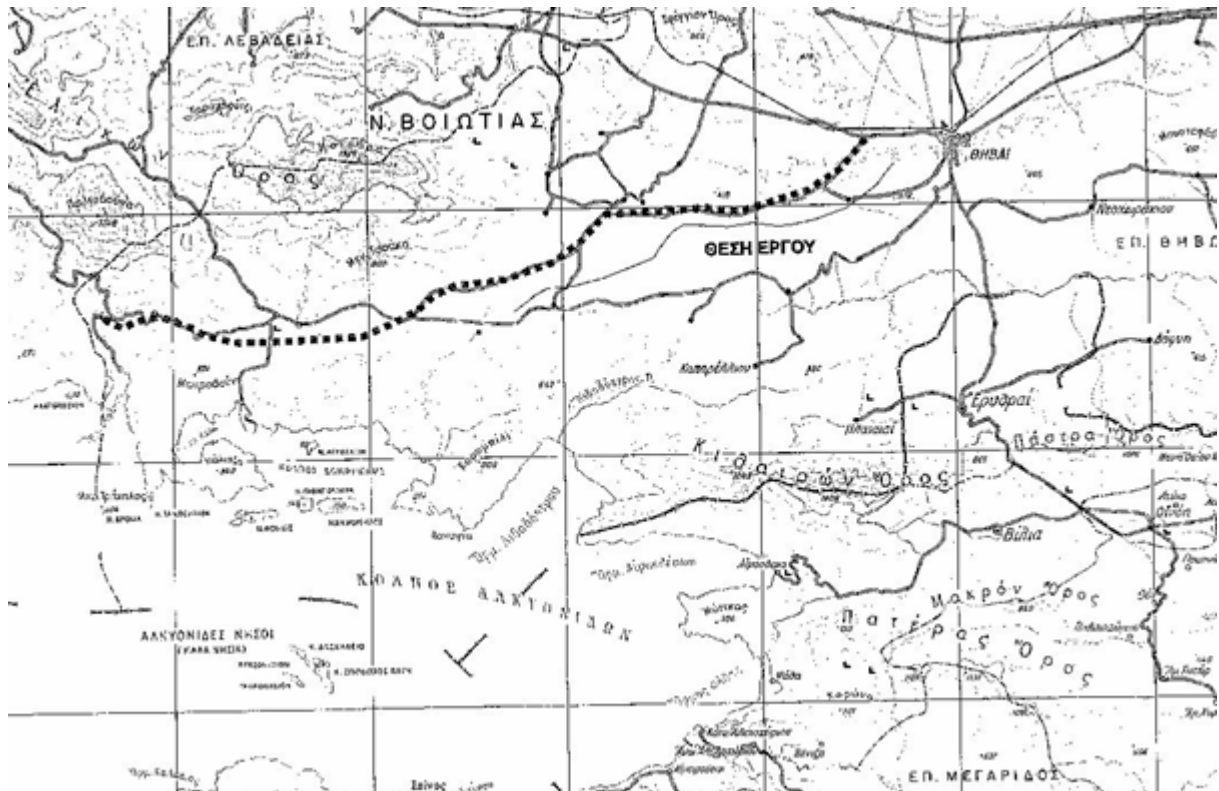


Όμβριες καμπύλες για το οδικό έργο Καναβάρι-Δομβραΐνα-Πρόδρομος

Περιοχή έργου

Η μελέτη αυτή εκπονήθηκε στα πλαίσια της υδραυλικής μελέτης αποστράγγισης της οδού Καναβάρι-Δομβραΐνα-Πρόδρομος που ανατέθηκε από τη Νομαρχία Βοιωτίας στο γραφείο του Δ. Αργυρόπουλου. Αντικείμενο της μελέτης είναι η εξαγωγή όμβριων καμπυλών προκειμένου να υποστηριχθεί η εκτίμηση των πλημμυρικών παροχών του έργου. Η περιοχή του έργου απεικονίζεται στο Σχ. 1.



Σχ. 1 Απεικόνιση των χρονοσειρών ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής.

Σταθμοί και δεδομένα

Στην περιοχή του έργου (λεκάνη Περιμυσού) υπάρχει ο βροχομετρικός σταθμός Θίσβης (ΥΠΕΧΩΔΕ) που λειτουργεί από το 1954 σε γεωγραφικές συντεταγμένες $\varphi = 22^{\circ}58'$, $\lambda = 38^{\circ}15'$ και υψόμετρο 174 m. Στην ευρύτερη περιοχή και ειδικότερα στην Αλιάρτο (λεκάνη Βοιωτικού Κηφισού) σε γεωγραφικές συντεταγμένες $\varphi = 23^{\circ}07'$, $\lambda = 38^{\circ}23'$ και υψόμετρο 110 m έχουν λειτουργήσει μετεωρολογικοί σταθμοί της Εταιρίας Λίμνης Κωπαΐδας (από το 1907) και στη συνέχεια του Οργανισμού Κωπαΐδας, καθώς και της ΕΜΥ (από το 1966). Ο τελευταίος περιλαμβάνει και βροχογράφο. Στην παρούσα διερεύνηση χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τα βροχόμετρα της Θίσβης και της Αλιάρτου και το βροχογράφο της Αλιάρτου.

