

ήτοι τις τεταγμένες του ζητούμενου ΜΥΓ - t'_R ως συνάρτηση των αντίστοιχων τεταγμένων του δεδομένου ΜΥΓ - t_R και τεταγμένων του ΜΥΓ - t'_R σε προηγούμενες χρονικές στιγμές.

Η ως άνω διαδικασία δύναται να επεκταθεί κατά τρόπον ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός ενός ΜΥΓ **μη ακέραιας** πολλαπλάσιας ή υποπολλαπλάσιας διάρκειας του δοθέντος [5]. Στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται πρώτα ένα ΜΥΓ υποπολλαπλάσιας διάρκειας του δοθέντος αλλά τέτοιας ώστε η διάρκεια του ζητούμενου να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο αυτής.

Έτσι, αν t_R είναι η διάρκεια δοθέντος ΜΥΓ, t'_R η διάρκεια του ζητούμενου ΜΥΓ και ισχύει $t'_R / t_R \neq k$ (όταν $t'_R > t_R$) ή $t_R / t'_R \neq k$ (όταν $t_R > t'_R$), όπου $k =$ ακέραιος αριθμός, τότε αν t''_R είναι η διάρκεια ενός άλλου ΜΥΓ μικρότερης διάρκειας του δοθέντος, ήτοι $t''_R = t_R / n$, όπου $n =$ ακέραιος αριθμός, θα πρέπει να ισχύει η σχέση ($\ell =$ ακέραιος αριθμός)

$$t''_R = t_R / n = t'_R / \ell \quad (7.16)$$

Συνεπώς

$$t_R / t'_R = n / \ell \quad (7.17)$$

Αν, για παράδειγμα, $t_R = 3$ hr και $t'_R = 5$ hr, τότε $n / \ell = t_R / t'_R = 3/5$ ήτοι $n = 3$ και $\ell = 5$. Συνεπώς, υπολογίζεται πρώτα ένα ΜΥΓ υποτριπλάσιας διάρκειας ($t''_R = 1$ hr) και στην συνέχεια με πρόσθεση πέντε τέτοιων ΜΥΓ προκύπτει το ζητούμενο ΜΥΓ διάρκειας $t'_R = 5$ hr.

Αριθμητική εφαρμογή της ως άνω διαδικασίας παρέχεται στην παράγραφο 7.6.8.

7.3.3 Συνθετικό Μοναδιαίο υδρογράφημα

Ο προσδιορισμός του ΜΥΓ με τις μεθόδους οι οποίες εκτέθηκαν παραπάνω προϋποθέτει βασικώς την ύπαρξη υδρογραφημάτων από με-

τρήσεις. Επειδή όμως τέτοια υδρογραφήματα υφίστανται συνήθως μόνον για λίγες Λεκάνες απορροής, κατέστη αναγκαία η ανάπτυξη μεθόδων για τον προσδιορισμό του ΜΥΓ από άλλα στοιχεία και κυρίως από τα φυσιογραφικά στοιχεία της Λεκάνης απορροής. Το κατ' αυτόν τον τρόπο προσδιοριζόμενο ΜΥΓ χαρακτηρίζεται ως **Συνθετικό ΜΥΓ**.

Από τις διάφορες μεθόδους προσδιορισμού του συνθετικού ΜΥΓ, οι οποίες έχουν προταθεί, θα αναφερθούν εδώ μόνον δύο οι οποίες χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα: η μέθοδος της Soil Conservation Service (SCS, Υπηρεσία Συντηρήσεως των Εδαφών των ΗΠΑ) και η μέθοδος Snyder.

