



ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ

Αριστείδης Κουτρούλης

Σχολή Χημικών Μηχανικών και
Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Συστήματα αποχέτευσης ομβρίων:
Διαστάσεις αγωγών δικτύου
- Υπολογισμός παροχής σχεδιασμού ομβρίων

Ορισμοί – Βασικές έννοιες

Διαστάσεις αγωγών δικτύου

- Δίκτυο ομβρίων: μεγάλες διαστάσεις αγωγών (συνήθως τσιμεντοσωλήνες)
- Δίκτυο ακαθάρτων: μικρές διαστάσεις αγωγών (συνήθως PVC, χρώμα κεραμιδί)



ΔΙΚΤΥΑ ΟΜΒΡΙΩΝ

- Δίκτυα αποκεντρωτικού τύπου
- Χωρίζονται σε επιμέρους τμήματα
- Μεγάλες διατομές
- Δίκτυα ανοιχτά σε επικοινωνία με το περιβάλλον.
- Τμήμα του δικτύου αντιπλημμυρικών έργων.
- Διακοπτόμενης ροής.



ΔΙΚΤΥΑ ΟΜΒΡΙΩΝ

ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΜΒΡΙΩΝ

Ορθολογική μέθοδος

$$Q_{ολ} = C \cdot i \cdot A$$

i : η κρίσιμη ένταση βροχόπτωσης (L/T)

A : η έκταση της λεκάνης απορροής (L²)

C : είναι ο συντελεστής απορροής

Παραδοχές

- Η περίοδος επαναφοράς της παροχής αιχμής είναι ίση με αυτήν της βροχής
- Η διάρκεια της βροχής είναι ίση με τον χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης
- Η ένταση της βροχής είναι χρονικά και χωρικά σταθερή.
- Η μέγιστη παροχή εμφανίζεται όταν στην έξοδό της λεκάνης καταφθάσει η επιφανειακή απορροή από το πιο απομακρυσμένο χρονικά σημείο αυτής.



Είδος επιφάνειας	Συντελεστής C
Υδατοστεγείς στέγες	0,70 - 0,95
Ασφαλτοστρωμένοι δρόμοι	0,85 - 0,90
Δρόμοι από σκυρόδεμα	0,80 - 0,95
Πλακόστρωτοι δρόμοι και μονοπάτια	0,75 - 0,85
Λιθόστρωτοι δρόμοι και μονοπάτια	0,15 - 0,30
Χλόη, αμμώδες έδαφος	
κλίση < 2%	0,05 - 0,10
κλίση 2 - 7%	0,10 - 0,15
κλίση > 7%	0,15 - 0,20
Χλόη, συνεκτικό έδαφος	
κλίση < 2%	0,13 - 0,17
κλίση 2 - 7%	0,18 - 0,22
κλίση > 7%	0,25 - 0,35

$$\bar{C} = \frac{\sum_{all\ i} C_i \cdot A_i}{\sum_{all\ i} A_i}$$



ΔΙΚΤΥΑ ΟΜΒΡΙΩΝ

Ορθολογική μέθοδος

Είδος επιφάνειας	Συντελεστής C
Περιοχή εργασίας - εμπορίου	
Εμπορικό κέντρο	0,70 - 0,95
Συνοικιακή περιοχή	0,50 - 0,70
Περιοχή κατοικιών (αστική)	
Μονοκατοικίες	0,30 - 0,50
Διώροφα κτήρια - ελεύθερη δόμηση	0,40 - 0,60
Διώροφα κτήρια συνεχές σύστημα δόμησης	0,60 - 0,75
Περιοχή κατοικιών (προάστια)	0,25 - 0,40
Πολυκατοικίες	0,50 - 0,70
Βιομηχανική περιοχή	
Ελαφρά βιομηχανία	0,50 - 0,80
Βαριά βιομηχανία	0,60 - 0,90
Πάρκα, κοιμητήρια	0,10 - 0,25
Παιδικές χαρές - γήπεδα	0,20 - 0,35
Σιδηροδρομική περιοχή (γραμμές - σταθμοί)	0,20 - 0,40
Αναξιοποίητες περιοχές	0,10 - 0,30

