



Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Πολυτεχνική Σχολή
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

Σημειώσεις μαθήματος **ENE2310: Τεχνική Υδρολογία**

Διάλεξη 7
06/05/2022

Βασιλική Συγγούνα
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Πανεπιστήμιο Πατρών

Μοναδιαίο Υδρογράφημα (ΜΥΓ, Unit hydrograph)

Ως μοναδιαίο υδρογράφημα για μία λεκάνη απορροής χαρακτηρίζεται εκείνο το οποίο προκαλείται από περίσσειμα βροχόπτωσης 1cm με ομοιόμορφη κατανομή στη λεκάνη, και ομοιόμορφη ένταση κατά την **ορισμένη χρονική διάρκεια** της βροχόπτωσης.

Το ΜΥΓ είναι η **συνάρτηση μετασχηματισμού** της βροχόπτωσης σε απορροή. Λέγεται **μοναδιαίο** λόγω της ορισμένης χρονικής διάρκειας και όχι επειδή το περίσσειμα βροχόπτωσης είναι 1 cm. Η χρονική διάρκεια είναι χαρακτηριστικό του ΜΥΓ.

Το ΜΥΓ είναι συνάρτηση της διάρκειας της βροχής και των χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής.

Με βάση το ΜΥΓ μπορούμε να προσδιορίσουμε το υδρογράφημα της άμεσης απορροής οποιασδήποτε βροχόπτωσης στην ίδια λεκάνη.

Μοναδιαίο Υδρογράφημα (ΜΥΓ, Unit hydrograph)

Για την χρήση του ΜΥΓ θεωρούμε τις παρακάτω υποθέσεις.

1. Ο χρόνος συγκέντρωσης t_c παραμένει σταθερός για μία λεκάνη απορροής.
2. Η λεκάνη απορροής αποτελεί γραμμικό σύστημα. Άρα ισχύουν η αρχή της επαλληλίας και η αρχή της αναλογικότητας.

Αρχή επαλληλίας: Έστω ύψη βροχής h_1 και h_2 που προκαλούν απορροή R_1 και R_2 αντίστοιχα. Τότε το ύψος βροχής $h_1 + h_2$ προκαλεί απορροή $R_1 + R_2$

Αρχή αναλογικότητας: Έστω ύψος βροχής h_1 που προκαλεί απορροή R_1 . Τότε το ύψος βροχής $2 \times h_1$ προκαλεί απορροή $2 \times R_1$.

3. Θεωρούμε ότι η βροχή είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη στη λεκάνη.
4. Οι ιδιότητες της λεκάνης δεν μεταβάλλονται με το χρόνο.

Η παραδοχή 2 ισχύει **πάντα**. Οι υπόλοιπες ίσως δεν ισχύουν σε κάθε περίπτωση.

Μοναδιαίο Υδρογράφημα (ΜΥΓ, Unit hydrograph)

Για τον υπολογισμό του ΜΥΓ υπάρχουν διάφορες **άμεσες** και **έμμεσες** μέθοδοι.

1) Στις **άμεσες** μεθόδους αξιοποιούμε πληροφορίες που έχουμε από παρατηρήσεις, πχ από μετρημένα υδρογραφήματα.

Για να αξιοποιήσουμε δεδομένα από ένα μετρημένο υδρογράφημα για τον προσδιορισμό του ΜΥΓ, πρέπει το υδρογράφημα αυτό να έχει προκύψει από βροχή περίπου σταθερής έντασης και διάρκειας. Επίσης πρέπει να δίνει ύψος απορροής μεγαλύτερο από 1 cm.