Γενική περιγραφή της μεθόδου κατάρτισης όμβριων καμπυλών

Η γενική πιθανοτική μεθοδολογία που ακολουθείται για την κατάρτιση των σχέσεων έντασης-διάρκειας-περιόδου επαναφοράς της βροχής, ή αλλιώς των όμβριων καμπυλών, έχει αναπτυχθεί πρόσφατα και περιγράφεται λεπτομερώς από τον Κουτσογιάννη (1997· βλ. και Koutsoyiannis et. al., 1998, Koutsoyiannis, 1999, Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000). Τα γενικά χαρακτηριστικά της συνοψίζονται στα ακόλουθα σημεία:

1. Η γενική συναρτησιακή σχέση όμβριων καμπυλών είναι της μορφής

$$i = \frac{a(T)}{b(d)} \quad (1)$$

όπου i η μέγιστη ένταση βροχής διάρκειας d για περίοδο επαναφοράς T , και $a(T)$ και $b(d)$ κατάλληλες συναρτήσεις της περιόδου επαναφοράς και της διάρκειας, αντίστοιχα (Κουτσογιάννης, 1997).

2. Η συνάρτηση $b(d)$ είναι της ακόλουθης, εμπειρικά διαπιστωμένης, γενικής μορφής

$$b(d) = (d + \theta)^\eta \quad (2)$$

όπου θ και η αποτελούν παραμέτρους προς εκτίμηση ($\theta > 0$, $0 < \eta < 1$).

3. Η συνάρτηση $a(T)$ προκύπτει αναλυτικά από τη συνάρτηση κατανομής που ισχύει για την μέγιστη ένταση βροχής της υπό εξέταση περιοχής, όπως αυτή προκύπτει από την επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων, ενώ αποφεύγεται η χρήση εμπειρικών συναρτήσεων.
4. Μια συνάρτηση κατανομής που αποδεικνύεται κατάλληλη για τη μέγιστη ένταση βροχής σε μεγάλο εύρος περιπτώσεων είναι η κατανομή Γενική Ακραίων Τιμών (ΓΑΤ· διεθνώς General Extreme Value – GEV – distribution). Αυτή η κατανομή ενσωματώνει τις κατανομές ακραίων τιμών τύπου I, II, και III και έχει την έκφραση

$$F(x) = \exp\left\{-\left[1 + \kappa \left(\frac{x}{\lambda} - \psi\right)\right]^{-1/\kappa}\right\} \quad x \geq \lambda (\psi - 1/\kappa) \quad (3)$$

όπου $F(x)$ η συνάρτηση κατανομής για τιμές της μεταβλητής x , και $\kappa > 0$, $\lambda > 0$ και ψ οι παράμετροι σχήματος, κλίμακας και θέσης, αντίστοιχα (Η περίπτωση $\kappa < 0$, αν και μαθηματικά είναι δυνατή, δεν είναι κατάλληλη για μέγιστες εντάσεις βροχής, γιατί συνεπάγεται άνω φραγμένη τιμή της έντασης, γεγονός που αντίκειται στη φυσική πραγματικότητα). Η μεταβλητή x αντιπροσωπεύει είτε την ένταση βροχής i είτε, ισοδύναμα, το γινόμενο $i b(d)$ (για δεδομένη έκφραση της $b(d)$)· στην τελευταία περίπτωση η επίλυση της (3) ως προς x δίνει αμέσως τη συνάρτηση $a(T)$ και, στη συνέχεια, η επίλυση ως προς i δίνει αμέσως την έκφραση της όμβριας καμπύλης χωρίς να απαιτείται καμιά πρόσθετη, εμπειρική ή όχι, παραδοχή.

5. Η (3) επιλύεται άμεσα ως προς x , οπότε για $F(x) = 1 - 1/T$ προκύπτει

$$x_T = \lambda \left\{ \psi + \frac{\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right]^{-\kappa} - 1}{\kappa} \right\} = \lambda' \left\{ \psi' + \left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right]^{-\kappa} \right\} \quad (4)$$

όπου για απλοποίηση έχει τεθεί $\lambda' = \lambda / \kappa$ and $\psi' = \kappa \psi - 1$.

6. Για $\kappa = 0$ η κατανομή ΓΑΤ μεταπίπτει στην κατανομή μεγίστων τύπου I (Gumbel), οπότε η (3) παίρνει τη ειδική μορφή

$$F(x) = \exp(-e^{-x/\lambda + \psi}) \quad (5)$$

όπου λ και ψ είναι οι παράμετροι κλίμακας και θέσης, αντίστοιχα, της κατανομής. Αντίστοιχα, η (4) παίρνει τη μορφή

$$x_T = \lambda \left\{ \psi - \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right\} \quad (6)$$

7. Για $\kappa = 1/\psi$ (ή ισοδύναμα $\psi' = 0$) η κατανομή ΓΑΤ μεταπίπτει στην κατανομή μεγίστων τύπου II.

