

Σε διατομή χειμάρρου προβλέπεται η κατασκευή γέφυρας, ωφέλιμου χρόνου ζωής 50 ετών. Η ανάντη λεκάνη απορροής έχει έκταση 25 km^2 και χρόνο συγκέντρωσης 15 min. Από τη στατιστική ανάλυση των ισχυρών επεισοδίων καταιγίδων σε κοντινό μετεωρολογικό σταθμό, προκύπτει ότι η μέση τιμή των μέγιστων ετήσιων υψών βροχής διάρκειας 15 min είναι 17 mm, ενώ ο συντελεστής διασποράς τους 0.38.

Ζητούνται:

(α) Η επιλογή και προσαρμογή κατάλληλης κατανομής πιθανοτήτων για την περιγραφή της στατιστικής δίαυτας των εντάσεων βροχής της υπόψη διάρκειας.

(β) Η περίοδος επαναφοράς με την οποία θα γίνει ο υδρολογικός σχεδιασμός της γέφυρας, αν η επιτρεπόμενη διακινδύνευση για διάστημα ίσο με τον ωφέλιμο χρόνο ζωής της είναι 63%.

(γ) Η εκτίμηση, με την ορθολογική μέθοδο, της παροχής αιχμής του χειμάρρου για την υπόψη περίοδο επαναφοράς, θεωρώντας συντελεστή απορροής 0.55.

(δ) Το ύψος τοποθέτησης της γέφυρας, λαμβάνοντας ελεύθερο περιθώριο 0.50 m πάνω από τη στάθμη που αντιστοιχεί στην υπολογισθείσα παροχή αιχμής. Η εξίσωση στάθμης-παροχής της διατομής στη θέση της γέφυρας δίνεται από τη σχέση $Q = 42.5 h^{0.75}$ (Q σε m^3/s , h σε m).

Λύση

(α) Η υδρολογική μεταβλητή που εξετάζεται αφορά σε ακραίες (μέγιστες ετήσιες) τιμές υψών βροχής, η στατιστική ανάλυση των οποίων, για συνήθεις περιόδους επαναφοράς, γίνεται με προσαρμογή της κατανομής Gumbel μεγίστων.

Η συνάρτηση κατανομής Gumbel περιέχει δύο παραμέτρους, την παράμετρο κλίμακας α και την παράμετρο θέσης u , οι οποίες, με βάση τη μέθοδο των ροπών, δίνονται από τις σχέσεις:

$$\alpha = \frac{1}{0.78 \sigma_X}$$

$$u = \bar{x} - 0.45 s_X$$

όπου $\bar{x}$, s_X η δειγματική μέση τιμή και τυπική απόκλιση, αντίστοιχα. Για το συγκεκριμένο δείγμα, η μέση τιμή της έντασης βροχής διάρκειας 15 min είναι:

$$\bar{x} = 17 / (15 / 60) = 68.0 \text{ mm/h}$$

ενώ η τυπική απόκλιση λαμβάνεται ίση με το 38% της μέσης τιμής, δηλαδή:

$$s_X = 0.38 \times 68.0 = 6.5 \text{ mm/h}$$

Αντικαθιστώντας στις προηγούμενες σχέσεις προκύπτει ότι οι παράμετροι της κατανομής Gumbel είναι $\alpha = 0.198$ και $u = 65.1 \text{ mm/h}$.

(β) Η διακινδύνευση r ενός έργου σε διάστημα n ετών συνδέεται με την περίοδο επαναφοράς T , με την οποία

Παρατήρηση: Είναι γνωστό ότι αν ένα έργο σχεδιάζεται με περίοδο επαναφοράς ίση με το χρόνο ζωής του, δηλαδή $n = T$, τότε η διακινδύνευσή του είναι εξ ορισμού ίση με (περίπου) 63%.

(γ) Η ορθολογική μέθοδος εκτιμά την παροχής αιχμής ενός υδατορεύματος, που αναφέρεται σε συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς T , μέσω της σχέσης:

$$Q = c i A$$

όπου c συντελεστής απορροής της πλημμύρας, i η κρίσιμη ένταση βροχής, που αντιστοιχεί στην υπόψη περίοδο επαναφοράς και αναφέρεται σε διάρκεια βροχής ίση με το χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης, και A η έκταση της λεκάνης.

Η κρίσιμη ένταση μπορεί να εκτιμηθεί με βάση το δείγμα μέγιστων ετήσιων υψών βροχής, στο οποίο έχει προσαρμοστεί η κατανομή Gumbel, καθώς η διάρκεια βροχής του ταυτίζεται με το χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης. Ο υπολογισμός της γίνεται με βάση τη σχέση:

$$x_T = u + k_T / \alpha$$

όπου k_T η ανηγμένη μεταβλητή Gumbel, που δίνεται από την αναλυτική σχέση:

$$k_T = -\ln[-\ln(1 - 1/T)]$$

Για $T = 50$ έτη είναι $k_T = 3.91$, οπότε $x_T = 84.8$ mm/h. Θέτοντας $c = 0.55$, $i = 84.8$ mm/h και $A = 25$ km², και εκφράζοντας όλα τα μεγέθη σε μονάδες του SI, προκύπτει παροχή αιχμής:

$$Q = 0.55 \times 84.8 \times (10^{-3} \text{ m} / 3600 \text{ s}) \times (25 \times 10^6) \text{ m}^2 = 324 \text{ m}^3/\text{s}$$

(δ) Έχοντας εκτιμήσει την παροχή με την οποία γίνεται ο υδρολογικός σχεδιασμός της γέφυρας, αρκεί να υπολογίσουμε, με βάση τη σχέση στάθμης-παροχής, το αντίστοιχο ύψος του νερού από τον πυθμένα. Το ύψος αυτό προκύπτει ως:

$$h = (324.0 / 42.5)^{1/0.75} = 15.0 \text{ m}$$

Λαμβάνοντας υπόψη το ελεύθερο περιθώριο των 0.50 m, προκύπτει ότι το ύψος τοποθέτησης της γέφυρας είναι 15.50 m.