α. Η μέθοδος της SCS, [3, 8]

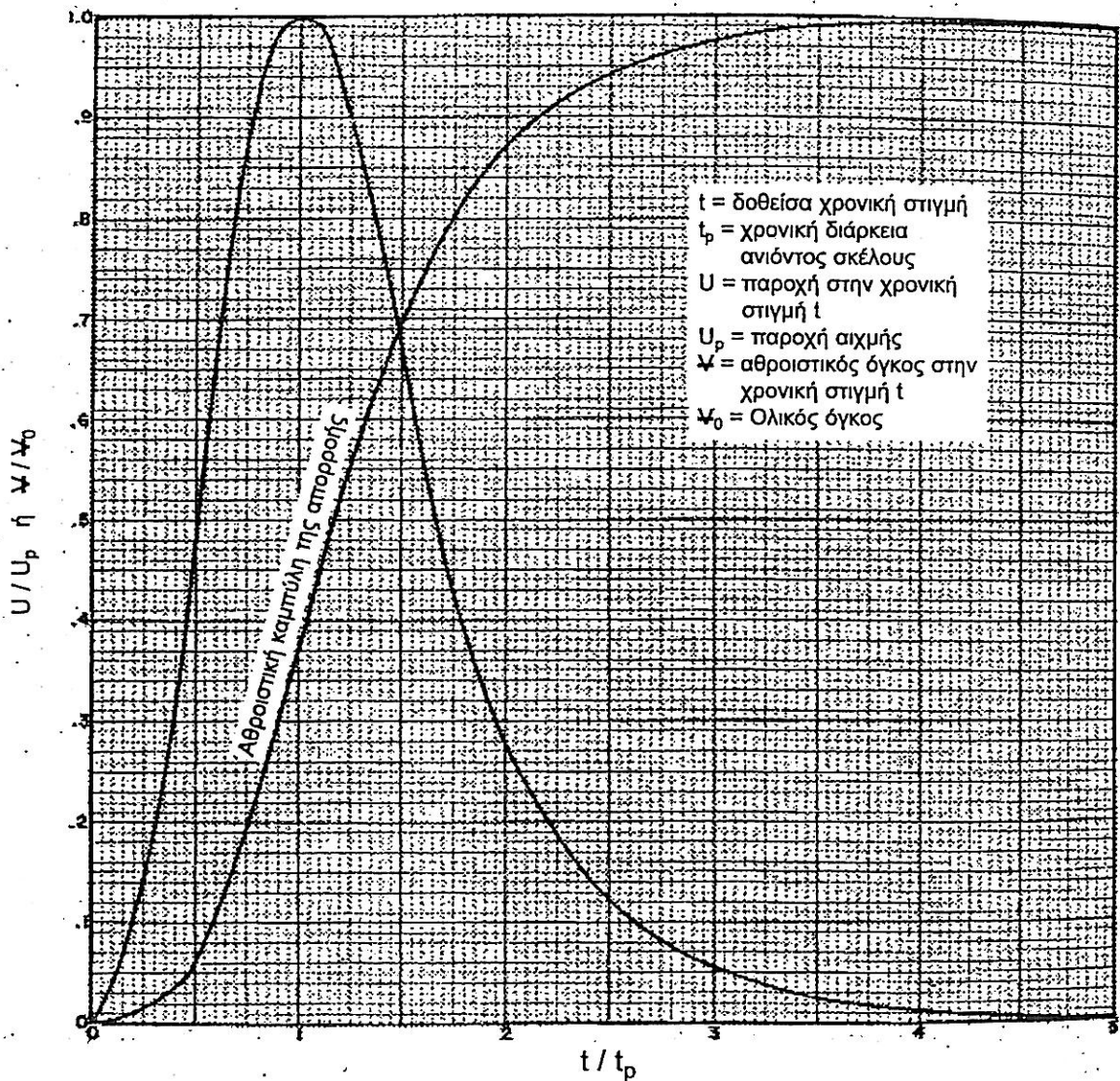
Ύστερα από ανάλυση και μελέτη μεγάλου αριθμού ΜΥΓ, τα οποία προσδιορίστηκαν από φυσικά υδρογραφήματα πλημμυρικών απορροών σε Λεκάνες απορροής διαφόρων μεγεθών και από διάφορες γεωγραφικές περιοχές, οι τεχνικοί της SCS κατέληξαν στην σύνταξη ενός αδιάστατου ΜΥΓ (βλ. Σχ. 7.10). Στο ΜΥΓ αυτό οι τεταγμένες εκφράζονται ως λόγοι (U / U_p) της παροχής U κατά την χρονική στιγμή t από την έναρξη του περισσέυματος βροχοπτώσεως (έναρξη της άμεσης απορροής) προς την παροχή U_p της αιχμής του υδρογραφήματος της απορροής ενώ οι τετμημένες εκφράζονται ως λόγοι (t / t_p) του χρόνου t προς τον χρόνο εμφανίσεως της αιχμής t_p (= διάρκεια του ανιόντος σκέλους). Στο ίδιο Σχήμα παρέχεται υπό αδιάστατη επίσης μορφή, η αθροιστική καμπύλη της απορροής με τεταγμένες τον λόγο (Ψ / Ψ_0) του απορρεύσαντος όγκου $\Psi(t)$ προς τον συνολικό όγκο της απορροής Ψ_0 (= εμβαδόν υπό την καμπύλη του ΜΥΓ).

