



ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ

Αριστείδης Κουτρούλης

Σχολή Χημικών Μηχανικών και
Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Συστήματα αποχέτευσης: ορισμοί, βασικές έννοιες, κατηγορίες
- Υδραυλική των αποχετευτικών αγωγών
- Υπολογισμός παροχών σχεδιασμού δικτύων αποχέτευσης ακαθάρτων Π.Δ. 696/1974
- Βασικά προβλήματα υδραυλικής αποχετεύσεων



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Συστήματα αποχέτευσης: ορισμοί, βασικές έννοιες, κατηγορίες
- Υδραυλική των αποχετευτικών αγωγών
- Υπολογισμός παροχών σχεδιασμού δικτύων αποχέτευσης ακαθάρτων Π.Δ. 696/1974
- Βασικά προβλήματα υδραυλικής αποχετεύσεων

Ορισμοί – Βασικές έννοιες

- Αστικά Λύματα ή Ακάθαρτα: Είναι τα νερά που προέρχονται από τις οικιακές, εμπορικές, βιομηχανικές περιοχές αναμεμειγμένες με στερεά (ποσοστό 1‰)
- Όμβρια: είναι τα νερά από έντονες βροχοπτώσεις που απορρέουν επιφανειακά
- Παρασιτικές Εισροές:
 - i) εισροές υπόγειων νερών (διήθηση-εισροή)
 - ii) εισροές ομβρίων
 - iii) εισροές από άλλα δίκτυα λόγω βλάβης ή παράνομη σύνδεση

Ορισμοί – Βασικές έννοιες

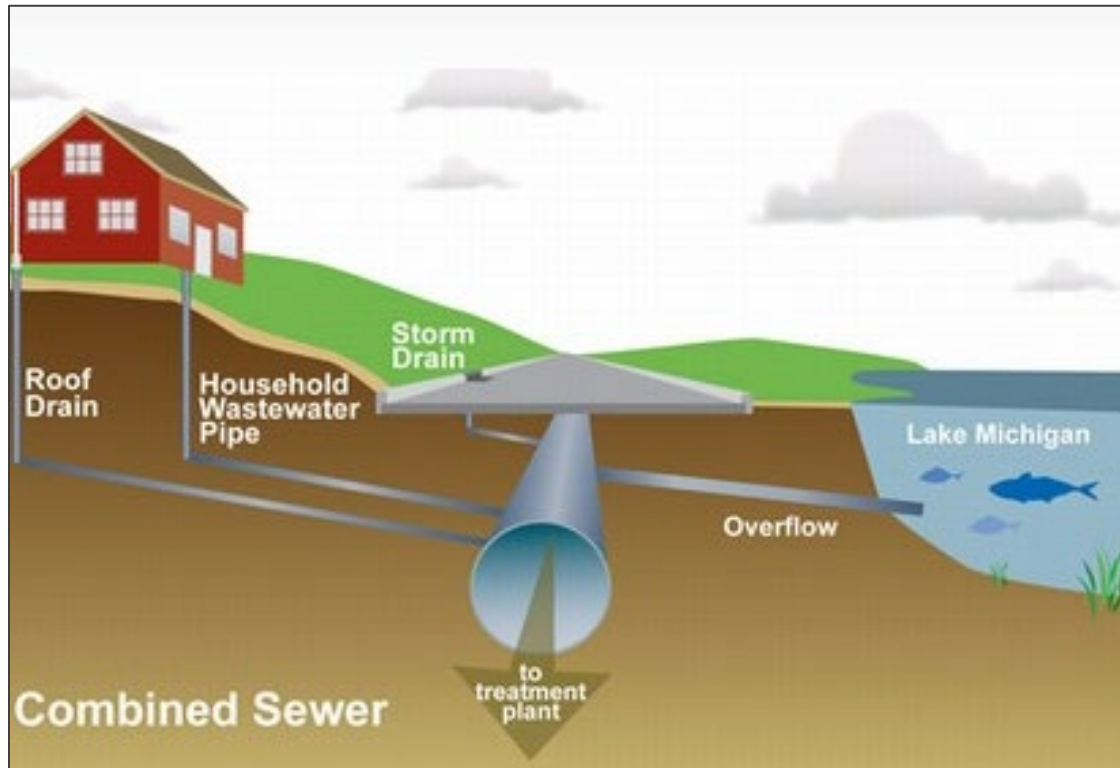
- Οι παρασιτικές εισροές εξαρτώνται από τους παρακάτω παράγοντες
 - i) από τη στάθμη του υπόγειου υδροφορέα
 - ii) διαπερατότητα εδάφους
 - iii) παλαιότητα δικτύου
 - iv) υλικό και ποιότητα αγωγών
 - v) αποτελεσματική συντήρηση δικτύου

Οι εισροές στο δίκτυο είναι μη προγραμματισμένες και σε κάθε περίπτωση πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό

