

Υδρολογική Απόκριση μιας Δασωμένης Ορεινής Λεκάνης Απορροής της Ανατολικής Όσσας σε Επεισόδια Βροχής Μεγάλου Ύψους.

Δρ. Γεώργιος Μπαλούτσος
Δασολόγος - Υδρολόγος

ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων,
Τέρμα Αλκμάνος, Γίλσια, 115 28 Αθήνα

Περίληψη

Η δασική βλάστηση επηρεάζει σημαντικά το μέγεθος των πλημμυρών, οι οποίες την τελευταία διετία είναι ιδιαίτερα έντονες. Γι' αυτό στην εργασία αναλύεται η υδρολογική απόκριση μιας δασωμένης ορεινής πειραματικής λεκάνης απορροής της Ανατολικής Όσσας σε επεισόδια βροχής μεγάλου εύρους. Αναλύθηκαν δέκα επεισόδια βροχής ύψους 24-579mm και διαπιστώθηκαν τα εξής: Η λεκάνη απορροής λόγω της δασοκάλυψης, έχει μεγάλη συζροατητική αποθηκευτική ικανότητα. Έτσι ανάλογα με την αρχική κατάσταση υγρασίας του εδάφους και τα χαρακτηριστικά της βροχής, μπορεί να ρυθμίζει την πλημμυρική απορροή και την παροχή αιχμής από επεισόδια βροχής ύψους 200-250mm, αποτρέποντας έτσι τη δημιουργία πλημμύρας. Όμως σε μεγαλύτερα ύψη βροχής η αποθηκευτική ικανότητα μειώνεται βαθμιαία και η λεκάνη συντελεί μόνο στην εξομάλυνση των πλημμυρών.

Hydrologic Response to Large Rain Events of a Mountainous and Forested Experimental Watershed of Eastern Ossa, Greece.

By G. Baloutsos

Abstract

The flooding problem the last two years seems to be very severe in national and international level and forest vegetation is one of the main parameters which affects its size. For this reason in the paper the hydrologic response to large rain events of a mountainous and forested experimental watershed of Eastern Greece is investigated.

The hydrologic response was investigated by analysing the storm hydrographs formed in the outlet of the watershed and the main results are as follows: The watershed storage due to forest vegetation is very large and so storm runoff and peak flows from rain events 200 to 250mm can be controlled and so to avoid flooding in the outlet and the wider area. However, in the case of larger rain events it seems impossible to avoid flooding and actually in this case forest vegetation contributes more to flood mitigation than to flood prevention.

Εισαγωγή

Την τελευταία διετία τα πλημμυρικά φαινόμενα στο σύνολο των χωρών ανά τον κόσμο - συμπεριλαμβανομένης βέβαια και της Ελλάδας - φαίνεται πως βρίσκονται σε μεγάλη έξαρση. Η άποψη αυτή υποστηρίζεται τόσο από την συχνή εμφάνιση όσο και από την σφοδρότητα αυτών των φαινομένων κατά το διάστημα που αναφέρθηκε. Έτσι με βάση τις πληροφορίες που συνέλεξαν από τα διεθνή και Ελληνικά μέσα ενημέρωσης, μεταξύ αυτών επισημαίνονται οι μεγάλες πλημμύρες του Ιουνίου 1995 (5-6-1995) που εκδηλώθηκαν στην Κίνα και προξένησαν το θάνατο σε περισσότερα από 1000 άτομα. Στη συνέχεια ακολούθησαν οι πλημμύρες στα Σκόπια (8-7-1995) και τις διαδέχθηκαν οι αντίστοιχες στη Νότια Αφρική, τη Βραζιλία, Πορτογαλία, Ισπανία, Ρουμανία και άλλες Ευρωπαϊκές χώρες την 26η και 27η Δεκεμβρίου του ίδιου έτους. Βέβαια τα φαινόμενα αυτά συνεχίσθηκαν και την τρέχουσα χρονιά με σοβαρότερα εκείνα της Ουκρανίας (13-4-1996) και στη συνέχεια των Η.Π.Α. και Αυστραλίας (1-5/5/1996) και τελευταία της Ιταλίας (Τοσκάνης) την 20-6-1996.

Όμως και η Ελλάδα, όπως αναφέρθηκε, επλήγη από πλημμύρες τα τελευταία χρόνια και μεταξύ αυτών σοβαρότερες ήταν εκείνες της Αττικής το 1993, 1994 και 1996, της Θεσσαλίας το 1994 και 1996, της Θράκης, της Ρόδου, Κάρου και άλλων περιοχών.