Ο Πίνακας 7.1 παρέχει τις συντεταγμένες της καμπύλης του αδιάστατου ΜΥΓ της SCS και της αντίστοιχης αθροιστικής καμπύλης της απορροής.

Η χρησιμοποίηση του αδιάστατου ΜΥΓ της SCS απαιτεί τον προσδιορισμό του χρόνου εμφανίσεως της αιχμής της απορροής και της παροχής της αιχμής. Τα στοιχεία αυτά παρέχονται από τις σχέσεις

$$t_p = \frac{t_R}{2} + t_L, \quad U_p = \frac{25}{12} \frac{A_d}{t_p} \quad (7.18\alpha, \beta)$$

όπου t_p = ο χρόνος εμφάνισης της αιχμής, [hr], ήτοι το χρονικό διάστημα το οποίο μεσολαβεί μεταξύ της ενάρξεως της άμεσης απορροής και της εμφάνισης της παροχής αιχμής της απορροής, t_R = η διάρκεια του περισσεύματος βροχοπτώσεως, [hr], t_L = ο χρόνος υστερήσεως (ή επιβράδυνσης) της Λεκάνης απορροής, [hr], ο οποίος κανονικώς ορίζεται ως ο χρόνος που μεσολαβεί



Σχ. 7.10 Το αδιάστατο ΜΥΤ της Soil Conservation Service (SCS, [8]).

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΤΟΥ ΑΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΜΥΓ
 ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ
 (Κατά Soil Conservation Service [8])

Χρόνος t/t_p	Παροχή U/U_p	Αθροιστική καμπύλη Ψ/Ψ_0
0.0	0.000	0.000
0.1	0.030	0.001
0.2	0.100	0.006
0.3	0.190	0.012
0.4	0.310	0.035
0.5	0.470	0.065
0.6	0.660	0.107
0.7	0.820	0.163
0.8	0.930	0.228
0.9	0.990	0.300
1.0	1.000	0.375
1.1	0.990	0.450
1.2	0.930	0.522
1.3	0.860	0.589
1.4	0.780	0.650
1.5	0.680	0.700
1.6	0.560	0.751
1.7	0.460	0.790
1.8	0.390	0.822
1.9	0.330	0.849
2.0	0.280	0.871
2.2	0.207	0.908
2.4	0.147	0.934
2.6	0.107	0.953
2.8	0.077	0.967
3.0	0.055	0.977
3.2	0.040	0.984
3.4	0.029	0.989
3.6	0.021	0.993
3.8	0.015	0.995
4.0	0.011	0.997
4.5	0.005	0.999
5.0	0.000	1.000

μεταξύ του κέντρου βάρους της βροχοπτώσεως και του κέντρου βάρους της απορροής. Επειδή όμως ο προσδιορισμός του δευτέρου είναι δυσχερής, αντικαθίσταται από την αιχμή του υδρογραφήματος της απορροής. U_p = η παροχή της αιχμής του ΜΥΓ, [$m^3/s.cm$], A_d = το εμβαδόν της Λεκάνης απορροής, [km^2].