8. Η κατανομή Gumbel έχει γίνει αποδεκτή ευρύτητα στην Ελλάδα και διεθνώς για την περιγραφή μέγιστων εντάσεων βροχής, χρησιμοποιώντας συνήθως δείγματα μήκους λίγων δεκάδων ετών. Ωστόσο, η πρόσφατη μελέτη 169 στατιστικών δειγμάτων με μήκος μεγαλύτερο των 100 ετών από την Αμερική και την Ευρώπη (όπου συμπεριλαμβάνεται και η Ελλάδα με το δείγμα ημερήσιων μέγιστων βροχοπτώσεων του Αστεροσκοπείου Αθηνών, μήκους 143 ετών), έδειξε ότι η κατανομή Gumbel είναι ακατάλληλη. Αντίθετα, η κατανομή ΓΑΤ με παράμετρο σχήματος πρακτικώς ανεξάρτητο της θέσης, $\kappa = 0.15$, φάνηκε να είναι κατάλληλη για όλα τα δείγματα. Στα ίδια πρακτικώς συμπεράσματα κατέληξε και πρόσφατη στατιστική διερεύνηση των δεδομένων από 2645 σταθμούς όλου του κόσμου, με συνολικό πλήθος μετρήσεων 95 000 σταθμών-ετών, τα οποία είχαν μελετηθεί παλιότερα από τον Hershfield (1961, 1965) και αποτέλεσαν τη βάση για τη διατύπωση της φερώνυμης μεθόδου εκτίμησης της πιθανής μέγιστης κατακρήμνισης (ΠΜΚ). Στην τελευταία διερεύνηση διαπιστώθηκε επίσης ότι η τιμή που υπολογίζεται τη μέθοδο Hershfield ως ΠΜΚ, αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς περίπου 60 000 ετών.
9. Τα παραπάνω συνηγορούν στην αποδοχή της ΓΑΤ ως κατάλληλης κατανομής για μέγιστες βροχοπτώσεις. Αντίθετα, η χρήση της κατανομής Gumbel (μέγιστων τύπου I) θα πρέπει να αποφεύγεται, δεδομένου ότι οδηγεί σε σοβαρή υπεκτίμηση των εντάσεων βροχής για μεγάλες περιόδους επαναφοράς. Σε περίπτωση που υπάρχει μεγάλο μήκος δείγμα, η παράμετρος σχήματος της κατανομής ΓΑΤ μπορεί να εκτιμάται άμεσα από το δείγμα, αλλά γενικά είναι προτιμότερο να υιοθετείται η γενικευμένη τιμή $\kappa = 0.15$.
10. Η αποδοχή της κατανομής ΓΑΤ σε συνδυασμό με τις (1) και (2) οδηγεί στην ακόλουθη γενικευμένη έκφραση όμβριων καμπυλών

$$i(d, T) = \frac{\lambda' \left\{ \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{-\kappa} + \psi' \right\}}{(d + \theta)^\eta} \quad (7)$$

11. Στην εξίσωση (7) η περίοδος επαναφοράς αναφέρεται σε σειρές ετήσιων μέγιστων. Αν η περίοδος επαναφοράς οριστεί με αναφορά σε σειρές υπεράνω κατωφλίου, που είναι και το τελικώς ζητούμενο, η αντίστοιχη εξίσωση προκύπτει θεωρητικά ότι έχει την ακόλουθη απλούστερη έκφραση

$$i(d, T) = \frac{\lambda' (T^\kappa + \psi')}{(d + \theta)^\eta} \quad (8)$$

Για μικρές περιόδους επαναφοράς, η εξίσωση (8) είναι προφανώς δυσμενέστερη από την αντίστοιχή της (7), ενώ για μεγαλύτερες περιόδους επαναφοράς ($T > 10$ χρόνια) πρακτικώς η πρώτη ταυτίζεται με τη δεύτερη, δεδομένου ότι για μικρές τιμές του $1/T$ ισχύει $\ln [1 - (1/T)] = -(1/T) - (1/T)^2 - \dots \approx -1/T$.

12. Για την εκτίμηση των παραμέτρων λ , ψ (ή ισοδύναμα λ' , ψ'), κ , θ και η των παραπάνω εκφράσεων όμβριων καμπυλών έχουν διατυπωθεί δύο συνεπείς στατιστικές μέθοδοι, οι οποίες αποφεύγουν τη χρήση εμπειρικών τεχνικών που χρησιμοποιούνταν παλιότερα. Η πρώτη μέθοδος που χρησιμοποιείται και εδώ εκτιμά τις παραμέτρους σε δύο βήματα. Στο πρώτο βήμα γίνεται η εκτίμηση των θ και η και στο δεύτερο των παραμέτρων λ , ψ και κ της κατανομής ΓΑΤ.
13. Ειδικότερα, η εκτίμηση των παραμέτρων λ , ψ και κ της κατανομής ΓΑΤ μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους της στατιστικής, από τις οποίες εδώ παρουσιάζονται οι δύο συνηθέστερες. Η πρώτη είναι η διαδομένη μέθοδος των ροπών, η οποία βασίζεται στις εξισώσεις

$$\kappa = \frac{1}{3} - \frac{1}{0.31 + 0.91 C_s + \sqrt{(0.91 C_s)^2 + 1.8}} \quad (9)$$

$$\lambda = \frac{\kappa \sigma}{\sqrt{\Gamma(1-2\kappa) - \Gamma^2(1-\kappa)}} \quad (10)$$

$$\psi = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\Gamma(1-\kappa) - 1}{\kappa} \quad (11)$$