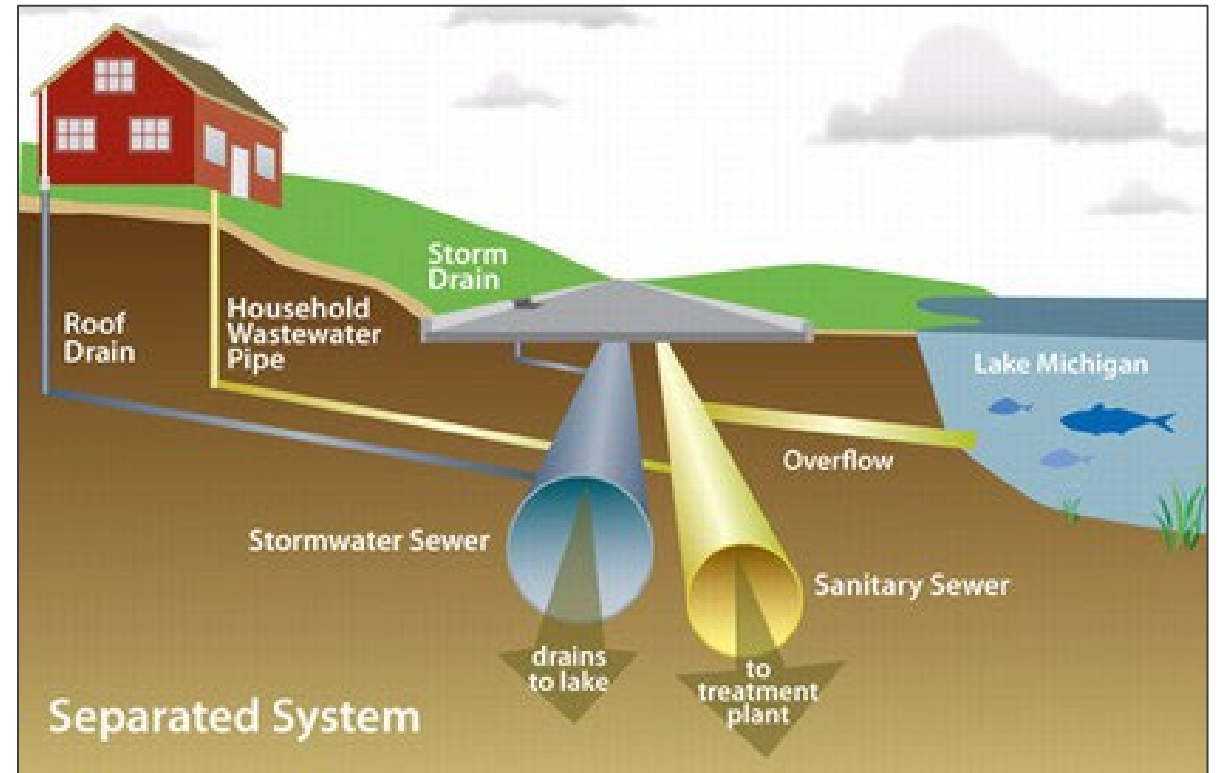


Ορισμοί – Κατηγορίες συστημάτων

Παντοροϊκό

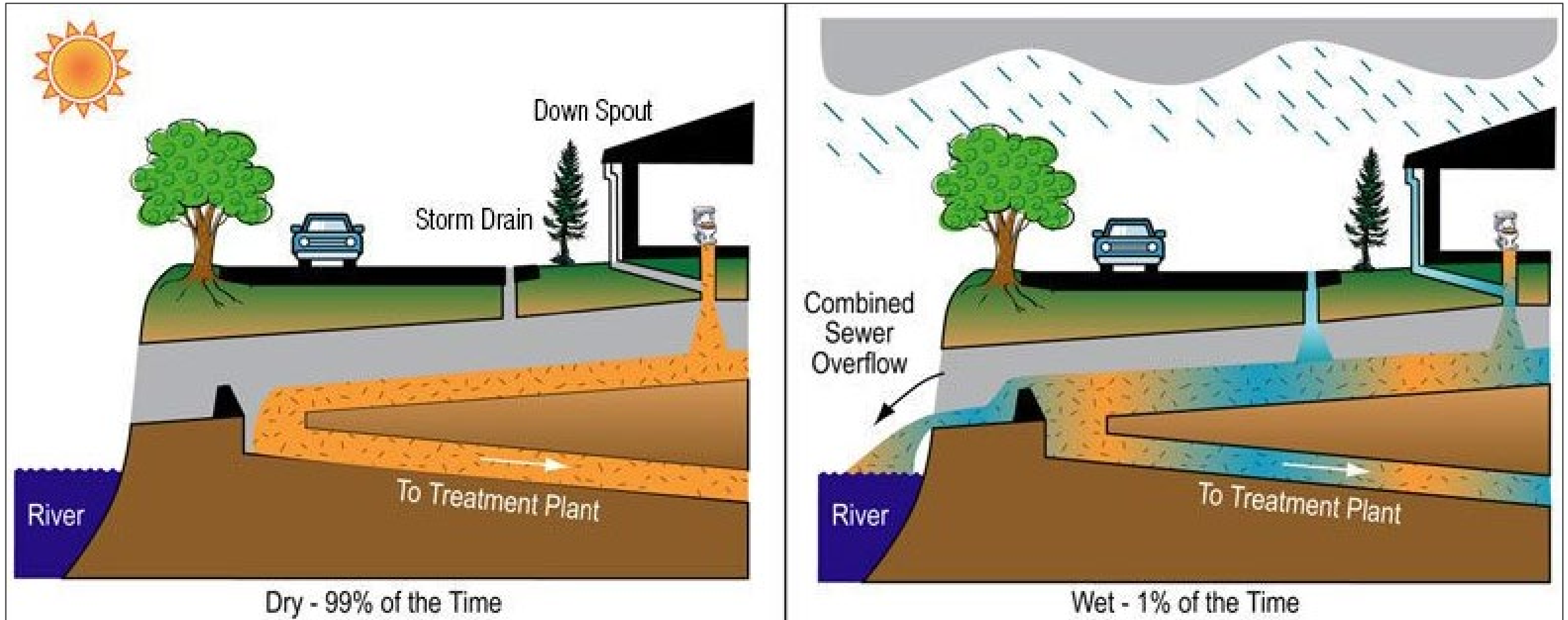


Χωριστικό



Ορισμοί – Κατηγορίες συστημάτων

Παντοροϊκό με υπερχείλιση



Ορισμοί – Κατηγορίες συστημάτων

- **Παντοροϊκό δίκτυο:** Κοινό δίκτυο ομβρίων και ακαθάρτων. (παλιά δίκτυα)
- (-) υπερχείλιση προς επιφανειακά υδάτινα σώματα -ρύπανση των υδάτινων σωμάτων
- (-) αυξημένο κόστος επεξεργασίας λόγω ομβρίων
- (-) κίνδυνοι πλημμυρίσματος υπογείων – καταιγίδες
- (-) αναδύσεις οσμών κατά τις ξηρές περιόδους
- (-) αυξημένο κόστος άντλησης
- (+) απλότητά του (ένας αγωγός σε κάθε δρόμο) που προσφέρει καλύτερη εμποπτεία
- (+) μικρότερο αρχικό κόστος κατασκευής



Ορισμοί – Κατηγορίες συστημάτων

- **Χωριστικό δίκτυο:** Ανεξάρτητα δίκτυα ακαθάρτων και όμβριων (σύγχρονα δίκτυα)
 - (+) δεν έχει τα προηγούμενα μειονεκτήματα του παντοροϊκού
 - (+) σύστημα επιτρέπει την πλήρη ανεξαρτησία στο σχεδιασμό των δύο δικτύων
 - (+) ευνοεί τη σταδιακή κατασκευή των έργων αποχέτευσης
 - (-) απαιτεί προσεκτική επιτήρηση
 - (-) μεγαλύτερο κόστος κατασκευής



Ορισμοί – Κατηγορίες συστημάτων

■ Λειτουργία δικτύου

- Οι αποχετευτικοί αγωγοί δε λειτουργούν ποτέ υπό πίεση, πάντα με ελεύθερη επιφάνεια. Η ροή θεωρείται για λόγους απλοποίησης μόνιμη και ομοιόμορφη.

■ Δίκτυο ομβρίων:

- αποκεντρωτικού τύπου (δεν υπάρχει δηλαδή η ανάγκη συλλογής των ομβρίων για την εκβολή στον τελικό αποδέκτη σε ένα σημείο).

