



Ημερίδα Ερευνητικού Προγράμματος **ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ**
*«Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε
συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη
φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού
πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων»*
Τετάρτη 2/7/2014, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής
Ιστορίας

Προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο υδρολογίας πλημμυρών

Αντώνης Κουκουβίνος, Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ





Γενική περιγραφή μεθοδολογικού πλαισίου

- Το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο αποσκοπεί στην παραγωγή των υδρογραφήματων σχεδιασμού σε μία λεκάνη απορροής για δεδομένη περίοδο επαναφοράς. Η περίοδος επαναφοράς της πλημμύρας θεωρείται ίση με αυτήν της βροχόπτωσης για τη διάρκεια της βροχής σχεδιασμού
- Η προτεινόμενη μεθοδολογία βασίζεται στη συνδυαστική εφαρμογή της μεθόδου του **αριθμού καμπύλης απορροής** (Runoff Curve Number, **CN**) της Soil Conservation Service (SCS, 1972) και του **συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος** (ΣΜΥ)
- Η μέθοδος SCS-CN εφαρμόζεται για την εκτίμηση της ενεργού βροχόπτωσης, δηλαδή για τον διαχωρισμό των υδρολογικών ελλειμμάτων από το συνολικό υετογράφημα
- Με τη μέθοδο του ΣΜΥ υλοποιείται ο χωροχρονικός μετασχηματισμός της κατανεμημένης ενεργού βροχόπτωσης σε πλημμυρική απορροή (πλημμυρογράφημα σχεδιασμού), στην έξοδο της λεκάνης



Σχηματοποίηση υδρογραφικού δικτύου και υπολεκανών απορροής και υπολογισμός γεωμετρικών μεγεθών

- Διαμορφώνεται το **κύριο υδρογραφικό δίκτυο** της λεκάνης απορροής και ορίζονται οι **υπολεκάνες** ανάντη των κόμβων του δικτύου, με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:
 1. Τοποθέτηση κόμβων σε θέσεις συμβολής του κύριου υδατορεύματος με σημαντικούς παραποτάμους
 2. Τοποθέτηση κόμβων για τη διαμόρφωση τμημάτων του υδρογραφικού δικτύου που διέρχονται από σημεία ή περιοχές ενδιαφέροντος (π.χ. θέσεις μέτρησης παροχών, ζώνες υψηλού πλημμυρικού κινδύνου)
 3. Ομοιομορφία φυσιογραφικών χαρακτηριστικών υπολεκάνης
- Η διαμόρφωση του δικτύου και των υπολεκανών γίνεται, με την υποστήριξη Συστημάτων Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΣΓΠ), από ένα ψηφιακό μοντέλων υψομέτρων (ΨΜΥ) της περιοχής
- Για κάθε υπολεκάνη υπολογίζονται τα εξής **γεωμετρικά μεγέθη**: έκταση, μήκος κύριου υδατορεύματος, μέσο υψόμετρο, υψόμετρο κόμβου εξόδου.



Εκτίμηση χαρακτηριστικών χρονικών μεγεθών υπολεκανών: Χρόνος συγκέντρωσης

- Ο χρόνος συγκέντρωσης της συνολικής λεκάνης και κάθε υπολεκάνης της εκτιμάται με τη **σχέση Giandotti**:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\Delta z}}$$

όπου t_c ο χρόνος συγκέντρωσης (h), A η επιφάνεια της λεκάνης (km^2), L το μήκος της κύριας μισγάγκειας (km) και Δz η υψομετρική διαφορά (m) του μέσου υψομέτρου της λεκάνης από το υψόμετρο της εξόδου της

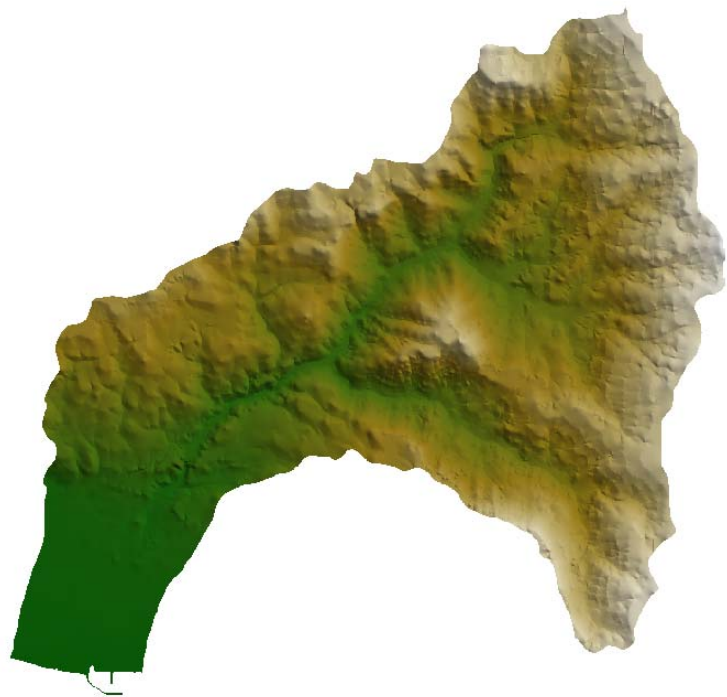
- Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η **εξάρτηση του χρόνου συγκέντρωσης από την απορροή**, μειώνεται ο χρόνος t_c που υπολογίστηκε κατά Giandotti, σύμφωνα με την εμπειρική σχέση:

$$t_c(T) = t_c \sqrt{i(5) / i(T)}$$

όπου $i(5)$ η κρίσιμη ένταση βροχής που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς $T = 5$ έτη και $i(T)$ η ένταση βροχής που αντιστοιχεί στην περίοδο επαναφοράς της μελέτης.