όπου μ η μέση τιμή, σ η τυπική απόκλιση και C_s ο συντελεστής ασυμμετρίας της κατανομής, ενώ $\Gamma(\cdot)$ είναι η συνάρτηση γάμα. Η (9) είναι προσεγγιστική εξίσωση με ακρίβεια ± 0.01 για $-1 < \kappa < 1/3$ ή $-2 < C_s < \infty$. Πάντως, όπως προαναφέρθηκε είναι προτιμότερη η εκτίμηση $\kappa = 0.15$ αντί της χρήσης της (9), δεδομένου ότι η εκτίμηση του συντελεστή ασυμμετρίας της κατανομής είναι επισφαλής για συνήθη μεγέθη δείγματος.

Η δεύτερη είναι η μέθοδος των L-ροπών, μια σχετικά νέα μέθοδος εκτίμησης παραμέτρων. Σε αντίθεση με την κλασική μέθοδο ροπών, η μέθοδος των L-ροπών αποφεύγει την ύψωση στο τετράγωνο ή στον κύβο των τιμών του δείγματος· για το λόγο αυτό οδηγεί σε πιο εύρωστες εκτιμήσεις, αφού δεν αποδίδει υπερβολική σημασία σε τυχόν εμφάνιση μιας ή περισσότερων εξαιρετικά ασυνήθων τιμών στο δείγμα. Η μέθοδος στηρίζεται στις ακόλουθες εξισώσεις (όπου και πάλι η πρώτη είναι προσεγγιστική)

$$\kappa = 7.8 c - 1.43 c^2 \quad (12)$$

$$\lambda = \frac{\kappa \lambda_2}{\Gamma(1-\kappa) (2^\kappa - 1)} \quad (13)$$

$$\psi = \frac{\lambda_1}{\lambda} - \frac{\Gamma(1-\kappa) - 1}{\kappa} \quad (14)$$

όπου

$$c := \frac{\ln 2}{\ln 3} - \frac{2 \lambda_2}{\lambda_3 + 3 \lambda_2} \quad (15)$$

και λ_1 , λ_2 και λ_3 οι τρεις πρώτες L-ροπές της κατανομής. Αμερόληπτες εκτιμήσεις των L-ροπών δίνονται από τις εξισώσεις

$$\hat{\lambda}_1 = b_0 \quad (16)$$

$$\hat{\lambda}_2 = 2 b_1 - b_0 \quad (17)$$

$$\hat{\lambda}_3 = 6 b_2 - 6 b_1 + b_0 \quad (18)$$

όπου b_0 , b_1 και b_2 οι εκτιμήσεις των πιθανοτικά σταθμισμένων ροπών (probability-weighted moments) που δίνονται από τις εξισώσεις

$$b_0 = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{(j)} \quad (19)$$

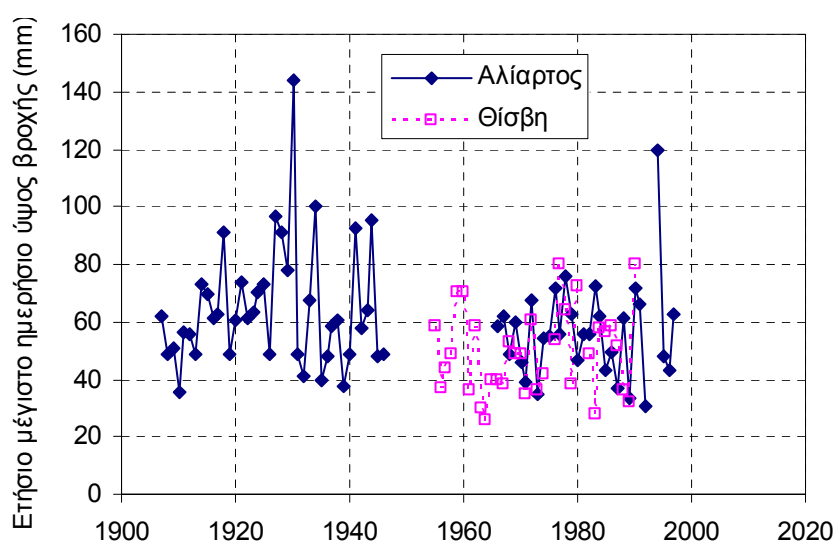
$$b_1 = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^{n-1} (n-j) x_{(j)} \quad (20)$$

$$b_2 = \frac{1}{n(n-1)(n-2)} \sum_{j=1}^{n-2} (n-j)(n-j-1)x_{(j)} \quad (21)$$

ενώ n το μέγεθος του δείγματος και $x_{(j)}$ ($j = 1, \dots, n$) η τιμή του δείγματος που έχει σειρά j στο δείγμα που έχει καταταχτεί σε φθίνουσα σειρά.