■ Δίκτυο ακαθάρτων:

- συγκεντρωτικού τύπου για την προστασία του περιβάλλοντος (συνήθως συγκεντρώνονται τα λύματα σε εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων)



Αγωγοί - διατομή

- Πλειονότητα υπονόμων είναι αγωγοί κυκλικής διατομής
- Ωοειδείς αγωγοί περισσότερο τα παλαιότερα χρόνια
- Οι αγωγοί ορθογωνικής διατομής χρησιμοποιούνται για υπονόμους ομβρίων μέσου, και μεγάλου μεγέθους
- Η σύγχρονη πρακτική έχει απομακρυνθεί ουσιαστικά από ειδικές κατασκευές διατομών (πεταλοειδείς, θολωτοί αγωγοί)
- Υφιστάμενα υδατορεύματα διαμορφώθηκαν ως κλειστοί αγωγοί



Αγωγοί - τεχνολογία δικτύων

1. Διάρκεια ζωής και εμπειρία από χρήση συγκεκριμένου υλικού.
2. Αντοχή σε μηχανική διάβρωση
3. Αντοχή έναντι χημικής διάβρωσης
4. Φυσική αντοχή και αντοχή σε μηχανική καταπόνηση
5. Κόστος του υλικού και της τοποθέτησης
6. Ευκολία στον χειρισμό και στην τοποθέτηση.
7. Τύπος, συχνότητα και στεγανότητα αρμών
8. Διαθεσιμότητα των διατομών που απαιτούνται.
9. Διαθεσιμότητα και ευκολία τοποθέτησης ειδικών τεμαχίων (π.χ. για συναρμογές).
10. Υδραυλικά χαρακτηριστικά.
11. Τραχύτητα



Αγωγοί - υλικά

Σκυρόδεμα



1. διάμετροι που διατίθενται στο εμπόριο είναι από 40 - 250 cm ανά 10 cm
2. διάμετροι άνω των 150 cm είναι οπλισμένοι
3. ονομαστική διάμετρος αναφέρεται στην **εσωτερική** διάμετρο
4. άκαμπτα ευθύγραμμα τεμάχια με τυποποιημένα μήκη 1 και 2 m
5. μικρό κόστος των αγωγών
6. άριστη αντοχή σε μηχανική διάβρωση & μικρή σε χημική διάβρωση
7. κατάλληλοι για όμβρια
8. μειονεκτήματα το μεγάλο βάρος και το μεγάλο πλήθος των αρμών



Αγωγοί - υλικά

Αμιαντοτσιμέντο



1. έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως τις δεκαετίες του '70 και του '80
2. τυποποιημένα μήκη των 5 m
3. διαμέτρους από 200 - 1000 mm
4. ονομαστική διάμετρος αναφέρεται στην **εσωτερική** διάμετρο
5. άριστη αντοχή σε μηχανική διάβρωση & μικρή σε χημική διάβρωση
6. μικρότερο ποσοστό διηθήσεων σε σχέση με τους αγωγούς από απλό σκυρόδεμα
7. αποφεύγεται η χρήση αγωγών από αμιαντοτσιμέντο, λόγω θεμάτων καλής υγείας στους χώρους παραγωγής και τοποθέτησης
8. μικρότερο βάρος σε σχέση με τους αγωγούς από σκυρόδεμα, με αποτέλεσμα την πιο εύκολη τοποθέτησή τους, μεγαλύτερο εύρος αντοχής και διαμέτρων, και το μειωμένο κόστος τους



Αγωγοί - υλικά

σκληρό πολυβινυλοχλωρίδιο (uPVC)



1. στα δίκτυα ακαθάρτων χρησιμοποιούνται κυρίως σωλήνες από uPVC
2. μεγάλη αντοχή σε χημική και μηχανική διάβρωση
3. διαθέσιμες διάμετροι στο εμπόριο κυμαίνονται από 20 - 63 cm για διάφορες κλάσεις αντοχής
4. ονομαστική διάμετρος αναφέρεται στην **εξωτερική** διάμετρο
5. άκαμπτα τεμάχια μήκους 6m
6. μικρότερο ποσοστό διηθήσεων σε σχέση με τους αγωγούς από σκυρόδεμα
7. μικρή αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία, απαιτώντας αποθήκευση σε σκιερούς χώρους



Αγωγοί - υλικά

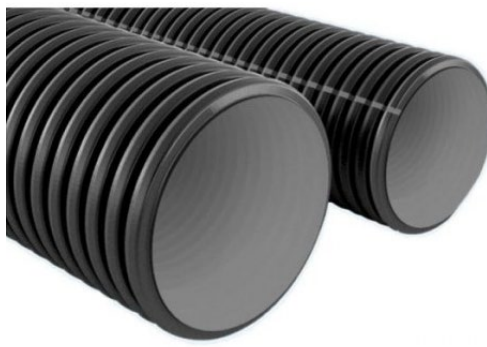
σκληρό πολυβινυλοχλωρίδιο (uPVC)



Αποχετευτικοί αγωγοί από uPVC			
Ονομαστική διάμετρος (mm)	Σειρά 41	Σειρά 51	Σειρά 81
	Εσωτερική διάμετρος (mm)	Εσωτερική διάμετρος (mm)	Εσωτερική διάμετρος (mm)
200	190,2	192,2	-
250	237,8	240,0	243,8
315	299,6	302,6	307,2
355	-	341,0	346,2
400	380,4	384,2	390,0
500	475,6	480,4	487,6
630	599,2	605,2	620,0



Αγωγοί - υλικά υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE)



αγωγοί
δομημένου
τοιχώματος

1. μικρότερη πυκνότητα από τους αγωγούς uPVC – μεγαλύτερο πάχος τοιχωμάτων για ίδια αντοχή με uPVC
2. μικρή χημική αντοχή σε πετρελαιοειδή και μικρότερη σε μηχανική από uPVC
3. διαθέσιμες διάμετροι στο εμπόριο κυμαίνονται από 20 - 63 cm για διάφορες κλάσεις αντοχής
4. ονομαστική διάμετρος αναφέρεται στην **εξωτερική** διάμετρο
5. εύκαμπτα τεμάχια μήκους 12m
6. στεγανές συνδέσεις με επιτόπου συγκόλληση
7. η χρήση αγωγών από HDPE για αποχετευτικά δίκτυα σπανίζει λόγω αυξημένου κόστους (σε σχέση με τους αγωγούς uPVC)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Συστήματα αποχέτευσης: ορισμοί, βασικές έννοιες, κατηγορίες
- Υδραυλική των αποχετευτικών αγωγών
- Υπολογισμός παροχών σχεδιασμού δικτύων αποχέτευσης ακαθάρτων Π.Δ. 696/1974
- Βασικά προβλήματα υδραυλικής αποχετεύσεων

Υδραυλική των αποχετευτικών αγωγών

Παραδοχές

Οι διατομές που χρησιμοποιούνται για δίκτυα ακαθάρτων είναι στην συντριπτική τους πλειοψηφία κυκλικές διατομές μερικής πλήρωσης.