Μπροστά στην έξαρση αυτή των πλημμυρικών φαινομένων, η αναζήτηση και μελέτη των παραμέτρων που καθορίζουν την υδρολογική απόκριση των λεκανών απορροής και η οποία στη συνέχεια επηρεάζει σοβαρά το μέγεθος των επιπτώσεων, καθίσταται επιτακτική. Μεταξύ των παραμέτρων της υδρολογικής απόκρισης μιας λεκάνης απορροής, σημαντικότερο ρόλο παίζει προφανώς και η δασική βλάστηση και κυρίως στο μέγεθος των επιπτώσεων από πλημμύρες σε αστικές και γεωργικές περιοχές. Όμως παρά την σπουδαιότητα αυτή, η παράμετρος «δασική βλάστηση» και η επίδραση αυτής στην εξάλειψη ή εξομάλυνση των πλημμυρών δεν έχει διευκρινισθεί μέχρι σήμερα. Τονίζεται ακόμα πως η παράμετρος αυτή αποτέλεσε και αντικείμενο έντονης συζήτησης τόσο κατά το παρελθόν όσο και πρόσφατα μεταξύ των ειδικών που ασχολούνται με τα πλημμυρικά προβλήματα (Leopold and Maddock, 1954, Sartz, 1969, Lull and Reinhard, 1972, Hewlett, 1982).

Η εξακρίβωση της πραγματικής επίδρασης της δασικής βλάστησης στο μέγεθος των πλημμυρών και στην υδρολογική απόκριση των λεκανών απορροής γενικότερα, επιτυγχάνεται προφανώς με τη συλλογή και ανάλυση υδρολογικών πληροφοριών από δασοκλυτές λεκάνες απορροής. Όμως τέτοιες πληροφορίες, σε αντίθεση με εκείνες που αναφέρονται σε υποβαθμισμένες λεκάνες, ελλείπουν σε μεγάλο βαθμό και κυρίως στην Ελλάδα. Με τις σκέψεις αυτές υπόψη, σκοπός της παρούσας εργασίας ετέθη η μελέτη και συζήτηση της υδρολογικής απόκρισης μιας πειραματικής ορεινής δασοκλυτής λεκάνης απορροής της ανατολικής Όσσας, σε επεισόδια βροχής μικρού και μεγάλου ύψους, που θα δημιουργούσαν, και κυρίως τα δεύτερα, έντονα πλημμυρικά προβλήματα αν έπεφταν σε υποβαθμισμένες περιοχές.

Περιοχή μελέτης, συλλογή και ανάλυση στοιχείων.

Η μελέτη έγινε σε μία πειραματική υδρολογική λεκάνη της ανατολικής πλευράς της Όσσας (Κισσάβου) που συγκεκριμένα ευρίσκεται στην προέκταση του παραλιακού συνοικισμού «Κουτσουπιά» της περιοχής και σε υψόμετρο 740 έως 1429m. Λεπτομέρειες της λεκάνης έχουν δοθεί σε παλαιότερη δημοσίευση (Μπαλούτσος, 1991) και έτσι στην παρούσα εργασία επισημαίνεται μόνο πως η λεκάνη έχει μέγιστο μήκος και πλάτος 4,1 και 1,0 km αντίστοιχα και έκταση 260ha. Τα πετρώματα είναι μεταμορφωσιγενή, οι Α και Β ορίζοντες του εδάφους πηλώδεις και ο C αμμοπηλώδης, το δε συνολικό του βάθος (μέχρι το μητρικό πέτρωμα) ανέρχεται σε 1,9m περίπου. Η λεκάνη καλύπτεται πλήρως από υψηλό δάσος οξυάς και φυλλάδα πάχους 5cm. Το μέσο ετήσιο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ανέρχεται σε 1570mm.

Η λεκάνη λειτουργεί ως πειραματική από το 1972 και επομένως είναι εξοπλισμένη με βροχόμετρα, βροχογράφους και υδρομετρικό σταθμό (Πίνακας 1). Έτσι οι ταμίες καταγραφής αυτών των οργάνων χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή και ανάλυση των

απαραίτητων πληροφοριών της μελέτης. Πιο αναλυτικά, για την εκτίμηση του μέσου ύψους βροχής των επεισοδίων που αναλύθηκαν χρησιμοποιήθηκαν οι σημειακές αναγνώσεις των βροχογράφων 11, 13 και 14 και εφαρμόστηκε η μέθοδος των ισούετων καμπυλών. Ο διαχωρισμός της απορροής σε πλημμυρική και βασική έγινε με τη μέθοδο του Hewlett και Hibbert (1967) και χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής 0,044 αντί του προτεινόμενου 0,0055 λόγω καλύτερης προσαρμογής στον υποτιθέμενο χρόνο τερατισμού της πλημμυρικής απορροής.