Παράδειγμα εκτίμησης χαρακτηριστικών γεωμετρικών μεγεθών στη λεκάνη του Νέδοντα



Έκταση λεκάνης (km ²)	120.8
Μήκος κύριου υδατορέματος (km)	18.0
Μέσο υψόμετρο λεκάνης (m)	875.7
Υψόμετρο στην έξοδο (m)	93.0
Διαφορά μέσου υψομέτρου και υψομέτρου στην έξοδο (m)	782.7
Χρόνος συγκέντρωσης κατά Giandotti (h)	3.17



Κατηγοριοποίηση φυσιογραφικών χαρακτηριστικών υπολεκανών: Υδατοπερατότητα

- Με βάση εδαφολογικό ή υδρολιθολογικό χάρτη και ανάλογα με τον κυρίαρχο τύπο εδαφών, υποκείμενων γεωλογικών σχηματισμών και δόμησης (για αστικές ή ημιαστικές λεκάνες), επιλέγεται η κλάση υδατοπερατότητας της υπολεκάνης, σύμφωνα με τον πίνακα.

Κλάση περατότητας	Εδαφικά χαρακτηριστικά	Γεωλογικά ή <u>υδρολιθολογικά</u> χαρακτηριστικά	Χαρακτηριστικά δόμησης
Πολύ υψηλή	Πολύ ελαφριά και καλά <u>αποστραγγιζόμενα</u> εδάφη	Ανθρακικοί σχηματισμοί έντονα <u>καρστικοποιημένοι</u> , εκτεταμένης ανάπτυξης (κατακερματισμένοι ασβεστόλιθοι, δολομίτες, μάρμαρα)	
Υψηλή	Αμμώδη και χαλικώδη εδάφη, με μικρό <u>ποσοστό</u> ιλύος και αργίλου	Ποτάμιες αποθέσεις, μη συνεκτικά κροκαλοπαγή, τριαδικά <u>λατυποπαγή</u>	Πολύ μικροί οικισμοί
Μέτρια	Αμμώδη παχιά εδάφη, <u>ίλυες</u> και ιλυώδη εδάφη, αμμώδης πηλός	Κοκκώδεις προσχωματικές αποθέσεις, σχιστόλιθοι, συνεκτικά κροκαλοπαγή, πλακώδεις ή <u>λεπτοπλακώδεις</u> ασβεστόλιθοι σε εναλλαγές με σχιστολιθικούς σχηματισμούς	Περιοχές αραιής δόμησης, σημαντική ανάπτυξη κήπων, αστικά πάρκα
Χαμηλή	Λεπτόκοκκα αργιλικά εδάφη, εδάφη από <u>αργιλοπηλό</u> , εδάφη φτωχά σε οργανικό υλικό	Φλύσχης μεταμορφωμένα, πλουτώνια και ηφαιστειακά πετρώματα, κοκκώδεις μη προσχωματικές αποθέσεις (εναλλαγές άμμων, μαργών, αργίλων, <u>κροκαλοπα-γών</u> , <u>μαργαϊκών ασβεστολίθων</u> , ψαμμιτών), κοκκώδεις <u>μολασσικές</u> αποθέσεις	Περιοχές μεσαίας δόμησης με πρασιές και μικρούς κήπους
Πολύ χαμηλή	Εδάφη μικρού βάθους που διογκώνονται όταν	Συμπαγείς βράχοι αμελητέας περατότητας (γρανίτες)	Εμπορικά κέντρα, περιοχές πυκνής



Κατηγοριοποίηση φυσιογραφικών χαρακτηριστικών υπολεκανών: Βλάστηση

- Η κατηγοριοποίηση της βλάστησης αφορά στα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τους μηχανισμούς κατακράτησης της βροχόπτωσης, την τραχύτητα του εδάφους και της διηθητικής του ικανότητας και γίνεται με χρήση χάρτη κάλυψης ή χρήσης γης και σχετικού πίνακα

Κλάση βλάστησης	Χαρακτηριστικά κάλυψης γης
Πυκνή	Δάση (κωνοφόρα, πλατύφυλλα)
Μεσαία	Μεταβατικά δάση, οπωρώνες, ελαιώνες, παρόχθια βλάστηση
Χαμηλή	Βοσκότοποι, καλλιέργειες, αμπελώνες, <u>χορτολιβαδικές εκτάσεις</u> , θάμνοι,
Αραιή	Χέρσα γη, μη αρδεύσιμη-αρόσιμη γη, <u>αμμοθίνες</u> , υγρότοποι, διακεκομμένη αστική δόμηση
Μηδενική	Γυμνό ή βραχώδες έδαφος, τεχνητές επιφάνειες (δρόμοι, κτήρια)



Κατηγοριοποίηση φυσιολογικών χαρακτηριστικών υπολεκανών: Αποστραγγιστική ικανότητα εδάφους