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

A: το εμβαδόν της υγρής διατομής

R: η υδραυλική ακτίνα

S: η κλίση του αγωγού

n: ο συντελεστής τραχύτητας Manning για ολική πλήρωση
(n_o ολική πλήρωση αγωγού)

Ισοδύναμα για την ταχύτητα η εξίσωση Manning δίνει:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Ιδιαίτερα
χαρακτηριστικά
της μόνιμης
ομοιόμορφης
ροής σε ανοιχτό
αγωγό

The diagram illustrates the energy components in an open channel flow. It shows a cross-section of a channel with a sloped bed. The total energy head is represented by the dashed line, which is the sum of the velocity head ($v^2/2g$) and the pressure head ($y = p/\gamma$). The pressure head is the vertical distance from the channel bed to the water surface. The elevation head (Z) is the vertical distance from a reference level (Επίπεδο αναφοράς) to the channel bed. The diagram also shows the hydraulic radius (R) and the hydraulic slope ($J = h_f/L$).

Υδραυλική των αποχετευτικών αγωγών

Ο συντελεστής τραχύτητας n στους υπονόμους εξαρτάται από:

- το υλικό
- κατασκευαστικούς παράγοντες (αρμοί, πλευρικές συνδέσεις, κακές ευθυγραμμίσεις)
- μεταφερόμενες στερεές ουσίες (ποσότητα και διαστάσεις, αποθέσεις) και
- τις τυχόν ρίζες δέντρων.

Τυπικές τιμές του συντελεστή τραχύτητας

- Πειραματικά αποτελέσματα στις ΗΠΑ: $n = 0.011-0.016$ για αγωγούς σε καλή κατάσταση μέχρι 0.020 για αγωγούς σε κακή κατάσταση.
- Σύσταση WPCF & ASCE: $0.011-0.015$ (για συνήθη υλικά σωληνώσεων).
- Σύσταση για το μάθημα **$n = 0.015$** όταν δεν γίνεται διάκριση γραμμικών και τοπικών απωλειών και 0.013 όταν οι τοπικές απώλειες υπολογίζονται ξεχωριστά.

Υδραυλική των αποχετευτικών αγωγών

Εξισώσεις ολικής πλήρωσης. Για ολική πλήρωση του αγωγού ισχύει:

- Εμβαδόν της υγρής διατομής: $A_0 = \pi \frac{D^2}{4}$
- Βρεχόμενη περίμετρος: $P_0 = \pi D$
- Υδραυλική ακτίνα της υγρής διατομής: $R_0 = \frac{A_0}{P_0} = \frac{D}{4}$

Συνεπώς από την εφαρμογή της εξίσωσης του Manning για ολική πλήρωση του αγωγού προκύπτει:

α) Ταχύτητα ολικής πλήρωσης

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

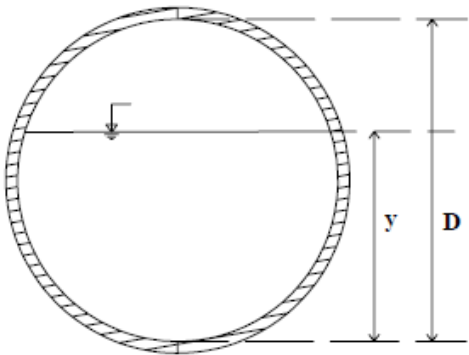
β) Παροχή ολικής πλήρωσης

$$Q_0 = \frac{\pi}{4^{5/3}} \frac{1}{n_0} D^{8/3} S^{1/2}$$

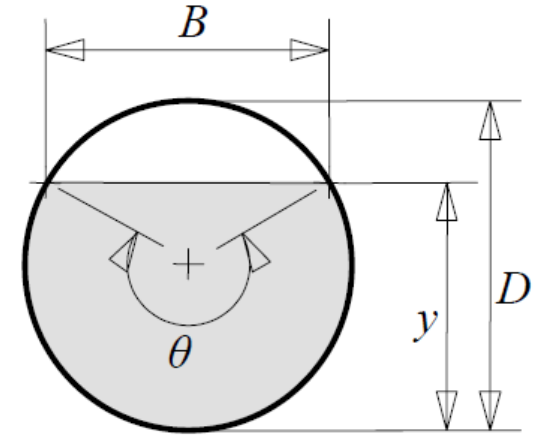
Υδραυλική των αποχετευτικών αγωγών

Γεωμετρία

Λόγος πλήρωσης y/D



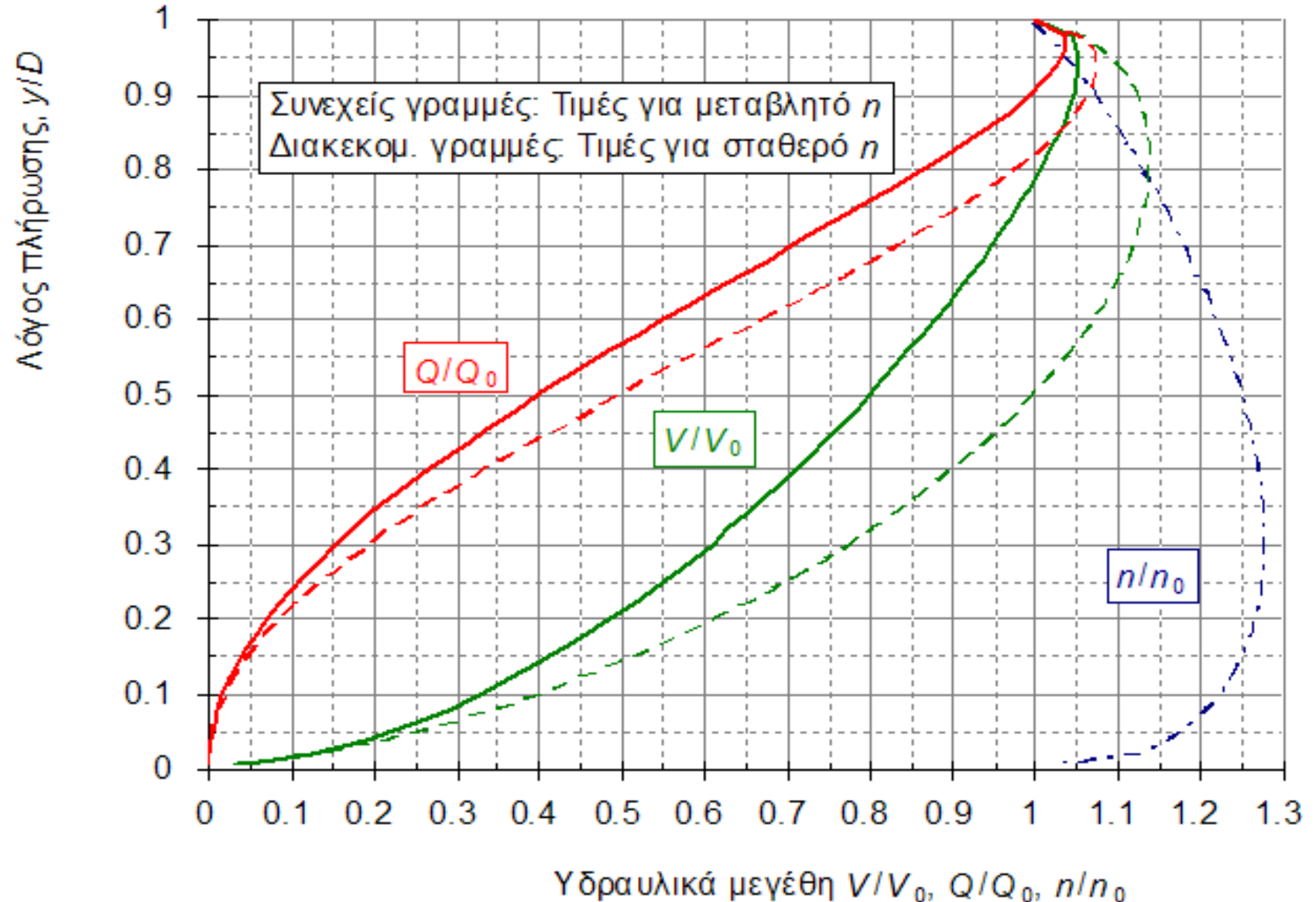
Γεωμετρικά χαρακτηριστικά	Μερική πλήρωση ($y < D$)	Ολική πλήρωση ($y = y_0 = D$)
Λόγος πλήρωσης, y/D	$\frac{y}{D} = \frac{1 - \cos(\theta/2)}{2}$	$\frac{y}{D} = 1$
Γωνία, θ	$\theta = 2 \arccos(1 - 2y/D)$	$\theta_0 = 2\pi$
Εμβαδό υγρής διατομής, A	$A = (\theta - \sin\theta) D^2/8$	$A_0 = \pi D^2/4$
Βρεχόμενη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



Υδραυλική των αποχετευτικών αγωγών

Καμπύλες μερικής
πλήρωσης

Νομογράφημα
πλήρωσης
σωλήνων για
μεταβλητό
συντελεστή
Manning



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Συστήματα αποχέτευσης: ορισμοί, βασικές έννοιες, κατηγορίες
- Υδραυλική των αποχετευτικών αγωγών
- Υπολογισμός παροχών σχεδιασμού δικτύων αποχέτευσης ακαθάρτων Π.Δ. 696/1974
- Βασικά προβλήματα υδραυλικής αποχετεύσεων