Για την εκτίμηση της υγρασίας του εδάφους πριν την έναρξη των επεισοδίων βροχής που αναλύθηκαν χρησιμοποιήθηκαν τα κατακρημνίσματα των 30 προηγούμενων ημερών (Weyman, 1974, Mosley, 1979) και για την υδατοσυγκράτηση της οξυάς τα συμπεράσματα του Voigt (1960) που επεξεργάστηκαν περισσότερο από τους Helvey και Patric (1965). Διευκρινίζεται όμως εδώ πως για μεγάλα επεισόδια βροχής, η υδατοσυγκράτηση θεωρήθηκε αμελητέα πάνω από τα 100mm. Ακόμα εκτιμήθηκε πως οι απώλειες βροχής λόγω συγκράτησης αυτής από το έδαφος και στη συνέχεια διάθεσης στη βλάστηση (Μέγιστη υδατοϊκανότητα - Σημείο μόνιμου μαρασμού) ανέρχονταν σε 1,3mm βροχής / 1εξ. βάθους αδιατάρακτου εδάφους (Helvey και Hewlett, 1962, Απατζίδης, 1989). Τέλος προστίθεται πως για την «ποσοτικοποίηση» της πλημμύρας στο στόμιο της λεκάνης ελήφθη υπόψη η μέγιστη παροχή την οποία ο τοπικός οχετός μπορούσε να διοχετεύσει στα κατάντη της λεκάνης. Η τιμή αυτή εκτιμήθηκε σε $7,4 \text{ m}^3 / \text{sec}$ και κάθε παροχή μεγαλύτερη αυτής θεωρήθηκε ως πλημμυρική. Ο συμβιβασμός αυτός ήταν αναγκαίος γιατί η λεκάνη είναι ιδιαίτερα ορεινή και επομένως ήταν αδύνατο να γίνει υπερχείλιση της κοίτης και κάλυψη με νερό εκτάσεων εκατέρωθεν αυτής με οποιοδήποτε ύψος βροχής.

Αριθμός οργάνου (θέση)	Υψόμετρο θέσης (m)	Είδος οργάνου	Τύπος οργάνου	Διάμετρος στομίου (mm)	Εναισθησία (mm)	Μέγιστο καταγεγραμμένο (mm)
11	780	Βροχογράφος	BELFORT	203	0,25	300
		Βροχογράφος	BELFORT	287	0,50	750
12	1.020	Βροχόμετρο	-	200	-	500
13	1.120	Βροχογράφος	BELFORT	203	0,25	300
		Βροχογράφος	BELFORT	287	0,50	750
		Βροχόμετρο	-	460	-	1000
14	1.250	Βροχογράφος	BELFORT	287	0,50	750
		Βροχόμετρο	-	200	-	500

Πίνακας 1. Τύποι και χαρακτηριστικά οργάνων για την εκτίμηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της εργασίας παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 2. Πιο συγκεκριμένα αναλύθηκαν δέκα επεισόδια βροχής των ετών 1978, 1980, 1982, 1983, 1985 και 1995. Διευκρινίζεται όμως πως το επεισόδιο 9 στερείται ορισμένων παραμέτρων λόγω υπερχείλισης των βροχογράφων κατά την ημερομηνία λήψης των στοιχείων. Όμως η στενίτη του εξάρτησε από το προηγούμενο περιστατικό που απόθεσε στη λεκάνη 572mm βροχής, κάνει επιτακτική την μελέτη του.

Η επιλογή των επεισοδίων έγινε με βάση το ύψος βροχής τους, την κατάσταση υγρασίας του εδάφους πριν τη βροχή και την έλλειψη χιονοστρώματος σε ολόκληρη τη λεκάνη. Από τα 10 επεισόδια, η δασική βλάστηση στερείτο φυλλώματος στα δύο από αυτά (1 και 6 Δεκεμβρίου 1995). Όλες οι παράμετροι του βροχογραφήματος, του υδρογραφήματος και της λεκάνης για κάθε επεισόδιο, περιλαμβάνονται στον Πίνακα που αναφέρεται.