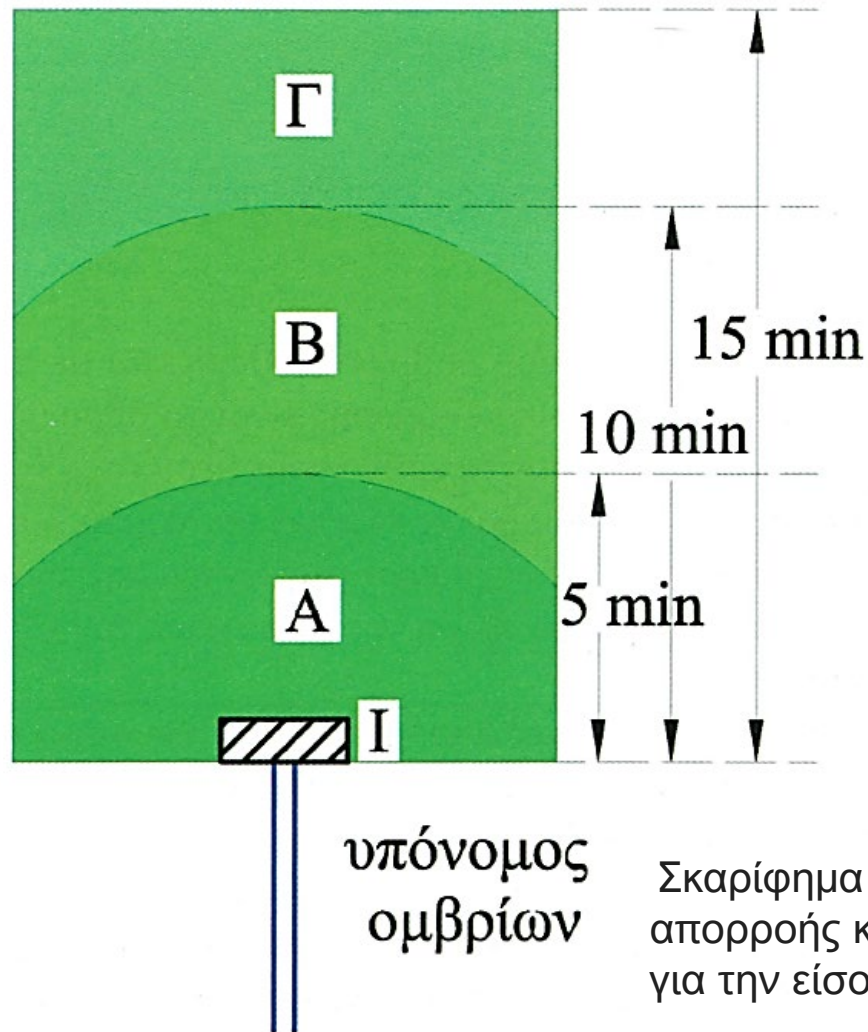


Π.Δ. 696/1974: συντελεστής απορροής, C , αστικών λεκανών

- Αστικά κέντρα και πυκνοκατοικημένες περιοχές με συνεχές σύστημα δόμησης και επενδεδυμένους δρόμους: $C = 0,7 - 0,95$.
- Περιοχές πυκνοκατοικημένες με ανεπένδυτους δρόμους: $0,60 - 0,80$.
- Αραιοκατοικημένες περιοχές και οικισμοί με πανταχόθεν ελεύθερο σύστημα, πρασιές και κήπους: $C = 0,3 - 0,6$.
- Μη ανεπτυγμένες περιοχές (γήπεδα, ανοικτοί χώροι αναψυχής (πάρκα), κοιμητήρια) $C = 0,1 - 0,3$.
- $0,60$ (για ορεινές περιοχές),
- $0,50$ (για λοφώδεις εκτάσεις) και
- $0,30$ (για πεδινές περιοχές)