- Η αποστραγγιστική ικανότητα του εδάφους και συνεπώς η παραγωγή επιφανειακής απορροής εξαρτάται από τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του (ανάγλυφο, κλίση), την ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου, και την ύπαρξη σχετικών τεχνικών έργων (έργα ανάσχεσης, αποστραγγιστικά δίκτυα).
- Η σχετική κατηγοριοποίηση γίνεται με υπολογισμό των κλίσεων στη λεκάνη και χρήση του παρακάτω πίνακα:

Κλάση <u>αποστραγγιστικής ικανότητας</u>	Μέση κλίση εδάφους ⁽¹⁾	Λοιπά χαρακτηριστικά
Αμελητέα	0%	Ανεπαρκές σύστημα αποστράγγισης, συχνές και εκτενείς κατακλύσεις, μη διαμορφωμένο υδρογραφικό δίκτυο
Χαμηλή	1-2%	Σημαντικές επιφανειακές ταπεινώσεις, περιστασιακές κατακλύσεις, όχι καλά διαμορφωμένο υδρογραφικό δίκτυο
Μέτρια	2-10%	Μικρές επιφανειακές ταπεινώσεις, σπάνιες κατακλύσεις, αβαθείς, μικροί διάδρομοι αποστράγγισης
Υψηλή	10-30%	Αμελητέες ταπεινώσεις εδάφους, πολύ καλά διαμορφωμένο υδρογραφικό δίκτυο, ύπαρξη αποστραγγιστικού δικτύου
Πολύ υψηλή	30%	Ορεινό ανάγλυφο



Κωδικοποίηση φυσιογραφικών χαρακτηριστικών για την εκτίμηση της τιμής αναφοράς της παραμέτρου CN ($CN_{II,20}$) και εκτίμηση αρχικών απωλειών

Κλάση περατότητας	i_{PERM}	Κλάση βλάστησης	i_{VEG}	Κλάση αποστραγγιστικής ικανότητας	i_{SLOPE}
Πολύ υψηλή	1	Πυκνή	1	Αμελητέα	1
Υψηλή	2	Μεσαία	2	Χαμηλή	2
Μέτρια	3	Χαμηλή	3	Μέτρια	3
Χαμηλή	4	Αραιή	4	Υψηλή	4
Πολύ χαμηλή	5	Μηδενική	5	Πολύ υψηλή	5

α (%)	Τύπος λεκάνης
5	Αστικές λεκάνες, λεκάνες με σημαντική κλίση, εδάφη χαμηλής <u>διηθητικότητας</u>
10	Μη αστικές λεκάνες μέτριας <u>υδατοπερατότητας</u> και βλάστησης
20	Αγροτικές και δασικές λεκάνες, λεκάνες με σημαντικά έργα ανάσχεσης



Εκτίμηση CN αναφοράς

- Εκτιμάται η τιμή αναφοράς της παραμέτρου CN που αντιστοιχεί σε μέσες συνθήκες υγρασίας (τύπου II) και ποσοστό αρχικών απωλειών 20% ($CN_{II,20}$), με βάση τις κλάσεις **υδατοπερατότητας**, **βλάστησης** και **αποστραγγιστικής ικανότητας** της λεκάνης, σύμφωνα με τη σχέση:

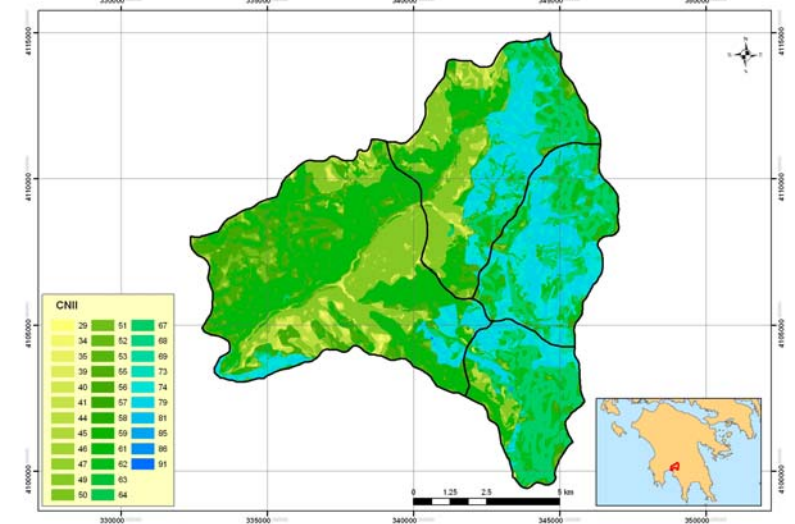
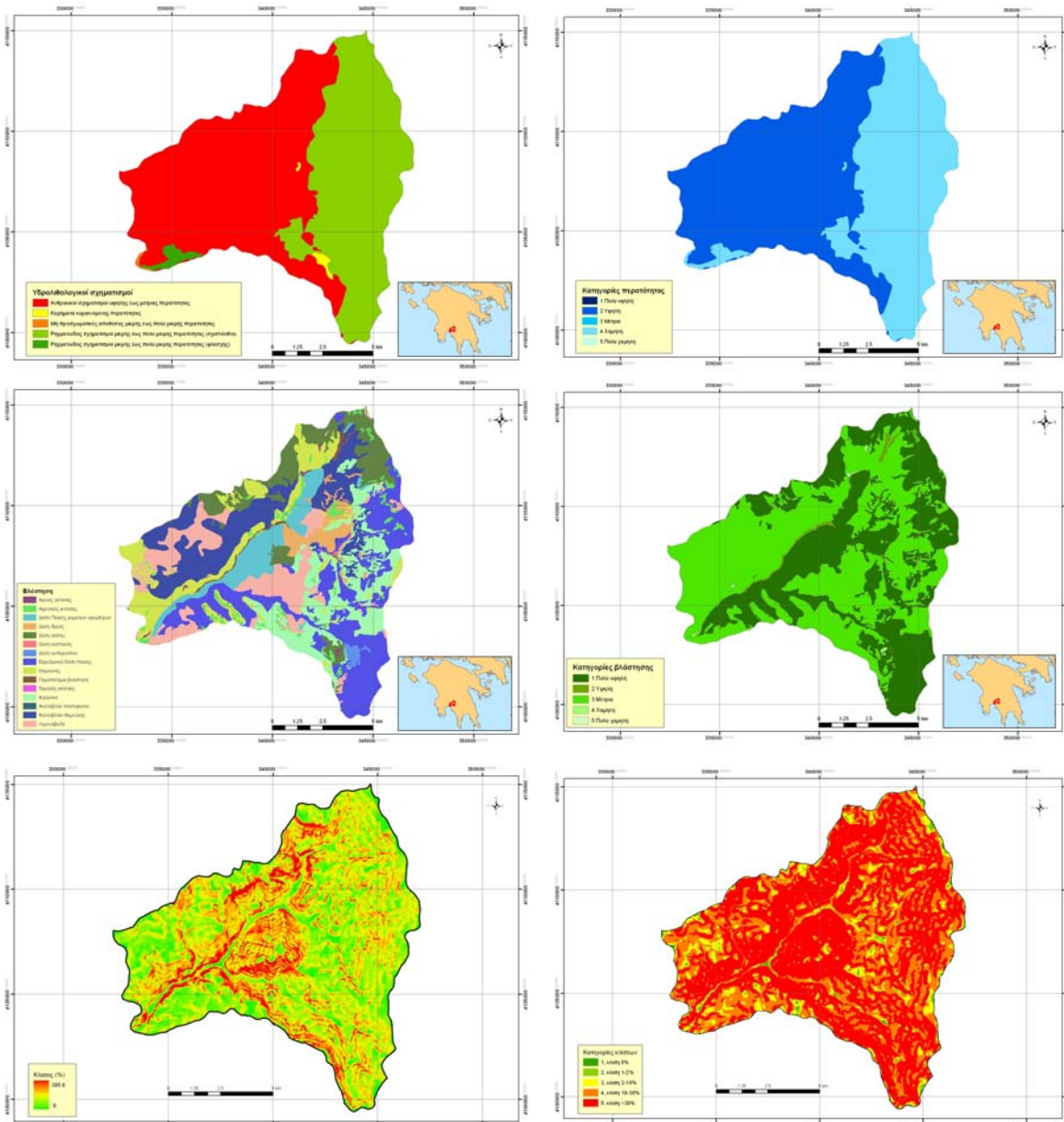
$$CN_{II,20} = 10 + 9 i_{PERM} + 6 i_{VEG} + 3 i_{SLOPE}$$

όπου, i_{PERM} , i_{VEG} και i_{SLOPE} κωδικοί με τιμές [1...5] που δηλώνουν κάθε μία από τις παραπάνω κλάσεις.

- Κατά περίπτωση μπορούν να εφαρμοστούν και ενδιάμεσες (μη ακέραιες) τιμές στους αντίστοιχους κωδικούς.
- Η ελάχιστη τιμή του CN αναφοράς είναι 28 και λαμβάνεται στην ακραία περίπτωση λεκανών πολύ υψηλής περατότητας ($i_{PERM} = 1$), πυκνής βλάστησης ($i_{VEG} = 1$) και αμελητέας αποστραγγιστικής ικανότητας ($i_{SLOPE} = 1$).
- Στην περίπτωση υδάτινων σωμάτων (ποτάμια, λίμνες, κτλ.), η παράμετρος CN είναι εξ ορισμού ίση με 100.



Παράδειγμα εκτίμησης παραμέτρου CN αναφοράς στη λεκάνη του Νέδοντα



$$CN_{II,20} = 10 + 9 i_{PERM} + 6 i_{VEG} + 3 i_{SLOPE} = 52$$



Αναγωγή αριθμού CN αναφοράς για δεδομένες αρχικές απώλειες και εκτίμησή του για ξηρές και υγρές συνθήκες

- Η μέγιστη δυνητική κατακράτηση S της λεκάνης (mm) αποτελεί τη βασική παράμετρο της μεθόδου SCS-CN, που εκτιμάται συναρτήσει του CN ως εξής:

$$S = 254 (100/\text{CN} - 1).$$

- Αφού προσδιοριστεί η τιμή αναφοράς της παραμέτρου CN για ποσοστό αρχικών απωλειών $\alpha = 20\%$ και συνθήκες υγρασίας τύπου II ($\text{CN}_{\text{II},20}$), γίνεται αναγωγή της για τις άλλες δύο τυπικές συνθήκες αρχικής εδαφικής υγρασίας (ξηρές, τύπου I, και υγρές, τύπου III), σύμφωνα με τις εμπειρικές σχέσεις της SCS:

$$\text{CN}_I = 4.2 \text{CN}_{\text{II}} / (10 - 0.058 \text{CN}_{\text{II}}) \text{ και } \text{CN}_{\text{III}} = 23 \text{CN}_{\text{II}} / (10 + 0.13 \text{CN}_{\text{II}})$$