Από αυτόν διαπιστώνεται πως η απόκριση της λεκάνης στα τρία πρώτα επεισόδια που απόθεσαν 24, 57 και 96 mm βροχής αντίστοιχα υπήρξε ασθενέστατη, αφού η παροχή αχμής από το μεγαλύτερο ανήλθε σε $2,784 \text{ m}^3 / \text{sec}$ και ο συντελεστής πλημμυρικής απορροής σε 7,8% της βροχής. Η απόκριση αυτή οφείλεται προφανώς

Α/Α	Ημερομηνία εκδήλωσης επεισοδίου βροχής	Δείκτης πρόοιου-μενης βροχής (mm)	Μέσο ύψος βροχής της λεζάνης (mm)	Διάρκεια (ώρες) και χωρική επισ. βροχής	Παροχή πριν τη βροχή (m ³ /sec)	Παροχή αχμής (m ³ /sec)	Πλημμυριζή επεισοδίου Α έως Τ. (mm)	Συντελεστής πλημμυρικής απορροής (%)	Χαρακτηριστικά υδρογραφήματος			Συγκριτική - αποθηκευτική ικανότητα της λεζάνης			
									Χρόνος ανόδου (ώρες)	Χρόνος καθόδου (ώρες)	Υδατοσυγκριτική ύψος (mm)	Υδατοσυγκριτική φυλάκτες και εδάφους (mm)	Συνολική υδατοσυγκριτική λεζάνης (mm)	Ποσοστό υδατοσυγκριτικής από τη βροχή (%)	
1	23-6-83	24	24	4,0 Μία διακοπή 30 λεπτών	0,034	0,175	0,3	1,3	8,5 (ώρες)	6,0	2,5	8	15,7	23,7	98,7
2	13-6-83	44	57	14,0 Μία διακοπή 2 ωρών	0,034	0,581	2,8	4,9	15,5	10,2	5,3	18	36,2	54,2	95,1
3	27-10-80	53	96	8,5 Δύο διακοπές 6 και 1,5 ωρών αντίστοιχα	0,018	2,874	7,5	7,8	11,0	5,0	6,0	30	58,5	88,5	92,2
4	7-6-83	0	112	22,0 Μία διακοπή 30 λεπτών	0,032	1,216	4,8	4,3	17,5	12,2	5,3	31	76,2	107,2	95,7
5	30-10-82	0	189	13,0 Μία διακοπή 1,5 ώρας	0,013	6,506	12,9	6,8	14,0	4,9	9,1	31	145,1	176,1	93,2
6	23-10-85	19	231	39,5 Χωρίς διακοπή και μεταβαλλόμενη ένταση	0,018	2,232	23,0	10,0	23,0	8,1*	5,2***	31	177,0	208,0	90,0
7	4-10-82	247	325	33,0 Χωρίς διακοπή και μεταβαλλόμενη ένταση	0,037	9,230	100,6	31,0	44,0	1,7	42,3	31	193,4	224,4	69,0
8	1-12-95	4	572	104,0 Χωρίς διακοπή και μεταβαλλόμενη ένταση	0,018	8,900	368,0	64,3	123,3	21,0*	48,3**	8***	196,0	204,0	35,7
9***	6-12-95	474	579	Ο βροχο-γράφος υπερχείλισε μετά τα 101mm	0,525	8,900	176,5	-	61,0	13,0	48,0	-	-	-	-
10	14-9-78	16	579	39,0 Χωρίς διακοπή και μεταβαλλόμενη ένταση	0,003	13,874	259,9	44,9	49,0	3,0*	26,0**	31	288,1	319,1	55,1

* Χρόνος ανόδου 1ης κορυφής (πολυζώνιο υδρογράφημα). ** Χρόνος καθόδου τελευταίας κορυφής (πολυζώνιο υδρογράφημα). *** Έλλειψη υδρογράφου λόγω απεργίας των βροχογράφων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Χαρακτηριστικά υδρογραφήματος και συγκριτική - αποθηκευτική ικανότητα της λεζάνης απορροής.