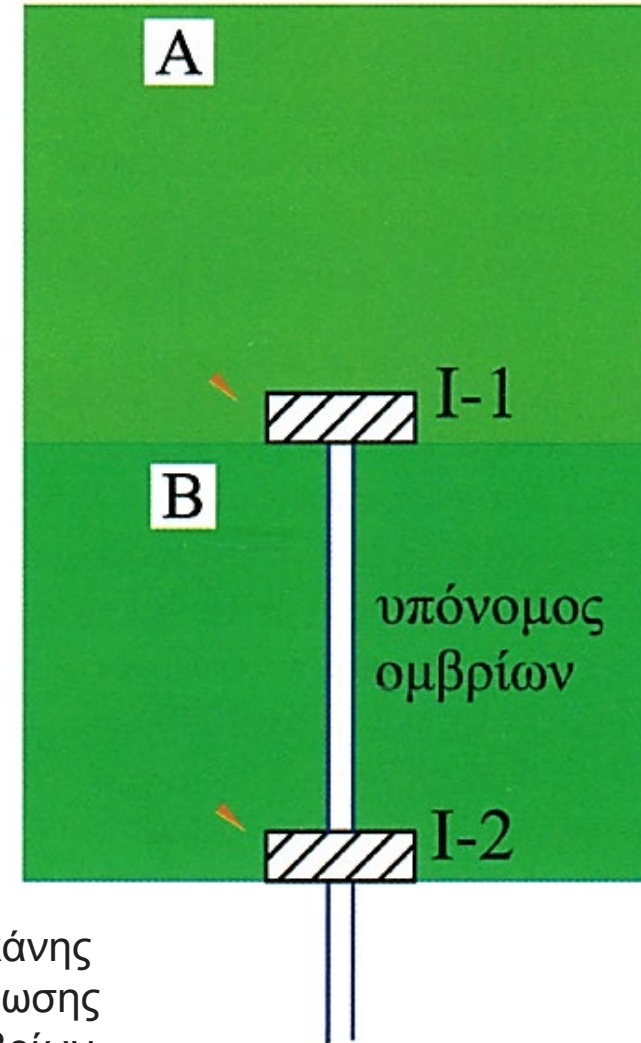
ΔΙΚΤΥΑ ΟΜΒΡΙΩΝ

Χρόνος συγκέντρωσης της λεκάνης απορροής



Σκαρίφημα εξιδανικευμένης λεκάνης απορροής και χρόνων συγκέντρωσης για την είσοδο, I, στο δίκτυο ομβρίων.

Ορθολογική μέθοδος



Χρόνος εισόδου και χρόνος ροής σε εξιδανικευμένες λεκάνες απορροής, A, B.

Π.Δ. 696/1974: Χρόνος συγκέντρωσης της λεκάνης απορροής

Ο χρόνος συγκέντρωσης για φυσικές λεκάνες με μία κύρια μισγάγγεια, μπορεί να εκτιμηθεί μέσω του τύπου του Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{z}}$$

t_c : ο χρόνος συγκέντρωσης σε ώρες,

A : η επιφάνεια της λεκάνης σε km^2 ,

L : το μήκος της κύριας μισγάγγειας σε km ,

z : η υψομετρική διαφορά μεταξύ του μέσου υψομέτρου της λεκάνης και του υψομέτρου της εκβολής.

Π.Δ. 696/1974: Χρόνος συγκέντρωσης της λεκάνης απορροής

Για την εκτίμηση του χρόνου ροής t_h σε φυσικά υδατορεύματα (αναφερόμενου και ως υδραυλικού χρόνου), μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο τύπος του Kirpich:

$$t_h = 4K^{0,77}$$

K = τοπογραφικός δείκτης

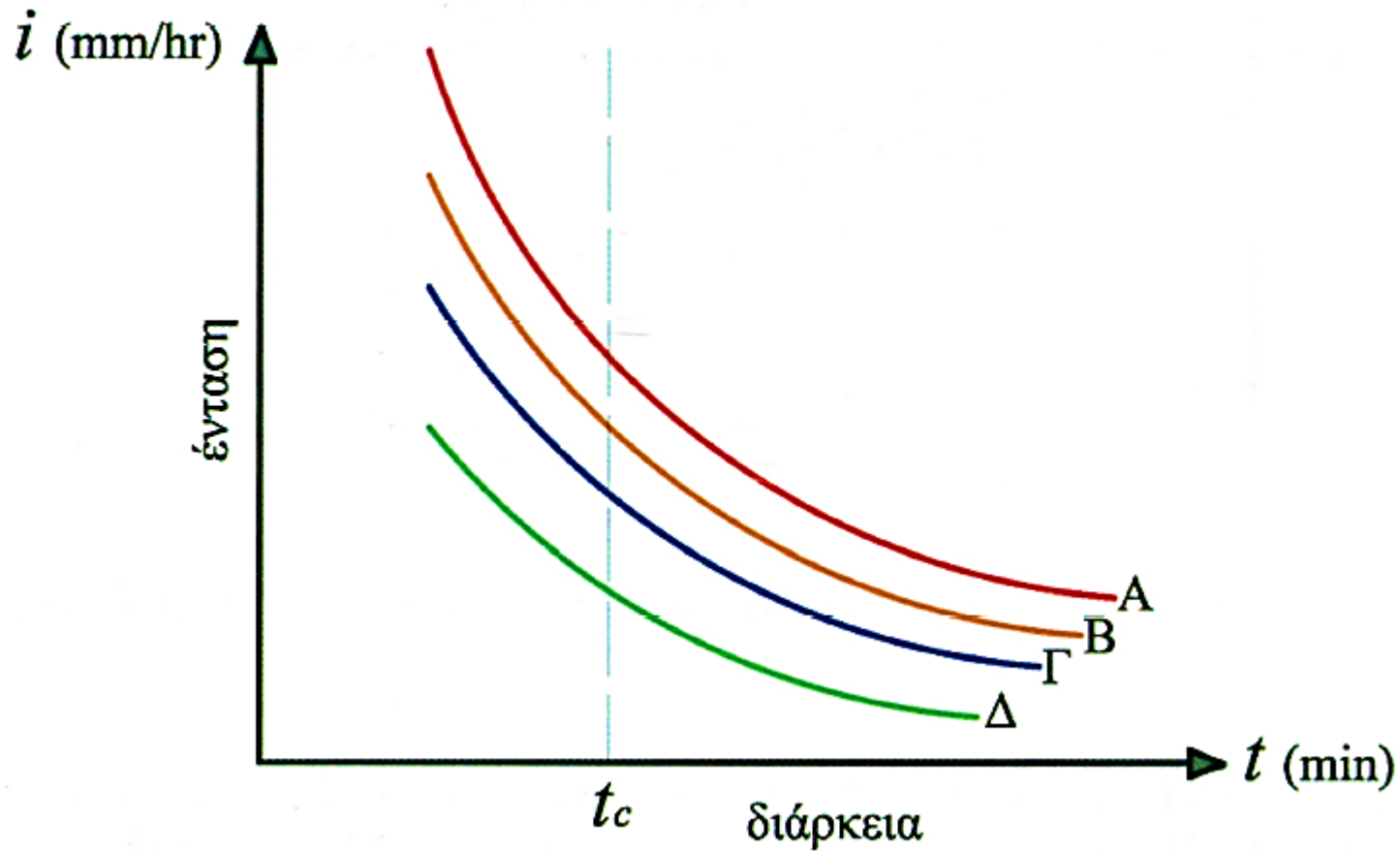
$$K = \frac{L}{\sqrt{J}}$$

t_h ο χρόνος ροής σε πρώτα λεπτά (min), L το μήκος του υδατορεύματος σε km, και J η μέση κατά μήκος κλίση της φυσικής κοίτης. Ο τύπος του Kirpich εφαρμόζεται ανά τμήματα, περίπου σταθεράς κατά μήκος κλίσεως της φυσικής κοίτης.

ΔΙΚΤΥΑ ΟΜΒΡΙΩΝ

Ορθολογική μέθοδος

Ένταση βροχόπτωσης - Όμβριες καμπύλες



Ένταση βροχόπτωσης - Όμβριες καμπύλες

Γενική συναρτησιακή σχέση όμβριων καμπυλών είναι της μορφής:

$$i = \frac{a(T)}{b(d)}$$

i : η ένταση της βροχόπτωσης (mm/h)

$a(T)$: συνάρτηση της περιόδου επαναφοράς

$b(d)$: συνάρτηση της χρονικής κλίμακας

d : χρονική κλίμακα (διάρκεια - h)

Γενικευμένη εξίσωση όμβριας καμπύλης

$$i(d, T) = \frac{\lambda' [(T/\Delta)^\kappa - \psi']}{(1 + d/\theta)^\eta}$$

i : η ένταση της βροχόπτωσης (mm/h)

d : χρονική κλίμακα (διάρκεια - h)

T : περίοδος επαναφοράς (y)