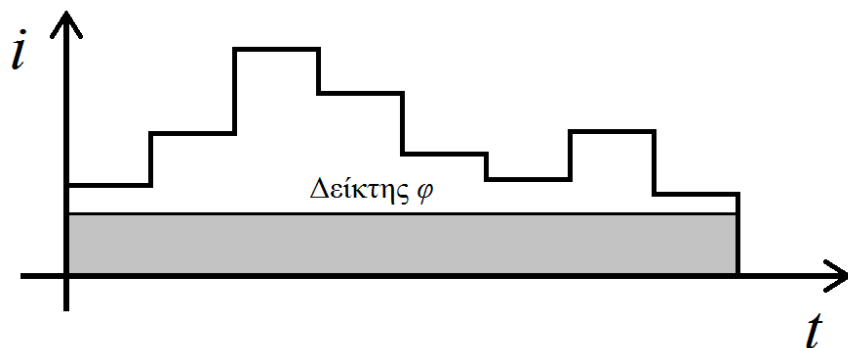
2) Στις **έμμεσες** μεθόδους ουσιαστικά ξεκινάμε από ένα υπάρχον ΜΥΓ το οποίο προσδιορίστηκε μέσω μίας άμεσης ή άλλης μεθόδου.

Ο προσδιορισμός του ΜΥΓ με τις παραπάνω μεθόδους προϋποθέτει την ύπαρξη μετρημένων υδρογραφημάτων, τα οποία δεν είναι πάντα διαθέσιμα. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι προσδιορισμού του ΜΥΓ οι οποίες λαμβάνουν υπόψη τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά μίας Λεκάνης Απορροής. Το ΜΥΓ που προσδιορίζεται μέσω αυτών των μεθόδων ονομάζεται **Συνθετικό ΜΥΓ**.

Δείκτης φ ή δείκτης απωλειών της λεκάνης

Δείκτης φ της λεκάνης: Είναι ένας δείκτης διήθησης (κατείσδυσης) σύμφωνα με τον οποίο ο όγκος απωλειών κατανέμεται ομοιόμορφα κατά τη διάρκεια μίας καταιγίδας.

Άρα σε ένα γράφημα έντασης βροχόπτωσης, ο όγκος των κατακρημνίσεων που βρίσκεται πάνω από τη γραμμή του δείκτη φ είναι ίσος με την απορροή.



$$\varphi = \frac{h_L}{t_R}$$

$$h_r = h_R + h_L$$

όπου: h_r το συνολικό ύψος βροχής
 h_R το καθαρό ύψος βροχής
 h_L οι απώλειες
 φ σε mm/hr

Ο δείκτης φ δεν εξαρτάται από το ύψος βροχής, για το λόγο αυτό ισχύει :

$$h_{L1} = \varphi \cdot t_{R1}$$

$$h_{L2} = \varphi \cdot t_{R2}$$

$$h_{LN} = \varphi \cdot t_{RN}$$

Μοναδιαίο Υδρογράφημα (ΜΥΓ, Unit hydrograph)

Τα βήματα προσδιορισμού του ΜΥΓ από ένα καταγεγραμμένο υδρογράφημα είναι τα εξής:

1. Χωρισμός της **Άμεσης** από τη **Βασική** απορροή
2. Υπολογισμός του ύψους απορροής h_R

$$V = \int_0^T R(t)dt$$

$$h_R = \frac{V}{A_d} = \frac{1}{A_d} \int_0^T R(t)dt$$

όπου V είναι ο όγκος απορροής και A_d η επιφάνεια της λεκάνης.

Επειδή δεν γνωρίζουμε τη συνάρτηση απορροής $R(t)$, το παραπάνω ολοκλήρωμα υπολογίζεται από το εμβαδόν που βρίσκεται κάτω από την καμπύλη άμεσης απορροής σύμφωνα με τον τύπο:

$$h_R = 0,36 \cdot \frac{\Delta t}{A_d} \sum R_i \quad \text{όπου} \quad \begin{array}{ll} h_R \rightarrow \text{cm} & R_i \rightarrow \text{m}^3/\text{s} \\ A_d \rightarrow \text{km}^2 & \Delta t \rightarrow \text{hrs} \end{array}$$

Δt είναι η χρονική απόσταση ανάμεσα στις μετρημένες τιμές του υδρογραφήματος.