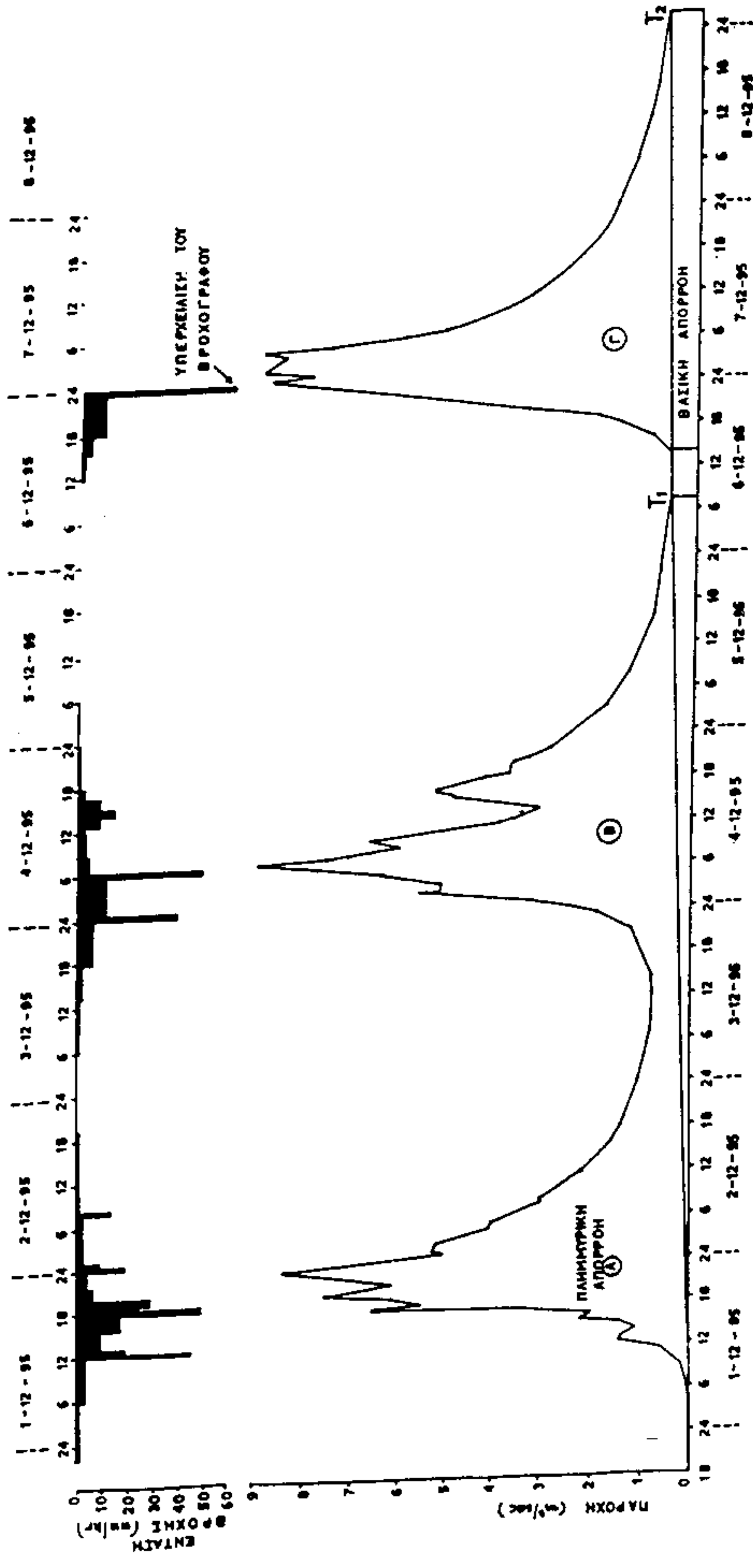
στη μεγάλη συγκρατητική και αποθηκευτική ικανότητα της λεκάνης που απορρέει από τη δασική βλάστηση, αλλά και στο μεγάλο βάθος του εδάφους του οποίου οι υδρολογικές ιδιότητες επηρεάζονται άμεσα από αυτή.

Μεγαλύτερο ενδιαφέρον από τα προηγούμενα παρουσιάζουν τα επεισόδια 4, 5 και 6 αφού καταδεικνύουν τη δυνατότητα της λεκάνης να συγκρατεί και αποθηκεύει ακόμα υψηλότερα ύψη βροχής και να ρυθμίζει έτσι τις παροχές και την απορροή της. Πιο συγκεκριμένα από ύψος βροχής 112, 189 και 231mm, η πλημμυρική απορροή ανήλθε μόνο στο 4,3 - 6,8 και 10% της βροχής και οι παροχές αιχμής σε 1,216 - 6,506 και 2,232 m³/sec αντίστοιχα. Οι τιμές των παραμέτρων αυτών είναι προφανώς πολύ μικρότερες εκείνων που παρατηρούνται σε υποβαθμισμένες λεκάνες απορροής της Ελλάδας και προξενούν έντονα πλημμυρικά φαινόμενα.