Ο χρόνος υστερήσεως της Λεκάνης απορροής παρέχεται από την εμπειρικά προσδιορισθείσα σχέση

$$t_L = 0.60 t_c \quad (7.19)$$

όπου t_c = ο χρόνος συγκεντρώσεως της Λεκάνης απορροής, [hr], (βλ. § 7.2.1) ο οποίος κατά την SCS συνδέεται με τον χρόνο εμφάνισης της αιχμής με την σχέση

$$t_c = 1.7 t_p - t_R \quad (7.20)$$

Με τον συνδυασμό των Εξ. 7.18α, 7.19 και 7.20 προκύπτουν οι σχέσεις

$$t_R = \frac{1}{5} t_p = \frac{2}{9} t_L = \frac{2}{15} t_c \quad (7.21\alpha, \beta, \gamma)$$

Η διάρκεια αυτή της βροχοπτώσεως είναι τυπική της μεθόδου με επιτρεπόμενη προς τα άνω απόκλιση μέχρι 25% των ως άνω τιμών, ήτοι

$$\max t_R \leq \frac{1}{4} t_p \quad \text{ή} \quad \frac{5}{18} t_L \quad \text{ή} \quad \frac{1}{6} t_c$$

Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται ο προσδιορισμός του χρόνου συγκεντρώσεως ή του χρόνου υστερήσεως της Λεκάνης απορροής, στοιχεία τα οποία θεωρούνται ότι αποτελούν, κατά ικανοποιητική προσέγγιση, σταθερά χαρακτηριστικά της Λεκάνης απορροής [1: p. 397]. Για τον προσδιορισμό του χρόνου υστερή-

σεως η SCS προτείνει την σχέση

$$t_L = \frac{L_d^{0.8} (S + 2.54)^{0.7}}{14104 \sqrt{S_d}} \quad (7.22)$$

όπου t_L = ο χρόνος υστερήσεως, [hr], L_d = το υδραυλικό μήκος της Λεκάνης απορροής, [m], ήτοι η απόσταση από το υδραυλικώς πλέον απομακρυσμένο σημείο της Λεκάνης απορροής μέχρι την έξοδό της, S_d = η μέση κλίση της Λεκάνης απορροής κατά την έννοια και πορεία του κυρίου ρεύματος, [m/m], ήτοι η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων ορισμού του μήκους L_d διαιρούμενη διά του μήκους αυτού και S = η μέγιστη δυνατή κατακράτηση βροχοπτώσεως από την Λεκάνη απορροής, [cm]. Η τελευταία αυτή ποσότητα προσδιορίζεται από την σχέση

$$S = 2540 / C_N - 25.4 \quad [\text{cm}] \quad (7.23)$$

όπου C_N = ο αριθμός της καμπύλης απορροής για τον οποίο θα γίνει λόγος σε άλλη παρακάτω παράγραφο.

Μετά τον προσδιορισμό του χρόνου υστερήσεως t_L και της διάρκειας της τυπικής βροχοπτώσεως t_R ακολουθεί ο υπολογισμός του χρόνου εμφανίσεως t_p και της παροχής U_p της αιχμής του ΜΥΓ. Στην συνέχεια με την χρήση των τιμών αυτών και των δεδομένων του Πίνακα 7.1 προσδιορίζεται το ΜΥΓ διάρκειας t_R . Εάν υφίσταται ανάγκη προσδιορισμού ενός άλλου ΜΥΓ διαφορετικής διάρκειας τότε ακολουθείται η διαδικασία της παραγράφου 7.3.2γ.