$\kappa, \lambda', \psi', \theta, \eta$, παράμετροι

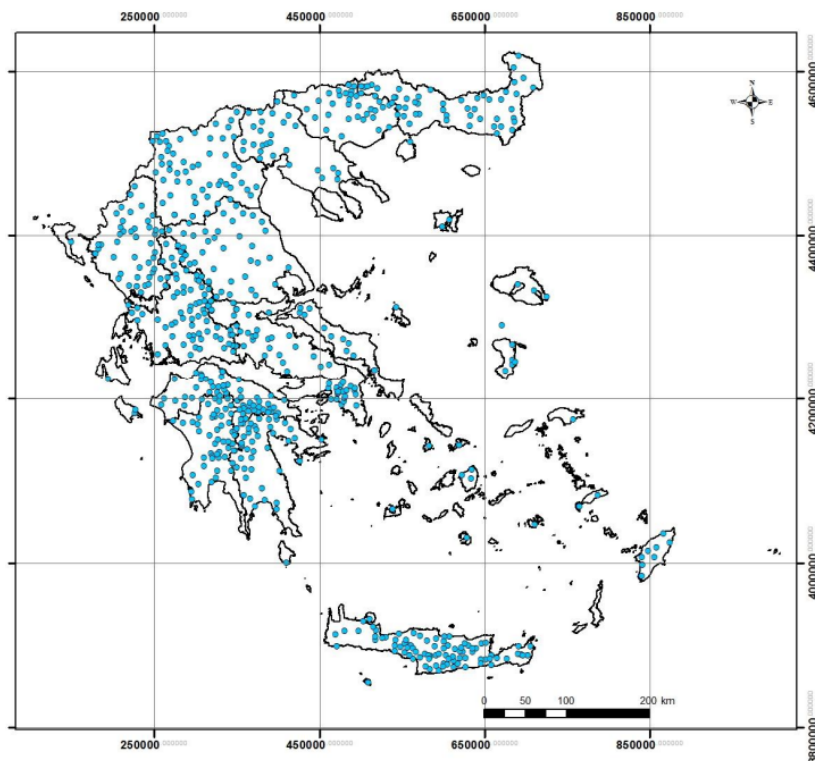
ΔΙΚΤΥΑ ΟΜΒΡΙΩΝ

Ορθολογική μέθοδος

Γενικευμένη εξίσωση όμβριας καμπύλης

$$i(d, T) = \frac{\lambda' [(T/\Delta)^\kappa - \psi']}{(1 + d/\theta)^\eta}$$

Όμβριες Καμπύλες σε Επίπεδο Χώρας



ΥΔ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΝΟΜΑ	X	Y	Z	κ	λ'	ψ'	θ	η
GR01	1	ΑΜΥΓΔΑΛΙΑ	330744.3	4179447.1	804	0.057	930.4	0.837	0.089	0.724
GR01	2	ΑΝΑΛΗΨΗ	319161.41	4098792	34.2	0.113	409	0.607	0.089	0.724
GR01	3	ΑΝΩ ΚΑΡΥΕΣ	323111.69	4144855.75	977	0.113	431.8	0.52	0.089	0.724
GR01	4	ΑΝΩ ΛΟΥΣΣΟΙ	336479.31	4207266	1082.3	0.057	714.2	0.8	0.089	0.724
GR01	5	ΑΝΩ ΜΕΛΠΕΙΑ	318239.81	4133597.68	630	0.113	446	0.564	0.089	0.724
GR01	6	ΑΡΑΧΑΜΙΤΕΣ	344470.5	4145094.75	744.8	0.113	474.4	0.75	0.089	0.724
GR01	7	ΑΧΛΑΔΙΝΗ	303702.7	4177167.3	649.4	0.057	717	0.73	0.089	0.724
GR01	8	ΒΑΣΙΛΑΚΙΟ	302188.5	4168749.5	256.9	0.113	427.2	0.52	0.089	0.724
GR01	9	ΒΥΤΙΝΑ	340054.81	4170528	1010.9	0.057	618.3	0.717	0.089	0.724
GR01	10	ΔΑΦΝΗ	347146	4136602.25	638.8	0.113	430.3	0.642	0.089	0.724

Περίοδοι επαναφοράς σχεδιασμού δικτύων αποχέτευσης ομβρίων σύμφωνα με το Π.Δ. 696/1974

- Έλεγχος υφιστάμενων αγωγών: $T = 2$ έτη.
- Δευτερεύοντες και τριτεύοντες αγωγοί: $T = 5$ έτη.
- Κεντρικοί συλλεκτήρες στους οποίους στραγγίζουν οι κύριοι κλάδοι του δικτύου: $T = 10 - 15$ έτη, ανάλογα με το μέγεθος των αναμενόμενων καταστροφών.
- Δευτερεύοντες και τριτεύοντες αγωγοί ομβρίων που δεν είναι εύκολο να ενισχυθούν: $T = 10$ έτη.
- Παντοροϊκά δίκτυα: $T \geq 10$ έτη, ανάλογα με τις ζημιές που αναμένονται κυρίως από έξοδο των λυμάτων σε υπόγειους χώρους, και την εκτίναξή τους από τα φρεάτια.
- Διευθετήσεις χειμάρρων: $T = 50 - 100$ έτη, ανάλογα με την έκταση της πλημμυρικής ζώνης.
- Υπερχειλιστές φραγμάτων: $T = 1000 - 10000$ έτη, ανάλογα με τις καταστροφές που αναμένονται κατάντη του φράγματος.