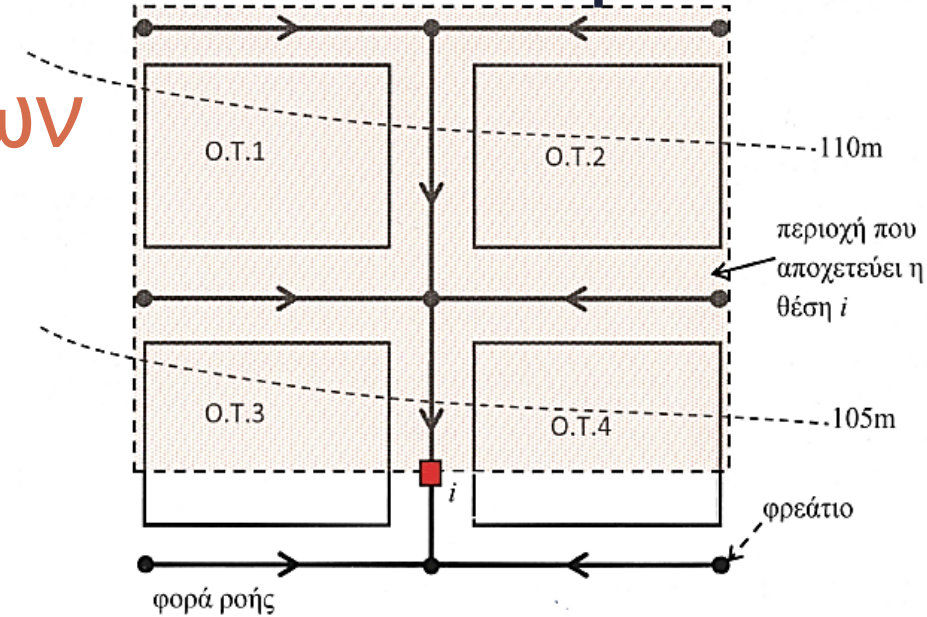


Υπολογισμός παροχών σχεδιασμού δικτύων ακαθάρτων

Μέγιστη ημερήσια παροχή ακαθάρτων

$$Q_{H,i} = \lambda_H \cdot Q_E \cdot \rho$$

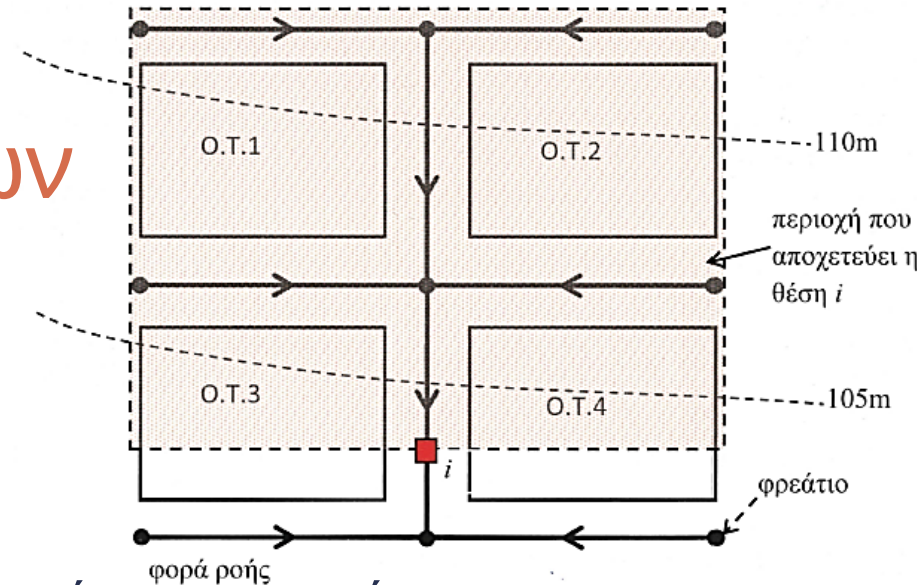
- $Q_{H,i}$ η μέγιστη ημερήσια παροχή στη θέση i του δικτύου που ζητείται η παροχή.
- λ_H συντελεστής μέγιστης ημερήσιας παροχής, για συνυπολογισμό της εποχιακής διακύμανσης (= 1,5 για καλοκαίρι).
- Q_E μέση ημερήσια παροχή ύδρευσης στη διάρκεια ενός έτους
- ρ Ποσοστό του υδρευτικού νερού που εισέρχεται στο δίκτυο, με τυπικές τιμές: $\rho = 0,6$ (κήποι) - $0,8$ (αμιγώς αστικές περιοχές). Για τον ελλαδικό χώρο, συνίσταται η τιμή $0,8$ για παραθεριστικούς οικισμούς και αστικές περιοχές.



Υπολογισμός παροχών σχεδιασμού δικτύων ακαθάρτων

Μέγιστη στιγμιαία παροχή ακαθάρτων

$$Q_{P,i} = P_i \cdot Q_{H,i}$$



- $Q_{P,i}$ η μέγιστη ημερήσια παροχή στη θέση i του δικτύου που ζητείται η παροχή.
- P_i ο συντελεστής μέγιστης στιγμιαίας παροχής στη θέση i του δικτύου
- $Q_{H,i}$ η μέγιστη ημερήσια παροχή στη θέση i του δικτύου που ζητείται η παροχή.

υπολογισμός του συντελεστή
μέγιστης στιγμιαίας παροχής

$$P = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_H}} \leq 3 \quad \text{με } Q_H \text{ σε l/s}$$

Υπολογισμός παροχών σχεδιασμού δικτύων ακαθάρτων

Παρασιτικές εισροές

- Νέα δίκτυα με στεγανά φρεάτια και ελαστικούς δακτυλίους στεγανοποίησης αρμών
- Παλιά δίκτυα με υψηλό υπόγειο ορίζοντα
(1 ha = 10000 m²)

$$q_{\text{εισ}} = \frac{0,5}{A^{0,3}} \leq 0,161 \text{ L/s/Ha}$$

$$q_{\text{εισ}} = \frac{1}{A^{0,25}} (\text{L/s/Ha})$$

Σύμφωνα με τις οδηγίες της ΕΥΔΑΠ οι πρόσθετες εισροές εκτιμώνται ως ποσοστό 30% της παροχής αιχμής ακαθάρτων για περιοχές με υψηλό υδροφόρο ορίζοντα και 20% για περιοχές με χαμηλό υδροφόρο ορίζοντα (Κουτσογιάννης 1999).

Άσκηση 14

Υπολογισμός παροχών σχεδιασμού δικτύων αποχέτευσης ακαθάρτων

Κεντρικός συλλεκτήρας ακαθάρτων αποχετεύει έκταση οικισμού $1,3 \text{ km}^2$ με μέση ημερήσια κατανάλωση $27,08 \text{ l/s}$. Ζητείται η παροχή σχεδιασμού του συλλεκτήρα, αν αυτός διαθέτει ελαστικούς αρμούς. Το ποσοστό του υδρευτικού νερού που καταλήγει στο αποχετευτικό δίκτυο να ληφθεί ίσο με 80%.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Συστήματα αποχέτευσης: ορισμοί, βασικές έννοιες, κατηγορίες
- Υδραυλική των αποχετευτικών αγωγών
- Υπολογισμός παροχών σχεδιασμού δικτύων αποχέτευσης ακαθάρτων Π.Δ. 696/1974
- Βασικά προβλήματα υδραυλικής αποχετεύσεων



ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ

1^ο πρόβλημα Υδραυλικής αποχετεύσεων - Διαστασιολόγηση αγωγού

Στην περίπτωση αυτή είναι γνωστός ο λόγος πλήρωσης y/D , η παροχή Q και η κλίση S , ενώ ζητείται η επιλογή της διαμέτρου D (πρόβλημα διαστασιολόγησης). Απαιτούμενη συνθήκη είναι ότι ο αγωγός θα ικανοποιεί τις περιοριστικές διατάξεις που παρατίθενται στη συνέχεια.

Η διαδικασία επίλυσης του προβλήματος έχει ως εξής:

Βήμα 1^ο : Υπολογισμός παροχής ολικής πλήρωσης Q_0

Με δεδομένο το λόγο πλήρωσης y/D από το νομογράφημα πλήρωσης, προσδιορίζεται ο λόγος Q/Q_0

ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ

1^ο πρόβλημα Υδραυλικής αποχετεύσεων - Διαστασιολόγηση αγωγού

Βήμα 2^ο : Υπολογισμός διαμέτρου αγωγού D

Με δεδομένη την παροχή Q προσδιορίζεται η παροχή πλήρους πλήρωσης Q_0

Βήμα 3^ο : Υπολογισμός διαμέτρου αγωγού D

$$D = \left(\frac{4^{5/3} \cdot n_o \cdot Q_o}{\pi \cdot S_{AB}^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Ελέγχονται οι περιοριστικές διατάξεις

ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ

2^ο πρόβλημα Υδραυλικής αποχετεύσεων - έλεγχος καταλληλότητας της διατομής (επάρκεια διατομής για αερισμό)

Στην περίπτωση αυτή είναι γνωστή η παροχή **Q**, η διάμετρος **D** και η κλίση **S** και ζητούνται το βάθος ροής **y** και η ταχύτητα **V** (έλεγχος καταλληλότητας της διατομής). Απαιτούμενη συνθήκη είναι ότι ο αγωγός θα ικανοποιεί τις περιοριστικές διατάξεις που παρατίθενται στη συνέχεια.

Βήμα 1^ο : Υπολογισμός παροχής, ταχύτητας ολικής πλήρωσης Q_o , V_o

$$Q_o = \frac{\pi}{4^{5/3}} \frac{1}{n_o} D^{8/3} S^{1/2}$$

$$V_o = \frac{4Q_o}{\pi D^2}$$

(η σχέση ισχύει μόνο για ολική πλήρωση του αγωγού)

ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ

2^ο πρόβλημα Υδραυλικής αποχετεύσεων - έλεγχος καταλληλότητας της διατομής

Βήμα 2^ο : Υπολογισμός λόγου Q/Q_0

Προσδιορίζεται ο λόγος Q/Q_0

Βήμα 3^ο : Υπολογισμός λόγου y/D και V/V_0

Από το λόγο Q/Q_0 και το διάγραμμα πλήρωσης προκύπτει ο y/D και στη συνέχεια ο λόγος V/V_0

Βήμα 4^ο : Υπολογισμός βάθους ροής y

Το βάθος ροής προκύπτει από το λόγο y/D με δεδομένη τη διάμετρο D .