Επεξεργασία βροχομετρικών δεδομένων

Στο Σχ. 2 έχουν απεικονιστεί οι χρονοσειρές του ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής στους σταθμούς Θίσβης και Αλιάρτου, ενώ στον Πίν. 1 φαίνονται τα στατιστικά χαρακτηριστικά των ίδιων χρονοσειρών. Γενικώς παρατηρούμε στο Σχ. 2 ότι οι δύο χρονοσειρές είναι ελαφρώς συσχετισμένες μεταξύ τους, πράγμα που επιβεβαιώνεται και από τον μη αμελητέο συντελεστή συσχέτισης που υπολογίστηκε (0.23). Εξάλλου, στον Πίν. 1 παρατηρούμε ότι τα στατιστικά χαρακτηριστικά των δύο χρονοσειρών δεν απέχουν πολύ μεταξύ τους.



Σχ. 2 Απεικόνιση των χρονοσειρών ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής.

Πίν. 1 Στατιστικά χαρακτηριστικά δειγμάτων ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής.

Σταθμός	Αλιάρτος	Θίσβη	Ενοποιημένο δείγμα
Μέγεθος δείγματος	71	34	105
Μέση τιμή (mm)	61.0	49.4	57.2
Μέση τιμή κοινής περιόδου (mm)	55.1	50.4	
Μέγιστη τιμή (mm)	144.2	80.2	144.2
Τυπική απόκλιση (mm)	19.8	14.7	19.1
Συντελεστής μεταβλητότητας	0.33	0.30	0.33
Συντελεστής ασυμμετρίας	1.60	0.45	1.45

Έτσι, η θεώρηση ότι και οι δύο χρονοσειρές αντιπροσωπεύουν τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό είναι εύλογη. Κατά συνέπεια, τα δύο στατιστικά δείγματα θα μπορούσαν να ενοποιηθούν σε ένα για την περαιτέρω στατιστική επεξεργασία. Το ενοποιημένο δείγμα μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό μιας μέσης συμπεριφοράς των ισχυρών καταιγίδων στην περιοχή μελέτης. Είναι γνωστό ότι σε περίπτωση που τα στατιστικά δείγματα των επιμέρους σταθμών είναι στατιστικώς ανεξάρτητα, η ενοποίηση έχει αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση της στατιστικής αξιοπιστίας των εκτιμήσεων αφού το μήκος του ενοποιημένου δείγματος, το οποίο χαρακτηρίζει την αξιοπιστία των στατιστικών εκτιμήσεων, είναι ίσο με το άθροισμα των επιμέρους μηκών (μέθοδος σταθμών-ετών). Επισημαίνεται,

ωστόσο, ότι όταν δεν ισχύει η προϋπόθεση της στατιστικής ανεξαρτησίας (όπως συμβαίνει και στην προκειμένη περίπτωση), η ενοποίηση των επιμέρους δειγμάτων δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι αυξάνει σημαντικά το διαθέσιμο μήκος δείγματος και τη συνεπαγόμενη αξιοπιστία των στατιστικών εκτιμήσεων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι ο ισοδύναμος αριθμός σταθμών k_e σε περίπτωση που δεν ισχύει η ανεξαρτησία, αλλά υπάρχει θετικός συντελεστής συσχέτισης ρ μεταξύ των διαφορετικών σταθμών, είναι περίπου

$$k_e = k / [1 + (k - 1) \rho] \quad (22)$$

όπου k ο αριθμός των σταθμών (National Research Council, 1988, σ. 25).

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των L-ροπών προσαρμόστηκε στο ενοποιημένο δείγμα η θεωρητική συνάρτηση κατανομής ΓΑΤ. Η τιμή της παραμέτρου σχήματος κ που εκτιμήθηκε με τη μέθοδο των L-ροπών είναι πρακτικώς μηδενική, αλλά ωστόσο υιοθετήθηκε η τιμή $\kappa = 0.15$ που τεκμηριώθηκε πιο πάνω.

Εκτίμηση παραμέτρων όμβριων καμπυλών

Οι παράμετροι των όμβριων καμπυλών (εξισώσεις (7) και (8)) εκτιμήθηκαν με την μέθοδο δύο βημάτων που προαναφέρθηκε. Στο πρώτο βήμα εκτιμήθηκαν οι παράμετροι της συνάρτησης $b(d)$ χρησιμοποιώντας τα δείγματα βροχογράφου του σταθμού Αλιάρτου για διάφορες διάρκειες βροχής. Στο δεύτερο βήμα εκτιμήθηκαν οι παράμετροι της συνάρτησης $a(T)$ χρησιμοποιώντας το ενοποιημένο δείγμα των ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής των δύο σταθμών, αφού προηγουμένως οι τιμές του προσαυξήθηκαν κατά 13% προς άρση του γνωστού σφάλματος διακριτοποίησης. Οι τελικές τιμές των παραμέτρων φαίνονται στον Πίν. 2.

Πίν. 2 Εκτιμημένες παράμετροι όμβριων καμπυλών (εξισώσεις (7) και (8)).