- Αν η περιοχή μελέτης απαρτίζεται από επιμέρους ζώνες με διαφορετικούς συντελεστές απορροής τότε υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής με στάθμιση της εκάστοτε επιφάνειας
- Οι παροχές σχεδιασμού των επιμέρους κλάδων των δικτύων ομβρίων δεν αθροίζονται, γιατί είναι στατιστικά μεγέθη προερχόμενα από τις όμβριες καμπύλες της περιοχής μελέτης. Υπολογίζονται με χρήση της ορθολογικής μεθόδου χρησιμοποιώντας την συνολική επιφάνεια της απορρέουσας έκτασης που αντιστοιχεί στην εκάστοτε θέση του δικτύου.
- Η ένταση της βροχοπτώσεως σχεδιασμού υπολογίζεται από τις όμβριες καμπύλες της περιοχής μελέτης, για την επιλεγείσα περίοδο επαναφοράς, και για διάρκεια ίση με τον χρόνο συγκέντρωσης της απορρέουσας έκτασης.
- Η ορθολογική μέθοδος θεωρεί ότι η απορροή έχει την ίδια περίοδο επαναφοράς με τη βροχή, και για αυτό ισχύει εν γένει για μικρές αστικές λεκάνες.
- Για τις εντός αστικού ιστού περιοχές, ο χρόνος εισόδου t_p των ομβρίων υδάτων στο δίκτυο (μέσω των φρεατίων υδροσυλλογής) μπορεί να λαμβάνεται υπό συνήθεις συνθήκες σε 10 πρώτα λεπτά ($t_p = 10 \text{ min}$). Η προσέγγιση αυτή κρίνεται ικανοποιητική για πρακτικές εφαρμογές εντός αστικού ιστού (Π.Δ. 696/1974).

ΑΣΚΗΣΗ 16

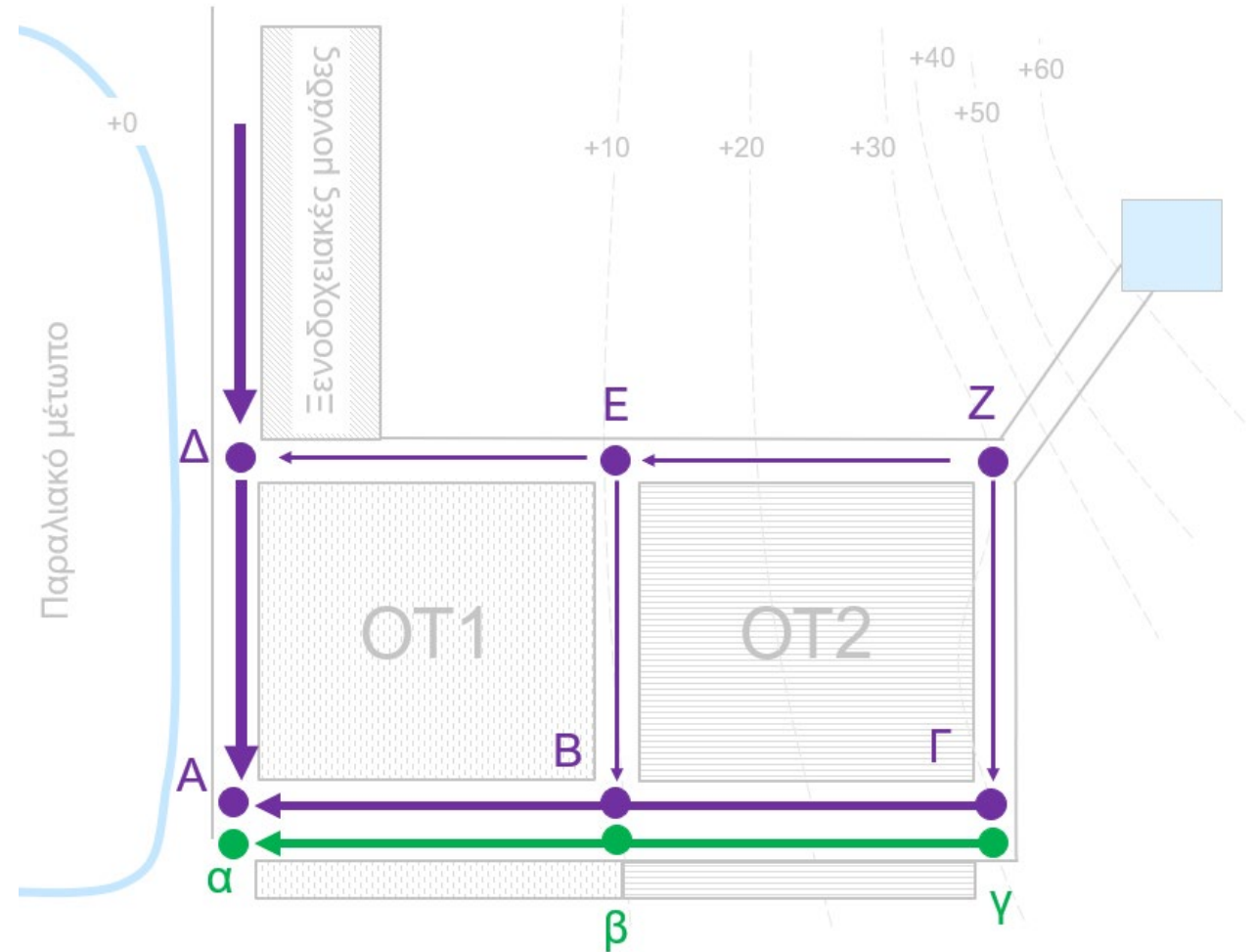
Διαστασιολόγηση επιμέρους τμημάτων των δικτύων ομβρίων και ακαθάρτων οικισμού