Βήμα 5^ο : Υπολογισμός ταχύτητας λειτουργίας V

Η ταχύτητα V σε συνθήκες λειτουργίας (μερική πλήρωση αγωγού) υπολογίζεται από το λόγο V/V_0 με δεδομένη την ταχύτητα ολικής πλήρωσης V_0 .

Ελέγχονται οι περιοριστικές διατάξεις

Τσακίρης 2004, Αποχετεύσεις οικισμών; Κουτσογιάννης 2011, Σχεδιασμός αστικών δικτύων αποχέτευσης

ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ

3^ο πρόβλημα Υδραυλικής αποχετεύσεων - Έλεγχος της παροχευευστικότητας

Περίπτωση όπου είναι γνωστά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά y , D , S και ζητούνται τα χαρακτηριστικά της ροής Q , V (έλεγχος της παροχευευστικότητας).

Η διαδικασία επίλυσης του προβλήματος έχει ως εξής:

Βήμα 1^ο : Με δεδομένα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά y , D προσδιορίζεται ο λόγος πλήρωσης y/D

Βήμα 2^ο : από το νομογράφημα πλήρωσης, προσδιορίζονται οι λόγοι Q/Q_0 , V/V_0 .

ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ

3^ο πρόβλημα Υδραυλικής αποχετεύσεων - Έλεγχος της παροχετευτικότητας

Βήμα 3^ο : Η παροχή Q_0 και η ταχύτητα V_0 για πλήρη πλήρωση του αγωγού μπορούν να προσδιοριστούν από την εξίσωση του Manning με δεδομένη την διάμετρο και την κλίση του αγωγού

$$Q_0 = \frac{\pi}{4^{5/3}} \frac{1}{n_0} D^{8/3} S^{1/2}$$

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

Η παροχή λειτουργίας Q υπολογίζεται από το λόγο Q/Q_0 με γνωστή την παροχή ολικής πλήρωσης Q_0 .

Όμοια η ταχύτητα λειτουργίας V υπολογίζεται από το λόγο V/V_0 με γνωστή την ταχύτητα ολικής πλήρωσης V_0 .

Ελέγχονται οι περιοριστικές διατάξεις

ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

1. Ελάχιστες διαμέτροι

Με βάση το Π.Δ. 696/74 και την 1212278/3.1.1985 εγκύκλιο οδηγία της ΕΥΔΑΠ:

- ελάχιστη διάμετρος η **Φ200** για αγωγούς ακαθάρτων και η **Φ400** για αγωγούς ομβρίων, αλλά με μήκος όχι μεγαλύτερο των 500m. Μικρότερες διαμέτροι δημιουργούν κινδύνους εμφράξεων.

2. Μέγιστα ποσοστά πλήρωσης.

Τα μέγιστα ποσοστά πλήρωσης καθορίζονται για τους εξής λόγους:

- α) αποφυγή κινδύνου λειτουργίας των αγωγών υπό πίεση
- β) εξασφάλιση επαρκούς αερισμού των λυμάτων

Στην γενική περίπτωση οι αγωγοί ακαθάρτων σχεδιάζονται να διοχετεύουν την παροχή σχεδιασμού με ποσοστό πλήρωσης από 0,5 έως 1 (ASCE(1976)).

ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

Για την Ελληνική πραγματικότητα, με βάση το Π.Δ. 696/74 σχεδιάζονται ως αγωγοί με ελεύθερη επιφάνεια, με ποσοστά πλήρωσεως που έχουν ως εξής:

Πίνακας 1: Μέγιστα επιτρεπόμενα ποσοστά πλήρωσης για αγωγούς αποχετεύσεων.

Κατηγορία Αγωγών	Μέγιστος λόγος πλήρωσης y/D
Αγωγοί ακαθάρτων με διάμετρο $D= 20\text{cm}$ έως 40 cm	0,50
Αγωγοί ακαθάρτων με διάμετρο $D= 50\text{cm}$ έως 60 cm	0,60
Αγωγοί ακαθάρτων με διάμετρο $D> 60\text{cm}$	0,70
Αγωγοί ομβρίων	0,70
Παλιοί αγωγοί αποχέτευσης	0,80

Με την χρήση των παραπάνω συνθηκών πλήρωσεως εξασφαλίζεται ικανοποιητικός αερισμός, συντελείται η αποφυγή ανάπτυξης θειούχων και επιπλέον εξασφαλίζεται η σταθερότητα της ροής.

ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

3. Μέγιστες ταχύτητες ροής.

α) αγωγοί ακαθάρτων $V_{\max} \leq 3 \text{ m/s}$

β) αγωγοί ομβρίων $V_{\max} \leq 6 \text{ m/s}$

4. Ελάχιστες ταχύτητες ροής.

Οι τυπικές τιμές της ελάχιστης ταχύτητας εφαρμογής κυμαίνονται από 0,45-0,8m/s.

α) αγωγοί λυμάτων $V_{\min} > 0,56 \text{ m/s}$

β) αγωγοί ομβρίων $V_{\min} > 1,11 \text{ m/s}$

ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

5. Ελάχιστες κλίσεις

Π.Δ 696/74
(άρθρο 209.6) → Για λόγο
παροχών
 $Q/Q_0=0,1$ → ταχύτητα αυτοκαθαρισμού
τουλάχιστον $V_{0,1} \geq 0,3 \text{ m/s}$.