Η μέθοδος της SCS εφαρμόζεται γενικώς σε σχετικώς μικρές Λεκάνες απορροής εκτάσεως μέχρι περίπου 50 km^2 [8: p. 16.8], καίτοι άλλοι συγγραφείς [7: p. 337] αναφέρουν εφαρμογή της σε Λεκάνες απορροής μέχρι 1300 km^2 με σημαντικές όμως αποκλίσεις (σφάλματα) στα αποτελέσματα.

Αριθμητική εφαρμογή της μεθόδου δίδεται στην παράγραφο 7.6.2.

β. Η μέθοδος Snyder

Η μέθοδος Snyder ξεκινά από την παραδοχή ότι ένα ΜΥΓ μπορεί να σχεδιασθεί με ικανοποιητική προσέγγιση εάν δοθούν τα κάτωθι στοιχεία: η χρονική βάση T , η χρονική επιβράδυνση ή υστέρηση της Λεκάνης απορροής t_L και η παροχή αιχμής U_p , ληφθεί δε υπόψη ότι το ύψος της απορροής δέον να είναι 1cm, ήτοι ότι το εμβαδόν της επιφάνειας υπό την καμπύλη του ΜΥΓ πρέπει να ισούται προς τον όγκο του περισσεύματος βροχοπτώσεως. Η ακρίβεια της σχεδιάσεως επαυξάνεται εάν δοθούν επί πλέον τα πλάτη του ΜΥΓ W_{50} και W_{75} σε ύψη, αντιστοίχως, 50% και 75% της παροχής αιχμής του.

Η μέθοδος Snyder αναπτύχθηκε κατόπιν εμπειριστατωμένης μελέτης μεγάλου αριθμού υδρογραφημάτων των Λεκανών απορροής της περιοχής των Αππαλαχίων ορέων της Β. Αμερικής. Από την μελέτη αυτή προέκυψε η κατωτέρω σχέση προσδιορισμού της χρονικής επιβραδύνσεως της Λεκάνης απορροής

$$t_L = 0.752 C_t (L L_c)^{0.3} \quad (7.24)$$

όπου t_L = η χρονική επιβράδυνση (υστέρηση), [hr], L = το μήκος, [km], από την έξοδο της Λεκάνης απορροής μέχρι του απώτατου σημείου αυτής μετρούμενο κατά μήκος του κυρίου ρεύματος, L_c = το μήκος, [km], από την έξοδο της Λεκάνης απορροής μέχρι το πλησιέστερο προς το κέντρο βάρους της σημείο, το οποίο κείται επί του κυρίου ρεύματος, μετρούμενο κατά μήκος του κυρίου ρεύματος και C_t = συντελεστής κυμαινόμενος από 1.8 μέχρι 2.2, με την μικρότερη τιμή εφαρμοζόμενη σε Λεκάνες απορροής σχετικώς μεγάλης κλίσεως.

Η ως άνω χρονική επιβράδυνση αντιστοιχεί σε τυπική βροχόπτωση διάρκειας t_r , [hr], η οποία δίδεται από την σχέση

$$t_r = \frac{t_L}{5.5} \quad (7.25)$$

Η παροχή αιχμής και η χρονική βάση του ΜΥΓ, το οποίο αντιστοιχεί σε διάρκεια βροχοπτώσεως t_r ωρών, παρέχονται από τις σχέσεις

$$U_p = 2.778 \frac{C_p A_d}{t_L}, \quad T = 3 + \frac{t_L}{8} \quad (7.26\alpha, \beta)$$

όπου U_p = η παροχή αιχμής του ΜΥΓ, [$m^3/s.cm$], A_d = το εμβαδόν της Λεκάνης απορροής, [km^2], T = η χρονική βάση του ΜΥΓ, [ημέρες], για t_L εκφρασμένο σε ώρες, και C_p = συντελεστής, κυμαινόμενος από 0.65 μέχρι 0.69, ο οποίος αντιπροσωπεύει τις συνθήκες αποθηκείσεως στην Λεκάνη απορροής. Οι μικρότερες τιμές αντιστοιχούν σε μεγαλύτερη ικανότητα αποθηκείσεως.