ΑΣΚΗΣΗ 16: Διαστασιολόγηση επιμέρους τμημάτων των δικτύων ομβρίων και ακαθάρτων οικισμού

Στο παρακάτω σκαρίφημα οικισμού δίδεται οριζοντιογραφία με επιμέρους τμήματα ακαθάρτων και ομβρίων αγωγών οικισμού. Ο αγωγός αβγ είναι αγωγός ομβρίων, ο αγωγός ΑΒΓ είναι δευτερεύων αγωγός ακαθάρτων και οι αγωγοί ΕΒ, ΖΓ είναι τριτεύοντες αγωγοί ακαθάρτων.

Ζητείται να γίνει διαστασιολόγηση και έλεγχος των:

- 1) Αγωγών ομβρίων γβ και βα,
- 2) Αγωγών ακαθάρτων ΕΒ, ΓΒ και ΒΑ



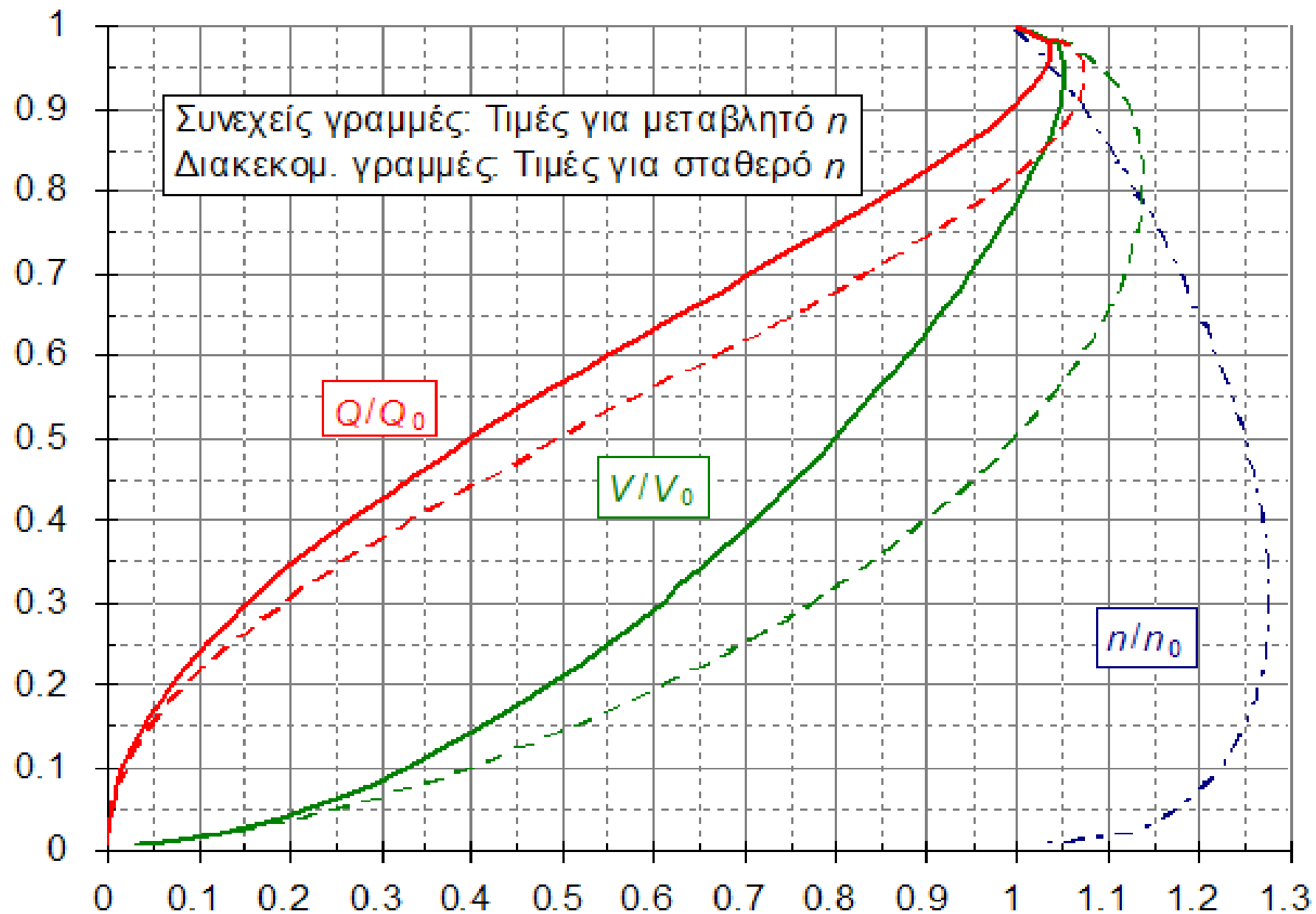
ΑΣΚΗΣΗ 16: Διαστασιολόγηση επιμέρους τμημάτων των δικτύων ομβρίων και ακαθάρτων οικισμού