Για $Q/Q_0=0,1$ → νομογράφημα
πλήρωσης
σωλήνων → $V/V_0=0,54$ → $V_0=0,56 \text{ m/s}$

$$V_0 = \frac{1}{n_0} \left(\frac{D}{4} \right)^{2/3} S^{1/2} \rightarrow S = \frac{n_0^2 \cdot 4^{4/3} \cdot 0.56^2}{D^{4/3}} \rightarrow S = \frac{0.015^2 \cdot 4^{4/3} \cdot 0.56}{D^{4/3}}$$

$n_0=0,015$

ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

5. Ελάχιστες κλίσεις

Σε κάθε περίπτωση η ελάχιστη κλίση δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από **1m/km**

Διά- μετρος	Αγωγοί ακαθάρτων ($V_0 = 0.56 \text{ m/s}$ - μεταβλητή τραχύτητα με $n_0 = 0.015$)			Αγωγοί ομβρίων ($V_0 = 1.11 \text{ m/s}$ - μεταβλητή τραχύτητα με $n_0 = 0.015$)			Ελάχιστη κλίση αγω- γών ομβρ. & ακαθ. κατά τα πρότυπα των ΗΠΑ (για $V_0=0.6$ m/s , $n_0=0.015$) (m/km)
	Ελάχι- στη κλίση	Επιτρε- πόμενη πλήρωση	Αντιστοι- χη παροχή	Ελάχι- στη κλίση	Επιτρε- πόμενη πλήρωση	Αντιστοι- χη παροχή	
(cm)	(m/km)	(y/D)	(l/s)	(m/km)	(y/D)	(l/s)	
20	3.8	0.5	7.0	—	—	—	4.4
25	2.8	0.5	10.9	—	—	—	3.3
30	2.2	0.5	15.7	—	—	—	2.6
35	1.8	0.5	21.5	—	—	—	2.0
40	1.5	0.5	28.0	6.0	0.7	99.0	1.8
50	1.1	0.6	59.8	4.4	0.7	155	1.3
60	0.89 (1.0)	0.6	87.9 (93)	3.5	0.7	225	1.0
70	0.72 (1.0)	0.7	153 (180)	2.8	0.7	303	0.83
.....							
180	0.20 (1.0)	0.7	1012 (2237)	0.80 (1.0)	0.7	2005 (2237)	0.23
200	0.18 (1.0)	0.7	1249 (2962)	0.70 (1.0)	0.7	2476 (2962)	0.20

6. Εξασφάλιση Αερισμού των δικτύων (ακαθάρτων)

Οι σχετικές οδηγίες της ASCE (1976) επιβάλλουν εγκαταστάσεις εξαναγκασμένου αερισμού σε ειδικές περιπτώσεις όπως:

- Για την απαγωγή μολυσμένου αέρα που είναι δυνατόν να διαφύγει στις κατοικημένες περιοχές.
- Σε αγωγούς πολύ μεγάλου μήκους με ασθενή φυσικό αερισμό και όπου η συγκέντρωση οξυγόνου είναι δυνατόν να πέσει κάτω του 50% με αποτέλεσμα την σήψη των λυμάτων και την παραγωγή θειούχων.
- Για να αποκλεισθεί η δημιουργία ατμόσφαιρας δυνάμενη να προκαλέσει εκρήξεις

ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

7. Αποφυγή δημιουργίας σηπτικών συνθηκών (ακαθάρτων)

Η δημιουργία σηπτικότητας στα δίκτυα ακαθάρτων οφείλεται κυρίως στην παραγωγή υδροθείου

Η ποσοτική εκτίμηση της πιθανότητας ανάπτυξης υδροθείου

Bielecki & Schremmer, 1987

$$Z = \frac{0.3[EBOD] P}{S^{0.5} Q^{1/3} B}$$

[EBOD]= ενεργό οργανικό φορτίο σε mg/l.

S= η κλίση του αγωγού

Q= η παροχή (m³/s)

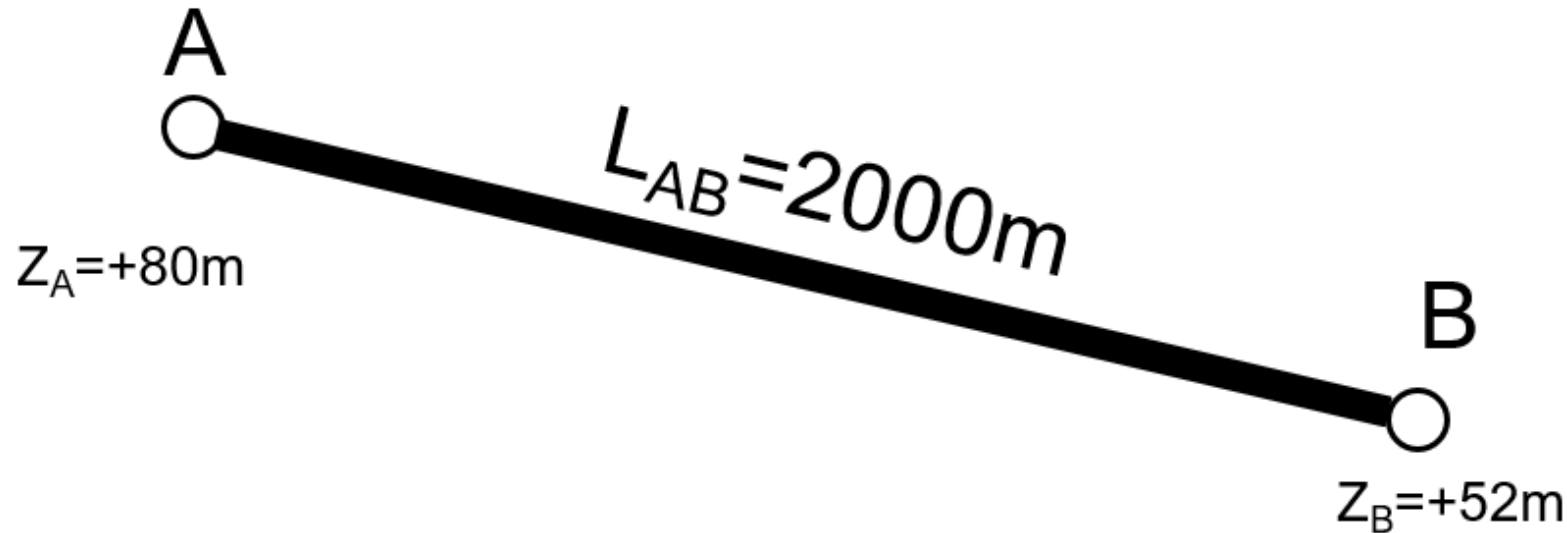
P= η βρεχόμενη περίμετρος

B= το πλάτος της ελεύθερης επιφάνειας (σε μονάδες ίδιες με αυτές της P)

- $Z < 5000$ = μικρή πιθανότητα
- $5000 < Z < 10000$ = σχηματισμός μικρών ποσοτήτων
- $Z > 10000$ = Σοβαρά προβλήματα διάβρωσης

Άσκηση 15

Υδραυλική επίλυση αγωγού ακαθάρτων



Ζητείται η διαστασιολόγηση του τμήματος συλλεκτήριου αγωγού ακαθάρτων AB όπως φαίνεται στο σχήμα. Δίνεται η παροχή σχεδιασμού για το φρεάτιο A = 10 l/s. Ο συντελεστής manning για πλήρη πλήρωση είναι $n_0 = 0.015$.