Η Εξ. 7.26β παρέχει ικανοποιητικά αποτελέσματα για μεγάλες Λεκάνες απορροής. Αντιθέτως, για μικρές Λεκάνες απορροής η τιμή του T , η οποία προσδιορίζεται με την Εξ. 7.26β είναι υπερβολική. Ως εκ τούτου, στις περιπτώσεις αυτές συνιστάται όπως η τιμή του T λαμβάνεται ίση προς 3-5 φορές την τιμή του t_L .

Για επιθυμητή διάρκεια του ΜΥΓ (ήτοι διάρκεια του περισσεύματος βροχοπτώσεως) t_R , διαφορετική από την διάρκεια t_r την οποία παρέχει η Εξ. 7.25, η χρονική επιβράδυνση t_{LR} , [hr], υπολογίζεται με την σχέση

$$t_{LR} = t_L + 0.25 (t_R - t_r) \quad (7.27)$$

οι δε αντίστοιχες μεταβλητές U_{pR} και T_R δίδονται, αντιστοίχως, από τις Εξ. 7.26α,β εάν σε αυτές εισαχθεί η τιμή t_{LR} αντί της τιμής t_L , ήτοι

$$U_{pR} = 2.778 C_p A_d / t_{LR}, \quad T_R = 3 + t_{LR} / 8 \quad (7.28\alpha,\beta)$$

Τα πλάτη του ΜΥΓ W_{50} και W_{75} παρέχονται από τις σχέσεις

$$W_{50} = \frac{2.143}{q_{pR}^{1.08}}, \quad W_{75} = \frac{1.225}{q_{pR}^{1.08}} \quad (7.29\alpha,\beta)$$

όπου W_{50} , W_{75} = το πλάτος του ΜΥΓ, [hr], σε ύψος, αντιστοίχως, 50% και 75% της παροχής αιχμής και $q_{pR} = U_{pR} / A_d$ είναι η παροχή αιχμής του ΜΥΓ ανά μονάδα επιφάνειας της Λεκάνης απορροής, [$m^3/s.cm.km^2$]. Τα πλάτη αυτά πρέπει να λαμβάνονται κατά τρόπον ώστε το 1/3 αυτών να ευρίσκεται αριστερά και τα 2/3 δεξιά της τετμημένης της αιχμής.

Αριθμητική εφαρμογή της διαδικασίας προσδιορισμού ενός συνθετικού ΜΥΓ κατά Snyder δίδεται στην παράγραφο 7.6.3.

γ. Το αδιάστατο συνθετικό ΜΥΓ Snyder

Επειδή το συνθετικό ΜΥΓ Snyder τυγχάνει ευρείας εφαρμογής σε Λεκάνες απορροής στις οποίες δεν γίνεται μέτρηση των απορροών και επί πλέον απαιτεί αρκετή εργασία για τον προσδιορισμό του, καταβλήθηκε προσπάθεια [6] για τον μετασχηματισμό του κανονικού ΜΥΓ Snyder σε ένα αδιάστατο τοιούτο.

Προς τον σκοπό αυτό οι εξισώσεις με τις οποίες προσδιορίζονται τα κύρια σημεία ορισμού του ΜΥΓ Snyder τίθενται υπό αδιάστατη μορφή. Στην συνέχεια κατασκευάζεται το αδιάστατο ΜΥΓ με την προσαρμογή κατάλληλων καμπυλών κατά τρόπον ώστε το εμβαδόν υπό την καμπύλη του ΜΥΓ να ισούται προς τον όγκο της απορροής.

Οι αδιάστατες εξισώσεις ορισμού των ως άνω κυρίων σημείων προσδιορίζονται με την χρήση τριών ανεξάρτητων παραμέτρων. Ως εκ τούτου, απαιτείται η σύνταξη μιας σειράς αδιάστατων ΜΥΓ για