Δίνεται:

- 1) Μήκη αγωγών $L_{\gamma\beta} = L_{\Gamma B} = L_{\beta\alpha} = L_{BA} = L_{EB} = 100\text{m}$
- 2) Οι κατά μήκος κλίσεις οδών είναι $J_{\Gamma BA} = 1,4\%$ (σταθερή), $J_{EB} = 0,7\%$
- 3) Ελάχιστο βάθος αγωγών ομβρίων = 1m
- 4) Ελάχιστο βάθος αγωγών ακαθάρτων = 2m
- 5) Ελάχιστο βάθος αγωγού ακαθάρτων σε δρόμο με παράλληλο αγωγό ομβρίων: 1m κάτω από τον πυθμένα του αγωγού
- 6) Συνολικές αποχετευόμενες εκτάσεις τμημάτων αγωγών: $E_{\gamma\beta} = 5\text{ha}$, $E_{\beta\alpha} = 7\text{ha}$, $E_{EB} = 4\text{ha}$, $E_{\Gamma B} = 4,5\text{ha}$, $E_{BA} = 8\text{ha}$
- 7) Όμβριες καμπύλες με βάση την γενικευμένη εξίσωση $i(d, T) = \frac{\lambda' [(T/\Delta)^K - \psi']}{(1+d/\theta)^n}$ και τους συνελεστές του πλησιέστερου στον οικισμό σταθμού «ΚΑΣΤΕΛΛΙΟ» GR01-21 όπως αναζητηθούν από το [ΥΠΕΚΑ](#)
- 8) Περίοδος επαναφοράς σχεσιασμού $T=5$ έτη
- 9) Συντελεστής απορροής (γενικά): $C=0,4$.
- 10) Χρόνος συγκέντρωσης τμήματος $\gamma\beta$: $t_c=12\text{min}$
- 11) Πυκνότητα πληθυσμού μελέτης 150κατ/ha
- 12) Ειδική κατανάλωση υδρευτικού νερού $q_E=180 \text{ l/κατ/d}$
- 13) Συντελεστής μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης $\lambda_H = 1,5$
- 14) Ποσοστό εισόδου υδρευτικού νερού στο δίκτυο ακαθάρτων: $\rho = 0,8$
- 15) Παρασιτικές εισροές $\approx 40\%$ της παροχής αιχμής ακαθάρτων
- 16) Διάμετροι υφιστάμενων αγωγών:
ανάντη του σημείου γ : 70cm (όμβρια)
ανάντη των σημείων E και Γ: 20cm (ακάθαρτα)
- 17) Εμπορικές διάμετροι διαθέσιμοι ανά 10cm
- 18) Για τους υδραυλικούς υπολογισμούς να ληφθεί συντελεστής Manning σε καθεστώς ολικής πλήρωσης $n_0=0,015$



Λόγος πλήρωσης, y/D



Υδραυλικά μεγέθη V/V_0 , Q/Q_0 , n/n_0