Παράμετρος	Τιμή
κ	0.15
λ (mm)	5.88
ψ	3.49
λ' (mm)	39.18
ψ'	-0.48
θ (h)	0.2
η	0.689

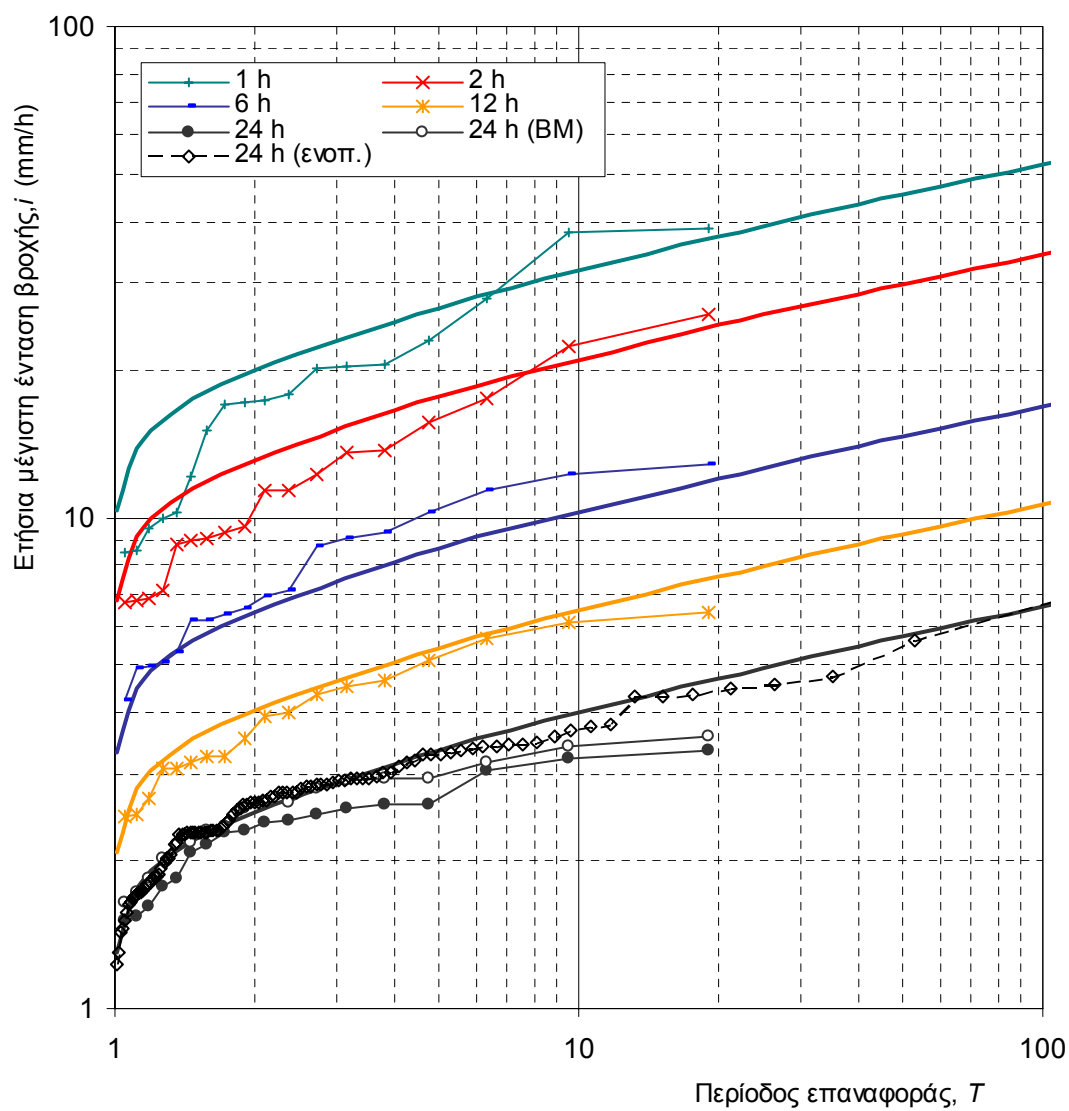
Οι συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ που ορίζονται από το ενιαίο εκτιμημένο σύνολο παραμέτρων για διάφορες χαρακτηριστικές διάρκειες βροχής φαίνονται, σε διπλά λογαριθμικές συντεταγμένες, στο Σχ. 3. Στο ίδιο σχήμα έχουν χαραχτεί και οι εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής, εκτιμημένες με τον τύπο του Weibull. Οι ομάδες καμπυλών εμπειρικών συναρτήσεων κατανομής του σχήματος αναφέρονται (α) στα δείγματα μέγιστων εντάσεων του βροχογράφου της Αλιάρτου για διάφορες διάρκειες, (β) στο ταυτόχρονο δείγμα έντασης βροχής 24ώρου από το βροχόμετρο της Αλιάρτου και (γ) στο ενοποιημένο δείγμα έντασης βροχής 24ώρου από τα βροχόμετρα Αλιάρτου και Θίσιβης. Στις περιπτώσεις (β) και (γ) έγινε άρση του σφάλματος διακριτοποίησης. Από το σχήμα προκύπτει ότι οι εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής συμφωνούν ικανοποιητικά με τις θεωρητικές.

