερων λύσεων, προσέφεραν πειραματικές λύσεις δικτύων, κάτω από ειδικές συνθήκες.

Οι “λύσεις” αυτές είναι :

- α) τα αποχετευτικά συστήματα με βαρύτητα, μικρής διαμέτρου,
- β) τα αποχετευτικά συστήματα με πίεση και
- γ) τα αποχετευτικά συστήματα με υποπίεση.

Στη συνέχεια αναλύονται οι αιτίες διαμόρφωσης υψηλού κόστους σήμερα και παρουσιάζονται οι εναλλακτικές προτάσεις.

## **2. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΙΤΙΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΥΨΗΛΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ**

### **2.1 Ροή με Ελεύθερη Επιφάνεια**

Είναι γνωστό ότι τα δίκτυα αποχέτευσης ακαθάρτων λειτουργούν επί αιώνες ως αγωγοί με ελεύθερη επιφάνεια.

Οι λόγοι που επέβαλαν μία τέτοια λειτουργία είναι :

- α) η οικονομικότητα της λειτουργίας,
- β) η απλότητα της κατασκευής, έτσι ώστε να λειτουργούν επί μακρά χρονικά διαστήματα και
- γ) ο αερισμός των μεταφερομένων λυμάτων.
- δ) η συχνή ανυπαρξία σαφών πληροφοριών σχετικά με τις παρασιτικές εισροές, την εξέλιξη του πληθυσμού του τουρισμού και της βιομηχανίας στην αποχετευόμενη περιοχή, έτσι ώστε να είναι αντικειμενικά δύσκολη η σαφής εκτίμηση και, κατά συνέπεια, η υπερκτίμηση ή υποεκτίμηση της παροχής σχεδιασμού. Η επιλογή συστήματος με μερική πλήρωση για τα δίκτυα ακαθάρτων, συμβάλλει αποφασιστικά στη διαμόρφωση υψηλού κόστους κατασκευής, επειδή στην περίπτωση αυτή, οι διατομές και, κατά συνέπεια, οι εκσκαφές, οι επιχώσεις, άμμοι κ.λπ. είναι πολύ μεγαλύτερες.

### **2.2 Μεγάλα Βάθη Εκσκαφής**

Τα βάθη εκσκαφής που διαμορφώνονται στα δίκτυα συλλογής και αποχέτευσης ακαθάρτων είναι σχετικά μεγάλα και το γεγονός αυτό οφείλεται στις ακόλουθες αιτίες :

- α) Στην ανάγκη συλλογής των λυμάτων από τα τελικά φρεάτια των οικιών, τα οποία ευρίσκονται εν γένει σε μεγάλο βάθος, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις ύπαρξης υπογείων.

Το βάθος τοποθέτησης διαμορφώνεται στα 1,5 μ. σε περίπτωση απουσίας υπογείων ή στα 2,5 μ. στην αντίθετη περίπτωση.

- β) Στη συνύπαρξη στην ίδια οδό αγωγών άλλων δικτύων. Ιδιαίτερα η ύπαρξη αγωγών αποχέτευσης ομβρίων, μεγαλύτερης εν γένει διαμέτρου, οδηγεί την τοποθέτηση των αγωγών σε μεγάλα βάθη, ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση των τελικών φρεατίων των οικιών και από τις δύο πλευρές του δρόμου.

- γ) Στη συχνή ανάγκη όδευσης των αγωγών με κλίση αντίθετη από εκείνη των οδών, για αποφυγή πρόβλεψης αντλιοστασίων.

- δ) Στην απαίτηση για επίτευξη της ελάχιστης ταχύτητας (αυτοκαθαρισμού) στους αγωγούς, που οδηγεί, στις περιπτώσεις οδών με μικρές κλίσεις, σε μεγαλύτερες κλίσεις από εκείνες των δρόμων και κατά συνέπεια σε μεγαλύτερα βάθη εκσκαφής.

Μεγάλα βάθη τοποθέτησης των αγωγών συνεπάγονται βαθέα φρεάτια επίσκεψης, σημαντικές εκσκαφές, επιχώσεις κ.λπ., και προφανώς μεγαλύτερο κόστος κατασκευής.