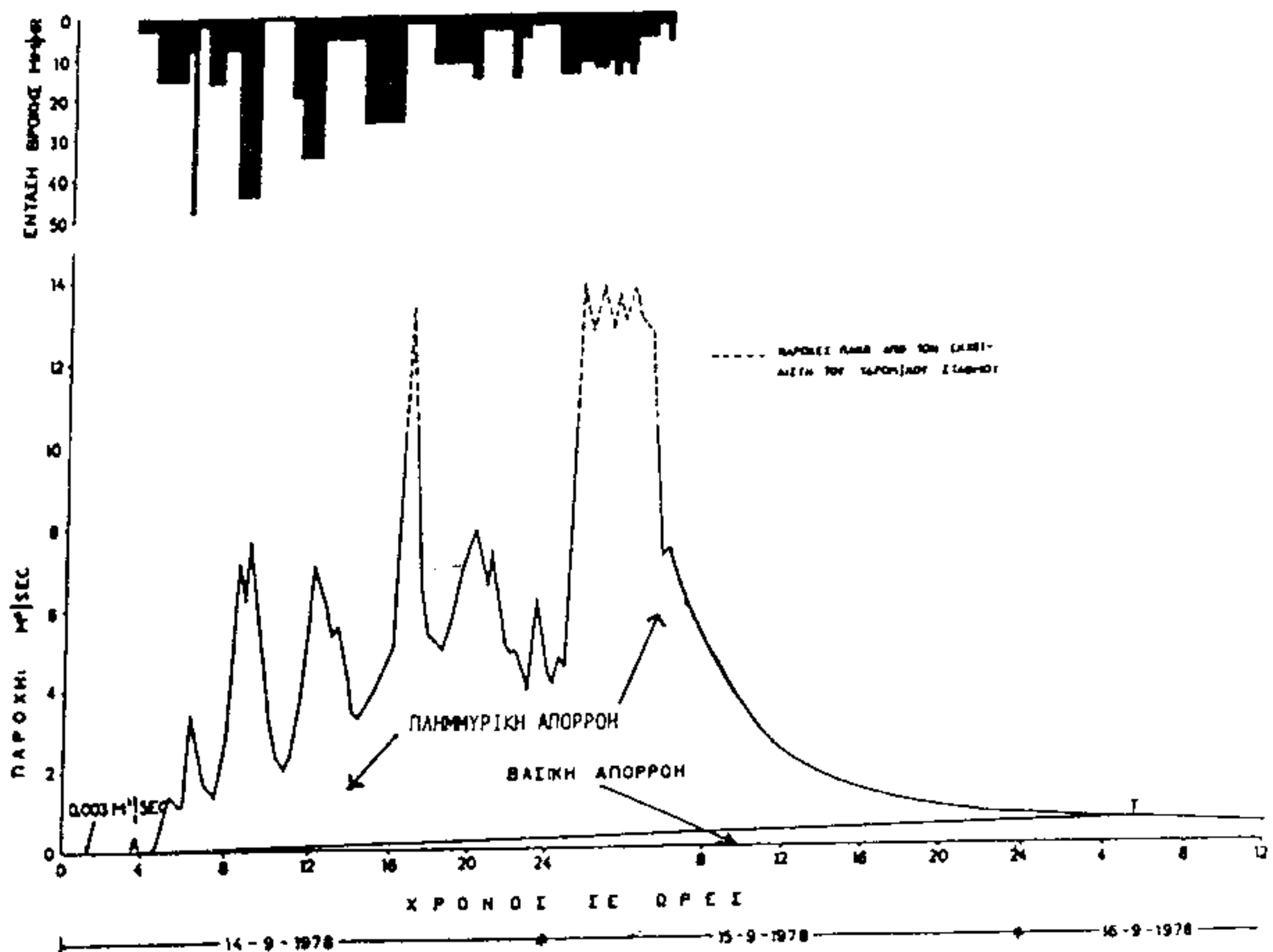
Από την εξέταση απόκρισης της λεκάνης στα μεγαλύτερα ύψη βροχής των υπολοίπων επεισοδίων (Πίνακας 2) διαπιστώνεται πως η συγκρατητική της και αποθηκευτική ικανότητα αρχίζει βαθμιαία να μειώνεται. Η αλλαγή αυτή θα ήταν προφανώς ιδιαίτερα αισθητή αν μεταξύ του 6ου και 7ου επεισοδίου υπήρχαν και άλλα ενδιαμέσα ύψη βροχής. Τέτοια όμως επεισόδια που να εκπληρούν τις προϋποθέσεις επιλογής που ετέθησαν, δυστυχώς δεν βρέθηκαν και αναγκαστικά επιλέγει το 7ον με 325mm και τα δύο επόμενα με 572 και 579mm βροχής αντίστοιχα. Τα ύψη βροχής αυτών των επεισοδίων αν και φάνονται ιδιαίτερα υψηλά για τις Ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες, είναι πραγματικά και αυτό έχει αποδειχθεί με την χρήση των βροχογράφων των 300mm και 750mm που λειτουργούν στην περιοχή από το 1972.