Τελικά αποτελέσματα

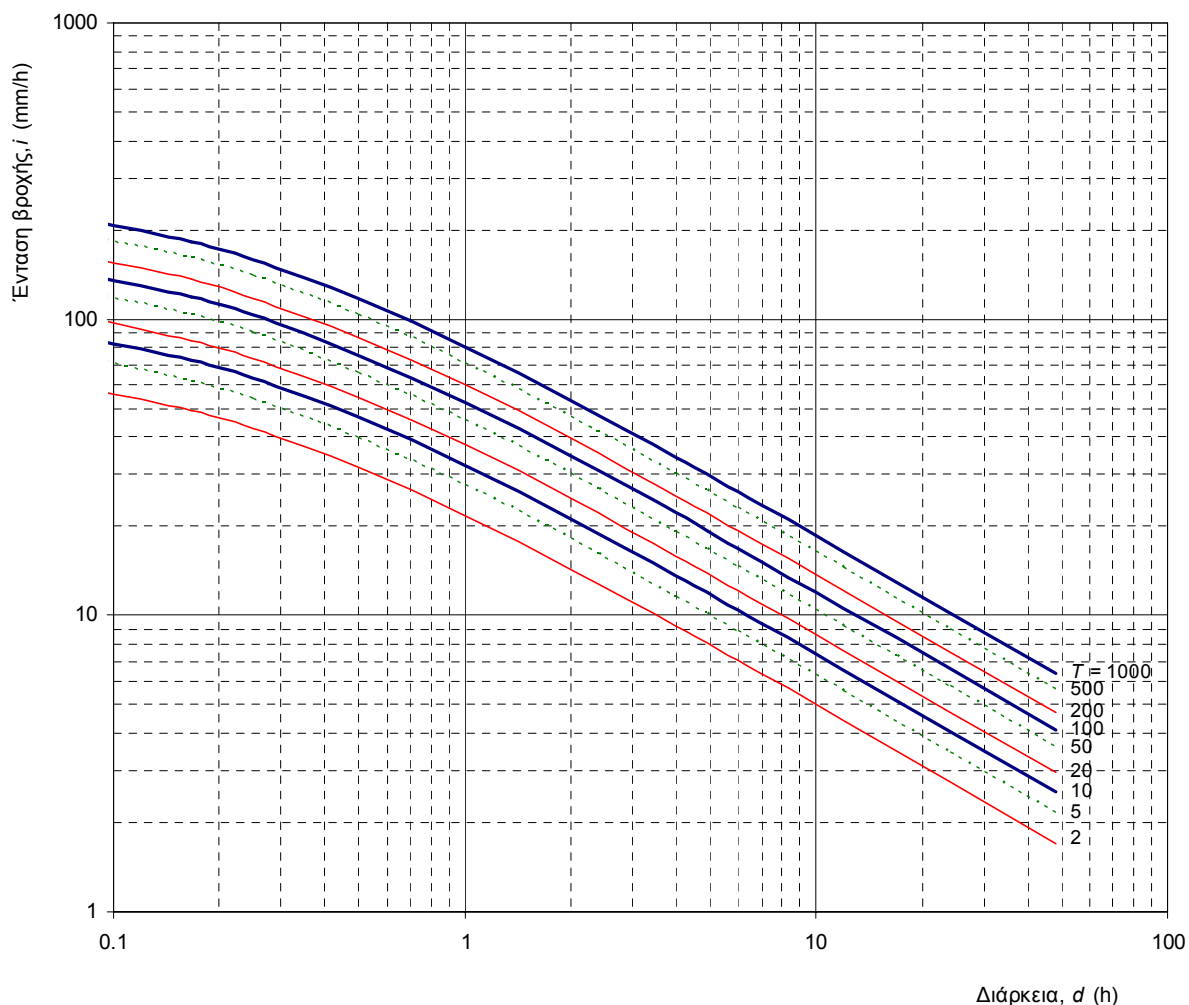
Η τελική έκφραση των όμβριων καμπυλών, όπως προκύπτει με εφαρμογή της εξίσωσης (8) για το σύνολο παραμέτρων του Πίν. 2 που αντιστοιχεί στο ενοποιημένο δείγμα, είναι

$$i(d, T) = \frac{39.18 (T^{0.15} - 0.48)}{(d + 0.2)^{0.689}}, \quad h(d, T) = i(d, T) d \quad (d \text{ σε h, } h \text{ σε mm, } i \text{ σε mm/h}) \quad (23)$$

Η τελική εξίσωση όμβριων καμπυλών (23) έχει παρασταθεί γραφικά σε λογαριθμικούς άξονες $i - d$ στο Σχ. 4.



Σχ. 3 Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (τεθλασμένες) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής.



Σχ. 4 Τελικές όμβριες καμπύλες της περιοχής μελέτης.