### **2.3 Θέσπιση ως Ελάχιστης της Κυκλικής Διατομής των 20 cm**

Η ελάχιστη διάμετρος των 20 cm που προβλέπεται από τις ισχύουσες προδιαγραφές για τους κυκλικούς αγωγούς αποχέτευσης ακαθάρτων, υιοθετείται για δύο λόγους :

- α) Τον επαρκή αερισμό των υγρών αποβλήτων, σε συνδυασμό με τη διατηρούμενη τιμή του ποσοστού πλήρωσης ( $Y / D$ ) μικρότερη / ίση του 0,5, όπου  $Y$  το βάθος ροής και  $D$  η διάμετρος του αγωγού.
- β) Την αποφυγή εμφράξεων από στερεά που έχουν εισχωρήσει στο δίκτυο.

Είναι γνωστό ότι, με μέσες τιμές των παρασιτικών εισροών, η ελάχιστη διάμετρος, υπό δυσμενείς συνθήκες κλίσεων (ελάχιστες), είναι ικανή να μεταφέρει τα λύματα 700 ατόμων περίπου.

## **3. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ**

### **3.1 Προϋποθέσεις Εφαρμογής**

Είναι προφανές ότι οποιαδήποτε πρόταση για εναλλακτική μορφή δικτύων ακαθάρτων πρέπει να είναι “απαλλαγμένη” τουλάχιστον από μερικές από τις αιτίες που ωθούν το κόστος των δικτύων σε μεγάλα ύψη.

Οι προϋποθέσεις, που εξειδικεύονται ανάλογα με τον τύπο του εναλλακτικού συστήματος, είναι :

- α) Η απαλλαγή από τα καθιζήσιμα στερεά υλικά που υπεισέρχονται στο δίκτυο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με την πρόβλεψη βόθρων, που λειτουργούν ως δεξαμενές καθίζησης, είτε με τη παρεμβολή αντλιών αλέσεως (grinder pumps).
- β) Η λειτουργία του συστήματος να γίνεται με πλήρη διατομή, εφαρμόζοντας είτε πίεση είτε υποπίεση στο δίκτυο.
- γ) Η ελαχιστοποίηση των παρασιτικών εισροών με τη χρήση στεγανών σωληνώσεων, στις περιπτώσεις όπου το δίκτυο προβλέπεται στο σύνολό του πάνω από το φρεάτιο ορίζοντα.

Συνολικά τα εναλλακτικά συστήματα, έναντι των συμβατικών, παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα :

- α) μειωμένο αρχικό κόστος κατασκευής, αλλά μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας, τόσο για το κύριο δίκτυο, όσο και για τις συνδέσεις,
- β) πιο σύνθετη υδραυλική και βιοχημική λειτουργία,
- γ) αποφυγή κατασκευής φρεατίων επίσκεψης,
- δ) χρήση μικρότερων διαμέτρων και
- ε) μειωμένα βάθη εκσκαφής.

Ακολουθεί σύντομη περιγραφή των τριών κυριότερων εναλλακτικών προτάσεων για τα δίκτυα αποχέτευσης ακαθάρτων.

### **3.2 Αποχετευτικά Συστήματα Μικρής Διαμέτρου με Βαρύτητα**

Στα συστήματα αυτά, η ελάχιστη τιμή της διαμέτρου δεν είναι πλέον τα 20 cm, αλλά σημαντικά μικρότερη.

Για να είναι εφικτή η μείωση αυτή, τα λύματα πριν από την είσοδό τους στο δίκτυο, παραμένουν σε βόθρο, όπου καθιζάνουν οι στερεές ουσίες, ενώ παράλληλα προβλέπονται φίλτρα, με ανοίγματα 3 mm, έτσι ώστε να μην είναι δυνατή η είσοδος των επιπλέοντων σωματιδίων.