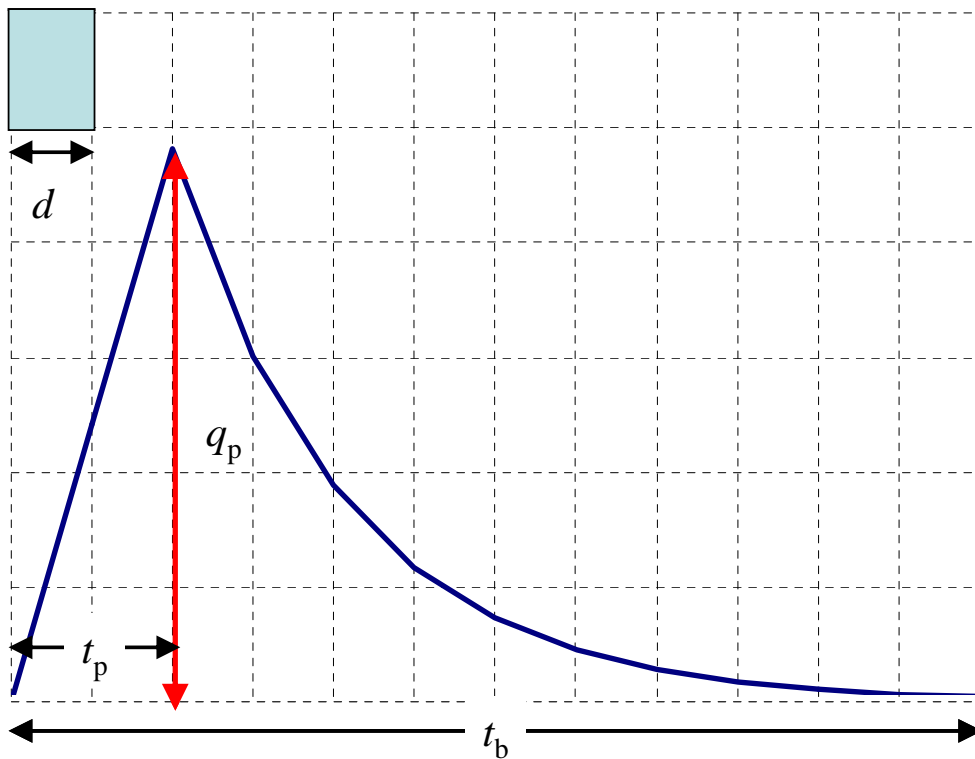
- Σε λεκάνες με διαφορετικό ποσοστό αρχικών απωλειών α , για δεδομένη βροχόπτωση σχεδιασμού h , εκτιμάται η ενεργός βροχόπτωση h_e που προκύπτει με βάση την παράμετρο αναφοράς $\text{CN}_{\text{II},20}$ και στη συνέχεια επαναπροσδιορίζεται η **μέγιστη δυνητική κατακράτηση** της λεκάνης, σύμφωνα με τη σχέση:

$$S = \frac{2\alpha h + (1 - \alpha) h_e - \sqrt{[2\alpha h + (1 - \alpha) h_e]^2 - 4\alpha^2 h (h - h_e)}}{2\alpha^2}$$



Παραγωγή συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (ΣΜΥ)

- Το Συνθετικό Μοναδιαίο Υδρογράφημα (ΣΜΥ) κάθε υπολεκάνης υπολογίζεται για διάρκεια βροχόπτωσης d , που ταυτίζεται με το χρονικό βήμα υπολογισμών.
- Συμβατικά, το ύψος της μοναδιαίας ενεργούς βροχόπτωσης λαμβάνεται ίσο με $h_0 = 10 \text{ mm}$.
- Προτείνεται ένα παραμετρικό ΣΜΥ που περιλαμβάνει έναν γραμμικό ανοδικό κλάδο και ένα αρνητικά εκθετικό καθοδικό κλάδο.



Χρόνος ανόδου: $t_p = d / 2 + \beta t_c$

Χρόνος βάσης: $t_b = d + \gamma t_c$

όπου t_c χρόνος συγκέντρωσης
και β, γ παράμετροι, με $0 < \beta < 1$
και $\gamma \geq 1$



Εκτίμηση παραμέτρων συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (ΣΜΥ)

- Για την παράμετρο β του **χρόνου ανόδου** προτείνονται οι τιμές $\beta = 0.30$, για μεγάλες και μέτριες κλίσεις, και $\beta = 0.50$, για μικρές και ήπιες κλίσεις.
- Για την παράμετρο γ του **χρόνου βάσης** προτείνονται οι τιμές:
 - $\gamma = 1$ για αστικές λεκάνες πυκνής δόμησης, με ανεπτυγμένο δίκτυο ομβρίων
 - $\gamma = 5$ για λεκάνες χαμηλής περατότητας
 - $\gamma = 10$ για λεκάνες μέτριας ως υψηλής υδατοπερατότητας
 - $\gamma = 20$ για καρστικές λεκάνες, με κυριαρχία υποδερμικής ροής
- Για τον ανοδικό κλάδο του υδρογραφήματος, οι παροχές υπολογίζονται από τη σχέση: $u(t) = q_p t / T_p$ και για τον καθοδικό από τη σχέση: $u(t) = q_p \exp(-5 t/T_b)$, όπου $T_p = \text{ROUND}(t_p / d)$ και $T_b = \text{ROUND}(t_b / d)$, ώστε οι χρόνοι να εκφράζονται ως ακέραιο πολλαπλάσιο της διάρκειας d .
- Η παροχή αιχμής q_p προκύπτει από την εξίσωση συνέχειας, $V_0 = h_0 A$, όπου A η έκταση της υπολεκάνης.