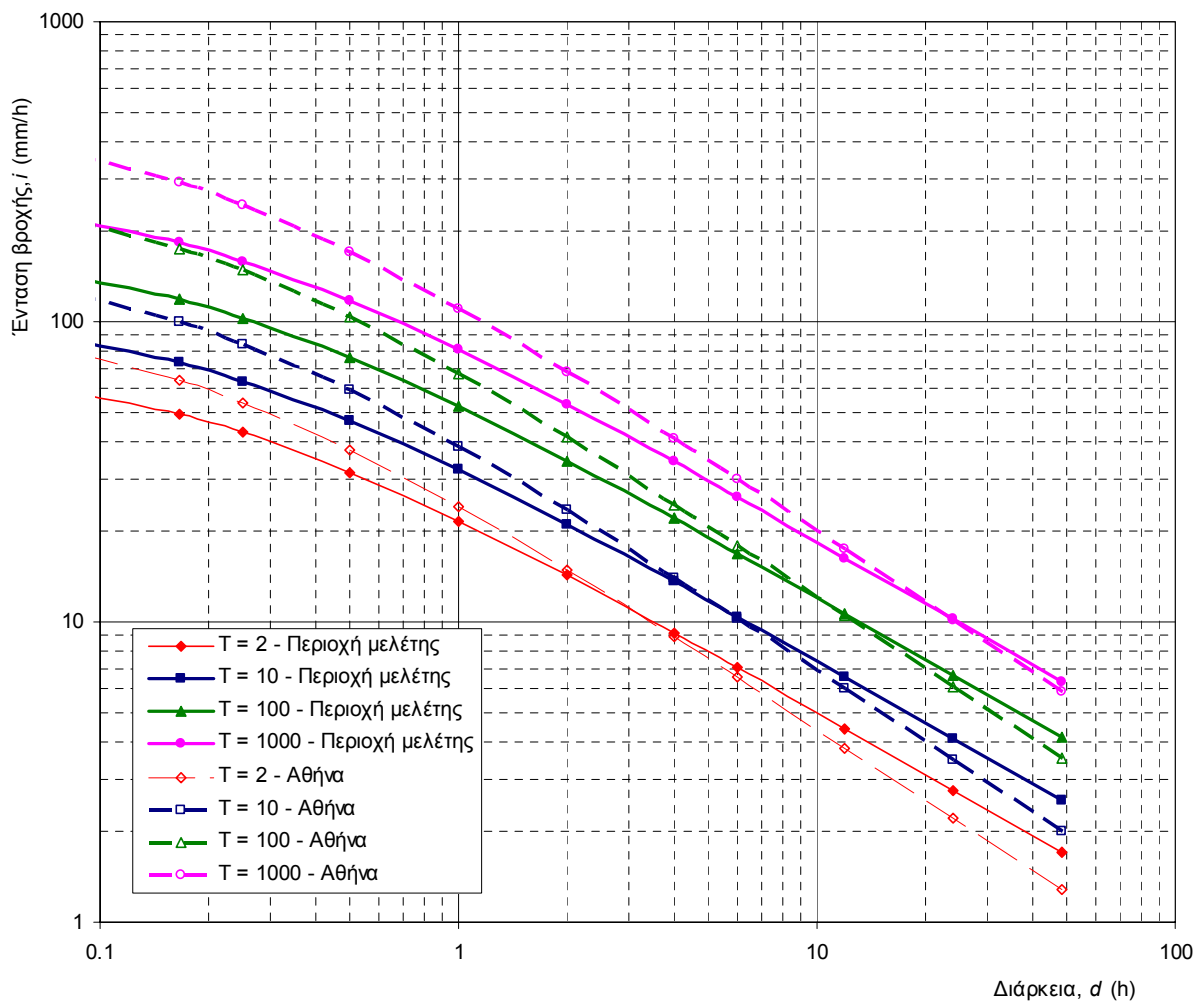
Σύγκριση με τις όμβριες καμπύλες της Αθήνας

Πρόσφατα (Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000) εκτιμήθηκε η ακόλουθη έκφραση όμβριων καμπυλών για την περιοχή της Αθήνας

$$i(d, T) = \frac{40.6 (T^{0.185} - 0.45)}{(d + 0.189)^{0.796}} \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h}) \quad (24)$$

Η εξαγωγή αυτής της εξίσωσης βασίστηκε αφενός στο δείγμα ετήσιων μέγιστων ημερήσιων βροχοπτώσεων του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, μεγέθους 136 ετών (το μεγαλύτερο σε μέγεθος δείγμα της Ελλάδας) και αφετέρου σε δείγματα ετήσιων μέγιστων βροχοπτώσεων μικρότερων διαρκειών, μεγέθους 30 ετών, του σταθμού Ελληνικού.

Η σύγκριση των όμβριων καμπυλών της περιοχής μελέτης με αυτές της Αθήνας παρουσιάζεται γραφικά στο Σχ. 5. Παρατηρούμε ότι για μικρές διάρκειες βροχής, π.χ. 1 h ή λιγότερο, οι εντάσεις βροχής στην Αθήνα εμφανίζονται δυσμενέστερες. Αντίθετα, για μεγάλες διάρκειες βροχής, π.χ. άνω των 10 ωρών, οι εντάσεις βροχής στην περιοχή μελέτης είναι μεγαλύτερες από αυτές της Αθήνας. Αυτό δείχνει ότι οι ισχυρές βροχοπτώσεις στην περιοχή μελέτης χαρακτηρίζονται από σχετικά μεγάλες διάρκειες, ενώ στην Αθήνα στις μεγάλες διάρκειες οι εντάσεις εξασθενούν σημαντικά.



Σχ. 5 Σύγκριση των τελικών όμβριων καμπυλών της περιοχής μελέτης (συνεχείς γραμμές) με τις όμβριες καμπύλες της Αθήνας (διακεκομμένες γραμμές).