Αντί φρεατίων επίσκεψης προβλέπονται δίοδοι πλύσης ή δίοδοι απόξεσης. Η προβλεπόμενη και στις δύο περιπτώσεις κατακόρυφη διάταξη, φέρει στην κεφαλή δικλείδα, το άνοιγμα της οποίας είτε εισάγει το νερό καθαρισμού με πίεση, είτε καθιστά δυνατή τη χρήση εργαλείων απόξεσης. Λόγω της παραμονής των λυμάτων στους βόθρους δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες και παραγωγή υδροθείου, οπότε σε κάθε σημείο πρόσβασης προβλέπονται διατάξεις απόσμησης. Για την επαναφορά των αερόβιων συνθηκών χρησιμοποιείται αερισμός ή χλωρίωση ή προστίθεται υπεροξείδιο του υδρογόνου.

Στα πλεονεκτήματα της εναλλακτικής αυτής πρότασης, συγκαταλέγονται :

- α) η χρήση διαμέτρων έως και 5 ή 10 cm,
- β) η ταχύτητα και το χαμηλό κόστος κατασκευής και
- γ) η αφαίρεση σημαντικού ποσοστού οργανικού φορτίου και κατά συνέπεια η μείωση των απαιτήσεων τελικής επεξεργασίας των λυμάτων.

ενώ στα μειονεκτήματα :

- α) η συσσώρευση σηπτικής ιλύος στους βόθρους και η ανάγκη επεξεργασίας και διάθεσής της και
- β) η δημιουργία αναερόβιων συνθηκών και κατά συνέπεια διαβρωτική δράση των λυμάτων, δημιουργία οσμών και αναγκαιότητα για χρήση διατάξεων απόσμησης.

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στην Αυστραλία τη δεκαετία του '60 και ακολούθησε τη δεκαετία του '70 η χρήση τους στις Η.Π.Α.

### **3.3 Αποχετευτικά Συστήματα με Πίεση**

Στα συστήματα αυτά, οι αγωγοί του δικτύου λειτουργούν με πίεση, ενώ η σύνδεση των οικιών γίνεται με άντληση.

Οι αντλίες είναι είτε βυθισμένες σε σηπτική δεξαμενή φυγοκεντρικές, στον εξοπλισμό τον οποίον προβλέπεται φίλτρο ανοίγματος 3 mm περίπου, για τον περιορισμό της εισόδου των στερεών σωματιδίων στο δίκτυο, είτε αλέσεως (grinder pumps), οπότε δεν απαιτείται σηπτική δεξαμενή, αλλά μικρό τέλμα.

Τα χαρακτηριστικά του δικτύου είναι :

- α) Αγωγοί ελάχιστης διαμέτρου 5 – 7,5 cm, ταχύτητα σχεδιασμού 1,5 έως 2 m/s, κατασκευασμένοι είτε από PVC, είτε από HDPE.
- β) Η έλλειψη φρεατίων επίσκεψης και η αντικατάστασή τους με διόδους καθαρισμού ή απόξεσης.
- γ) Ο εξοπλισμός με δικλείδες απομόνωσης, εκκενωτές στα χαμηλά, και αερεξαγωγούς στα ψηλά σημεία, διατάξεις απόσμησης και (ενδεχομένως) ρυθμιστές πίεσης.

Στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του συγκεκριμένου συστήματος συγκαταλέγονται :

- α) το μειωμένο αρχικό κόστος του δικτύου, αλλά και το αυξημένο κόστος σύνδεσης,
- β) το αυξημένο κόστος λειτουργίας τόσο στις συνδέσεις, όσο και στο δίκτυο,
- γ) η μεγαλύτερη ταχύτητα κατασκευής,
- δ) το αυξημένο κόστος συντήρησης,

- ε) η μειωμένη αξιοπιστία του δικτύου λόγω των παρουσιαζομένων συχνά βλαβών και αδυναμιών του συστήματος,
- στ) η μόνιμη παρουσία εξειδικευμένου προσωπικού για τη λειτουργία του συστήματος,
- ζ) η παρουσία πολλών και σημαντικών ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων,
- η) η επικράτηση αναερόβιων συνθηκών, διαβρωτική δράση των υγρών αποβλήτων, δημιουργία οσμών και ανάγκη διατάξεων απόσμησης και
- θ) η ελευθερία στη χάραξη των αγωγών είτε σε οριζοντιογραφία, είτε σε μηκοτομή.