Υετογράφημα σχεδιασμού: Εκτίμηση χαρακτηριστικών χρονικών μεγεθών

- Η **διάρκεια** του υετογραφήματος σχεδιασμού επιλέγεται ίση με το τριπλάσιο, τουλάχιστον, του χρόνου συγκέντρωσης της συνολικής λεκάνης.
- Η **χρονική διακριτότητα** της βροχόπτωσης που καθορίζει και το χρονικό βήμα υπολογισμών της υδρολογικής προσομοίωσης, επιλέγεται ίση με το 1/3 του μικρότερου από τους χρόνους συγκέντρωσης των υπολεκανών, για την υπόψη περίοδο επαναφοράς.
- Σε λεκάνες μεγαλύτερες των 10 km², το χρονικό βήμα λαμβάνεται ωριαίο.
- Γενικά, προτείνεται η εφαρμογή χρονικών βημάτων που είναι ακέραια πολλαπλάσια των 10 min.



Παραγωγή υδρογραφημάτων σχεδιασμού

- Σε κάθε υπολεκάνη εκτιμάται η **χρονική εξέλιξη της ενεργού βροχόπτωσης** $h_e(t)$ με εφαρμογή της εμπειρικής σχέσης της SCS:

$$h_e(t) = \begin{cases} 0 & h(t) \leq h_{a0} \\ \frac{(h(t) - h_{a0})^2}{h(t) - h_{a0} + S} & h(t) > h_{a0} \end{cases}$$

όπου $h(t)$ το αθροιστικό ύψος βροχής στο χρόνο t .

- Η μέγιστη δυνητική κατακράτηση εκτιμάται για τις **τρεις καταστάσεις αρχικής υγρασίας**, οπότε προκύπτουν τρία σενάρια ενεργού βροχόπτωσης.
- Για κάθε υπολεκάνη και κάθε σενάριο ενεργού βροχόπτωσης, εκτιμάται η **πλημμυρική απορροή στην έξοδο** της υπολεκάνης, με εφαρμογή του ΣΜΥ.
- Αν D είναι η συνολική διάρκεια βροχής, τότε παράγονται $n = D / d$ υδρογραφήματα που αθροίζονται χρονικά ώστε να προκύψει το τελικό πλημμυρογράφημα στην έξοδο της λεκάνης (αρχή της επαλληλίας).
- Στο πλημμυρογράφημα προστίθεται η **βασική ροή**, που εκτιμάται ως η μέση παροχή του υγρότερου μήνα.



Εκτίμηση πλημμυρικών μεγεθών σχεδιασμού ως συνδυασμένη πιθανότητα των τριών συνθηκών υγρασίας

■ Εκτίμηση πιθανοτήτων κατάστασης υγρασίας

Η πιθανότητα εμφάνισης κάθε κατάστασης εκτιμάται με βάση ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα ημερήσιας βροχόπτωσης στην υπολεκάνη. Χρησιμοποιείται ο τυπικός ορισμός της Soil Conservation Service, που προσδιορίζει τους τρεις τύπους προηγούμενων συνθηκών υγρασίας με βάση την αθροιστική βροχόπτωση των προηγούμενων πέντε ημερών.

Αν n_I , n_{II} και n_{III} είναι το πλήθος των ημερών που αντιστοιχούν σε συνθήκες υγρασίας τύπου I, II και III, αντίστοιχα, τότε οι αντίστοιχες πιθανότητες είναι $p_I = n_I / n$, $p_{II} = n_{II} / n$, και $p_{III} = n_{III} / n$, όπου n το μέγεθος του δείγματος