Οι παροχές αιχμής της λεκάνης από τα τρία μεγάλα επεισόδια που αναφέρθηκαν ανήλθαν σε 9,23 - 8,9 και 13,874 m³/sec αντίστοιχα και συνεπώς δημιουργήθηκε πλημμύρα τόσο στο στόμιο της λεκάνης όσο και στα κατάντη αυτής. Η εμφάνιση υψηλότερης παροχής στο 7ον παρά στο 8ο επεισόδιο με μεγαλύτερο ύψος βροχής, οφείλεται προφανώς τόσο στην αρχική κατάσταση υγρασίας της λεκάνης, όσο και στα χαρακτηριστικά της βροχής (Πίνακας 2). Όμως εκτός από τις παροχές αιχμής και η πλημμυρική απορροή που μετρήθηκε στο στόμιο της λεκάνης ήταν υψηλή και ανήλθε στο 31% (101mm), 64,3% (368mm) και στο 45% (260mm) αντίστοιχα. Επομένως η λεκάνη ενώ αποφόρτισε τεράστιες ποσότητες απορροής που προξένησαν πλημμυρικά φαινόμενα στα κατάντη, συγκράτησε και πολύ μεγάλες ποσότητες βροχής εξαιτίας της ύπαρξης του δάσους και των εδαφικών συνθηκών. Οι διαφορές που παρατηρούνται στις τιμές της πλημμυρικής απορροής, της παροχής αιχμής και της συνολικής ποσότητας βροχής που συγκρατήθηκε από τη λεκάνη μεταξύ του 6ου και 10ου επεισοδίου, εξηγούνται αν ληφθούν υπόψη τα χαρακτηριστικά των αντίστοιχων βροχών και η εποχή του έτους (έλλειψη και μη δασικής φυλλάδας).

Περισσότερες λεπτομέρειες για την αντίδραση της λεκάνης στα επεισόδια αυτά καταδεικνύονται στα Σχήματα 1 και 2. Έτσι διαπιστώνεται πως η σημαντική μείωση των εντάσεων της βροχής από τη 12η μεσημβρινή της 2/12/95 έως της αντίστοιχης ώρας της 3/12/95 ήταν ο κυριότερος λόγος που παρέμεινε η παροχή αιχμής της λεκάνης στα 8,9 m³/sec. Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει αναφορά και στο επεισόδιο βροχής της 6-12-1995 που ακολούθησε 30 ώρες περίπου μετά τη λήξη του προηγούμενου και τα στοιχεία του παραμένουν ελλιπή λόγω υπερχείλισης των βροχογράφων αφού κατέγραψαν 101mm (Πίνακας 2). Πάντως από το μέγεθος της πλημμυρικής απορροής της λεκάνης φαίνεται πως αυτή δέχθηκε τουλάχιστον 176,5mm. Η απόκριση της λεκάνης στο επεισόδιο αυτό απεικονίζεται στην τρίτη κορυφή του Σχήματος 1.



Σχήμα 1. Υδρολογική απόκριση της λεκάνης από 1 έως και 8-12-1995



Σχήμα 2. Υδρολογική απόκριση της λεκάνης την 14-9-1978

Συζήτηση και Συμπερασματικά Σχόλια

Από την παρουσίαση και ανάλυση των στοιχείων του προηγούμενου κεφαλαίου καταδεικνύεται πως από επεισόδια βροχής μέχρι 230mm ο συντελεστής πλημμυρικής απορροής της λεκάνης δεν υπερβαίνει το 10% της βροχής και οι παροχές αιχμής τα 6,0 έως 6,5 m³/sec. Επομένως η απόκριση της λεκάνης σε ύψη βροχής 200 - 250mm -και ανάλογα βέβαια με την αρχική κατάσταση υγρασίας του εδάφους και τα χαρακτηριστικά της βροχής - μπορεί να χαρακτηριστεί γενικά ως ακίνδυνη και φυσιολογική αφού η μετατροπή 20-25mm σε πλημμυρική απορροή αποτρέπει την δημιουργία πλημμυρικών φαινομένων. Η παραπάνω διαπίστωση δεν ισχύει προφανώς για εξαιρετικά ακραίες περιπτώσεις όταν το «υδρολογικό βάθος» της λεκάνης είναι τελείως καλυμμένο από προηγούμενη βροχόπτωση. Αυτό συνέβη τη 6-12-1995, όταν 30 ώρες πριν την έναρξη του επεισοδίου που απόθεσε τουλάχιστον 176mm βροχής, η λεκάνη είχε δεχθεί άλλα 572mm σε διάστημα 104 ωρών χωρίς διακοπές (Πίνακας 2).