Τα συστήματα αυτά έχουν συχνή εφαρμογή στις ΗΠΑ, και ενδείκνυνται σε περιπτώσεις αραιοκατοικημένων οικισμών με έντονο ανάγλυφο ή βραχώδες υπέδαφος ή ψηλό φρεάτιο ορίζοντα.

### **3.4 Αποχετευτικά Συστήματα με Υποπίεση**

Πρόκειται για το σύστημα με την πλέον πολύπλοκη λειτουργία, που στηρίζεται στην παρουσία ενός κεντρικού αντλιοστασίου κενού, το οποίο δημιουργεί πίεση μικρότερη της ατμοσφαιρικής.

Στο αντλιοστάσιο αυτό καταλήγουν όλοι οι αγωγοί, διαμέτρων από 10 έως 20 cm, από μέγιστη απόσταση 5 χιλιομέτρων. Το συνολικό δίκτυο πρέπει να είναι τόσο υδατοστεγανό, όσο και αεροστεγές.

Η σύνδεση κάθε κατοικίας απαιτεί την παρουσία ειδικής μονάδας σύνδεσης, με αποθηκευτικό τέλμα και δικλείδα κενού, που λειτουργεί με αυτοματισμό, εισάγοντας στο δίκτυο, μαζί με τα απόβλητα και ποσότητα αέρα (κατά 50% έως 300% αυξημένη σε σχέση με την ποσότητα των λυμάτων).

Η ροή δεν είναι μόνιμη, αλλά χαρακτηρίζεται από τη μετακίνηση θυλάκων αέρα και λυμάτων. Η πριονωτή – σε μηκοτομή – χάραξη των αγωγών βοηθά στην καλλίτερη λειτουργία του συστήματος.

Κατά περιόδους στο σύστημα αναπτύσσονται ταχύτητες – της υγρής φάσης – της τάξης των 5 μ/δλ, έτσι ώστε να μην υπάρχει καθίζηση στερεών στους αγωγούς.

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος είναι ανάλογα με εκείνα των προηγούμενων εναλλακτικών συστημάτων.

Παρουσιάζουν όμως και πρόσθετα πλεονεκτήματα, όπως :

- α) εξασφάλιση πλήρους αερισμού και κατά συνέπεια απάλειψη των οσμών,
- β) μη ύπαρξη καθιζήσεων και απαλλαγή από το πρόβλημα της παρουσίας της σηπτικής ιλύος σε κάθε σύνδεση,
- γ) μη ενεργοβόρα απλή σύνδεση των κατοικιών.

Παρουσιάζει όμως το μεγάλο πρόβλημα του πολύπλοκου της υδραυλικής λειτουργίας, και της δυσλειτουργίας σε περίπτωση βλαβών και της ανάγκης για παρουσία εξειδικευμένου προσωπικού.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Angelakis, A.N. and D. Koutsoyiannis (2003), Urban water engineering and management in Ancient Greece. *The Encyclopedia of Water Science*, (B.A. Stewart and T. Howell, Eds.), Markel Dekker, 999-1007, New York.
- Burton, F.L. (1996), Wastewater collection systems, Ch. 19 in *Water Resources Handbook*, (L.W. Mays Ed.), Mc Graw-Hill, New York.
- Butler, D., and J.W. Davis (2000), *Urban Drainage*, E & FN Spon, London.
- Crites, R., and G. Tchobaloglous (1998), *Small & Decentralized Wastewater Management Systems*, McGraw-Hill, New York.
- Κουτσογιάννης, Δ. (1999), *Σχεδιασμός Αστικών Δικτύων Αποχέτευσης*, Έκδοση 3.1, 202 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- U.S. Environmental Protection Agency (1991), *Manual : Alternative Wastewater Collection Systems*. EPA Office of Water, Washington, DC. EPA 625/1-91/024.
- U.S. Environmental Protection Agency (2000), Decentralized Systems Technology Fact Sheet, Small Diameter Gravity Sewers, EPA Office of Water, Washington, DC. EPA 832-F-00-038.
- U.S. Environmental Protection Agency (2002), Wastewater Technology Fact Sheet, Pressure, EPA Office of Water, Washington, DC. EPA 832-F-02-006.
- Water Environmental Federation (1986), *Alternative Sewer Systems, Manual of Practice FD-12*, Alexandria, Va.