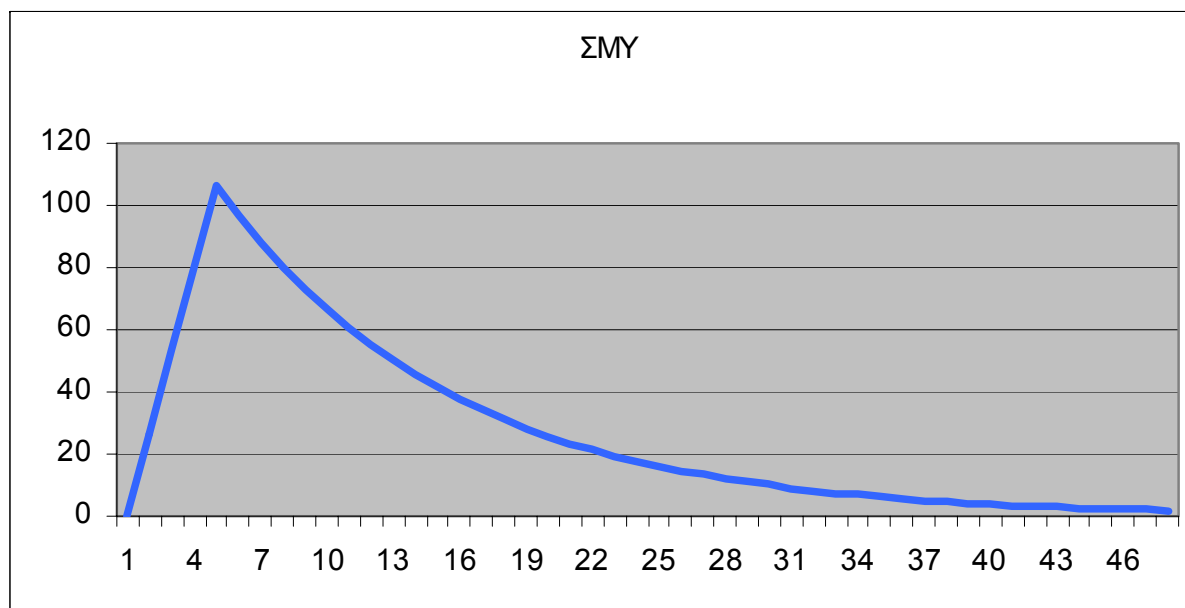
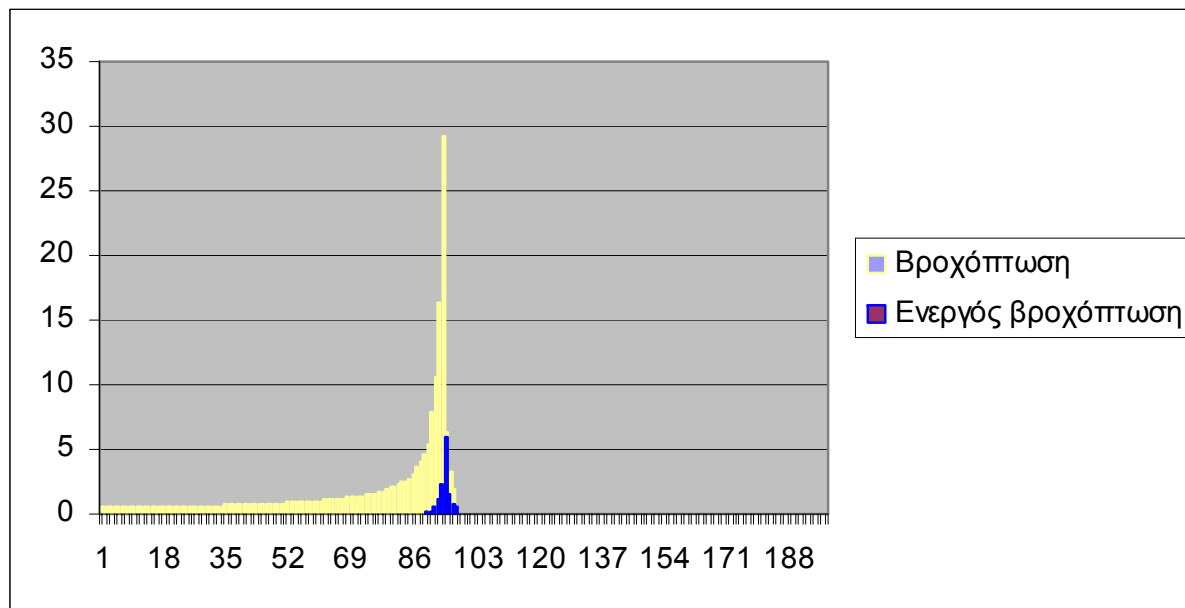
■ Εκτίμηση παροχής σχεδιασμού

Αν q_{pI} , q_{pII} , και q_{pIII} είναι οι παροχές αιχμής που προκύπτουν για τις καταστάσεις αρχικής υγρασίας τύπου I, II και III, και p_I , p_{II} και p_{III} είναι οι αντίστοιχες πιθανότητες, τότε ως παροχή σχεδιασμού λαμβάνεται η συνδυασμένη πιθανότητα πραγματοποίησης των επιμέρους παροχών αιχμής:

$$q_p^* = p_I q_{pI} + p_{II} q_{pII} + p_{III} q_{pIII}$$

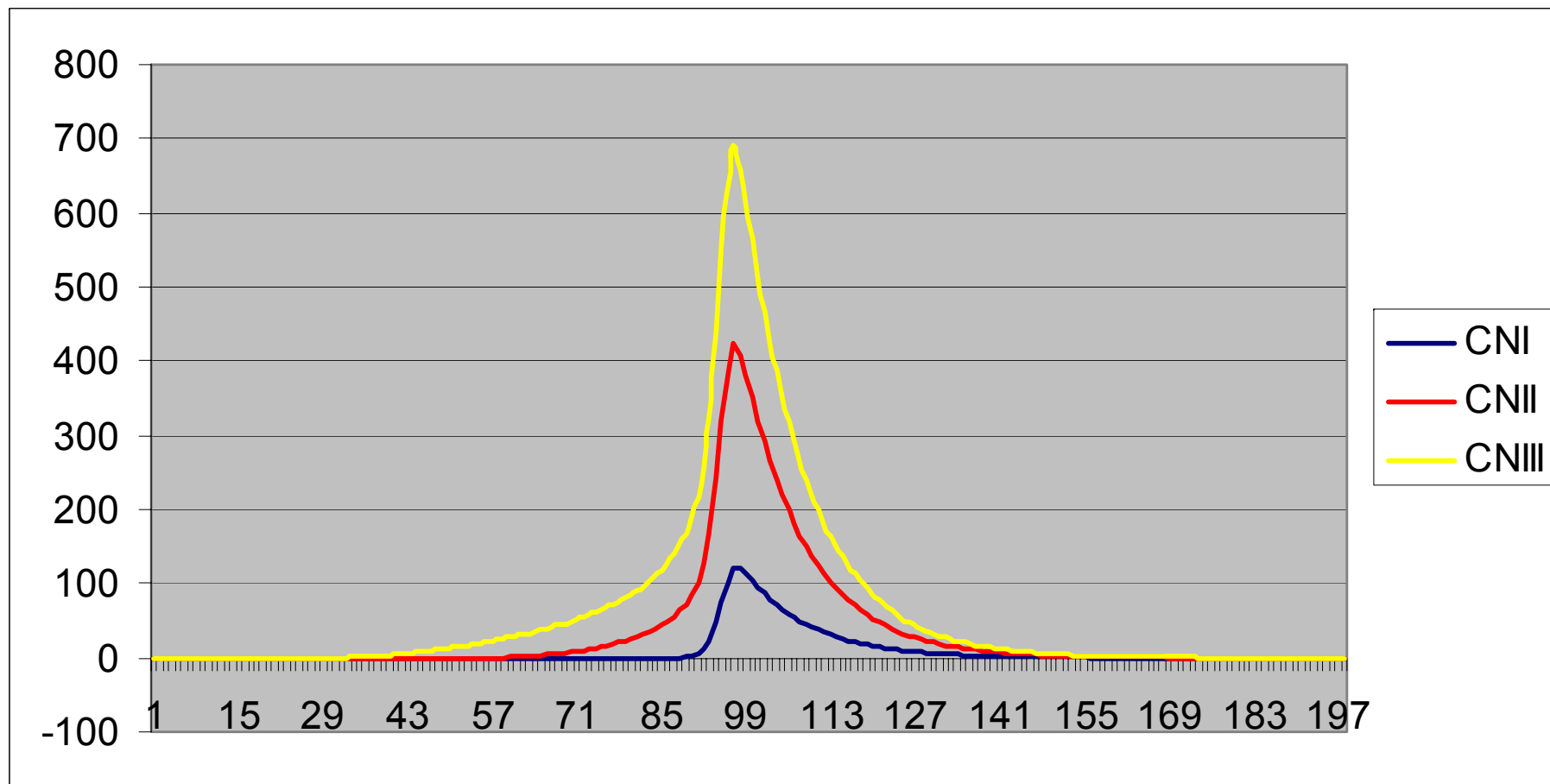


Παράδειγμα: Βροχόπτωση σχεδιασμού και ΣΜΥ





Παράδειγμα: Πλημμυρογραφήματα σχεδιασμού για ξηρές, μέσες και υγρές συνθήκες αρχικής υγρασίας



Έστω $p_I = 0.54$, $p_{II} = 0.31$, $p_{III} = 0.15$ και $q_{pI} = 120 \text{ m}^3/\text{s}$, $q_{pII} = 424 \text{ m}^3/\text{s}$, $q_{pIII} = 690 \text{ m}^3/\text{s}$, τότε προκύπτει **παροχή σχεδιασμού** $300 \text{ m}^3/\text{s}$



Σχετικές δημοσιεύσεις

- Efstratiadis, A., A. D. Koussis, D. Koutsoyiannis, and N. Mamassis, Flood design recipes vs. reality: can predictions for ungauged basins be trusted?, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14, 1417–1428, doi:10.5194/nhess-14-1417-2014, 2014.
- Efstratiadis, A., A. Koukouvinos, P. Dimitriadis, A. Tegos, N. Mamassis, and D. Koutsoyiannis, A stochastic simulation framework for flood engineering, *5th EGU Leonardo Conference – Hydrofractals 2013 – STAHY '13*, Kos Island, Greece, European Geosciences Union, International Association of Hydrological Sciences, International Union of Geodesy and Geophysics, 2013.
- Galiouna, E., A. Efstratiadis, N. Mamassis, and K. Aristeidou, Investigation of extreme flows in Cyprus: empirical formulas and regionalization approaches for peak flow estimation, *European Geosciences Union General Assembly 2011, Geophysical Research Abstracts, Vol. 13*, Vienna, 2011, European Geosciences Union, 2011.
- Mathioudaki, M., A. Efstratiadis, and N. Mamassis, Investigation of hydrological design practices based on historical flood events in an experimental basin of Greece (Lykorema, Penteli), *Advanced methods for flood estimation in a variable and changing environment*, Volos, University of Thessaly, 2012.
- Michaelidi, E., T. Mastrotheodoros, A. Efstratiadis, A. Koukouvinos, and D. Koutsoyiannis, Flood modelling in river basins with highly variable runoff, *5th EGU Leonardo Conference – Hydrofractals 2013 – STAHY '13*, Kos Island, Greece, European Geosciences Union, International Association of Hydrological Sciences, International Union of Geodesy and Geophysics, 2013.