Μοναδιαίο Υδρογράφημα (ΜΥΓ, Unit hydrograph)

Τα βήματα προσδιορισμού του ΜΥΓ από ένα καταγεγραμμένο υδρογράφημα είναι τα εξής:

3. Υπολογίζουμε τα U_i σύμφωνα με τη σχέση $U_i = R_i / h_R$ χωρίς μετατροπή στις μονάδες.

4. Ελέγχουμε τα αποτελέσματα με εφαρμογή της σχέσης:

$$0,36 \cdot \frac{\Delta t}{A_d} \Sigma U_i = 1 \text{ cm}$$

U_i είναι οι τιμές του άξονα y (τεταγμένες) του μοναδιαίου υδρογραφήματος.

Η ένταση βροχής που προκαλεί το μοναδιαίο υδρογράφημα είναι:

$$i = \frac{1 \text{ cm}}{t_R}$$

αφού

$$h_R = 1 \text{ cm} = i \cdot t_R$$

Καταγεγραμμένο Υδρογράφημα
Τιμές απορροής R_i



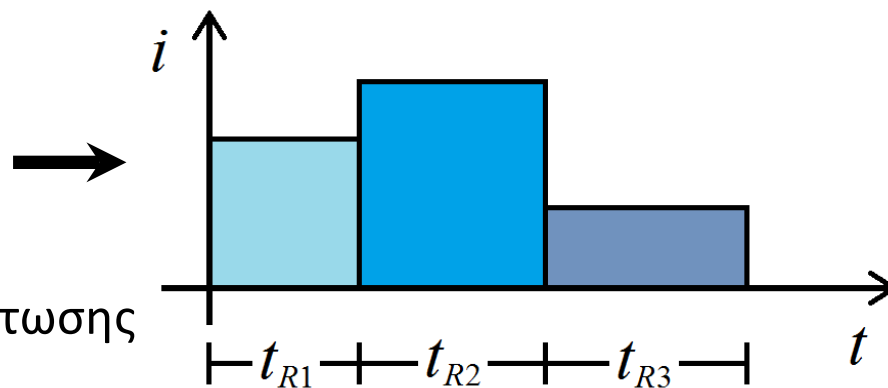
Μοναδιαίο Υδρογράφημα
Τιμές U_i

Μοναδιαίο Υδρογράφημα (ΜΥΓ, Unit hydrograph)

Προσδιορισμός υδρογραφήματος βροχής σχεδιασμού με δεδομένο το ΜΥΓ - t_R μιας λεκάνης:

Έστω μία σύνθετη βροχή της μορφής

όπου: i η ένταση της βροχόπτωσης και
 t_{R1} , t_{R2} , t_{R3} οι διάρκειες βροχόπτωσης



1. Αρχικά βρίσκουμε το ΜΥΓ - t_R και τον **δείκτη φ** της λεκάνης.
2. Χωρίζω τη σύνθετη βροχή σε επιμέρους τμήματα σταθερής έντασης.
3. Υπολογίζω για κάθε τμήμα το υδρογράφημα που αντιστοιχεί σε αυτό.
4. Αφού ισχύει η αρχή της επαλληλίας, προσθέτω τα επιμέρους υδρογραφήματα και βρίσκω το συνολικό υδρογράφημα.

Τεχνική Υδρολογία

Βιβλιογραφία

- Τεχνική Υδρολογία, Λευθεριώτης Γεώργιος, Σημειώσεις Μαθήματος, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2021.
- Τεχνική Υδρολογία, Σακκάς Ι.Γ., Τόμος 1, Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων, Εκδόσεις Αϊβάζης, 2007.
- Τεχνική Υδρολογία, Μιμίκου Μ.Α., Μπαλτάς Ε.Α. 6^η έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2018.
- Υδατικοί Πόροι II: Εφαρμογές Τεχνικής Υδρολογίας, Τσακίρης Γ., Βαγγέλης Χ. Εκδόσεις Συμμετρία, 2009.