Η φυσιολογική απόκριση της λεκάνης στα ύψη βροχής που αναφέρθηκαν παραπάνω, οφείλεται στη δασογόλυση και τούτο γιατί η υπαρξη του φυλλώματος των δένδρων, της δασικής φυλλάδας στο έδαφος, των μεγάλων ταχυτήτων διήθησης του νερού στο έδαφος, της περιορισμένης εδαφικής διάβρωσης και της μεγάλης υδατοϊκανότητας και υδατοχωρητικότητας του εδάφους, συντελούν στη συγκράτηση και στην προσωρινή ή μόνιμη αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων βροχής.

Η δυνατότητα της λεκάνης όμως να συγκρατεί μεγάλες ποσότητες βροχής δεν είναι προφανώς απεριόριστη. Έτσι μετά τα 250mm περίπου, παρατηρείται βαθμιαία αλλαγή της απόκρισης και τόσο οι πλημμυρικές απορροές όσο και οι παροχές αιχμής δημιουργούν πλημμυρικά φαινόμενα. Πιο συγκεκριμένα η λεκάνη από επεισόδια βροχής 325 - 580mm συγκρατεί 225 - 320mm και δημιουργεί πλημμυρική απορροή που ανέρχεται από 100 - 260mm. Οι ποσότητες αυτές της απορροής συντελούν, όπως αναφέρθηκε, στην δημιουργία πλημμυρών στην περιοχή, αλλά σαφώς μικρότερον εκείνων χωρίς τη δασοκάλυψη της λεκάνης. Κατά συνέπεια η δασική βλάστηση συμβάλλει όχι μόνο στην αποφυγή δημιουργίας πλημμυρών από μικρά σχετικά επεισόδια βροχής, αλλά και στην εξομάλυνση αυτών από μεγάλα επεισόδια.

Προστίθεται ακόμα πως η λεκάνη που μελετήθηκε ίσως μπορεί να χαρακτηριστεί ως ιδανική από άποψη δασοκάλυψης και βάθους εδάφους. Κατά συνέπεια το «υδρολογικό της βάθος» είναι τεράστιο. Όμως όλες οι δασοκάλυπτες λεκάνες δεν παρουσιάζουν τα ίδια χαρακτηριστικά και συγκρατούν προφανώς πολύ μικρότερα ύψη βροχής. Επομένως οι λεκάνες αυτές έχουν τη δυνατότητα να αποτρέπουν τη δημιουργία πλημμυρών από μικρότερες βροχές. Αλλά το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αφού οι βροχές αυτές έχουν μικρή περίοδο επαναφοράς. Επιπλέον πρέπει να ληφθεί υπόψη πως σήμερα λόγω αλλαγής της χρήσης γης και πυκνοκατοίκησης των πεδινών περιοχών εκατέρωθεν και κατά μήκος των υδατορευμάτων, οι ζημιές είναι πολύ σημαντικές και από πλημμύρες με μικρή σχετικά περίοδο επαναφοράς. Πιο συγκεκριμένα, μια πλημμύρα σήμερα με περίοδο επαναφοράς π.χ. 20 χρόνων προξενεί για τους παραπάνω λόγους, όπως υποστηρίζουν οι Framji και Gang (Hlandy και Buchtele 1988), ζημιές ίσες με εκείνες μιας πλημμύρας με περίοδο επαναφοράς 100 χρόνων στο παρελθόν. Η κατάσταση αυτή δίνει προφανώς πολύ μεγαλύτερη σημασία στην ύπαρξη της δασικής βλάστησης για την εξομάλυνση ή αποτροπή των πλημμυρών.

Βιβλιογραφία

- Απατζίδης, Α., (1989). Εκτίμηση υδατοϊκανότητας και συντελεστού μάρανσης βασισμένη στην κοκκομετρική σύσταση των δασικών εδαφών μας. *Δασική Έρευνα*, X(2): 193-201.
- Helvey, J.D. and Hewlett, (1962). The annual range of soil moisture under high rainfall in the southern Appalachians. *J. Forestry*, 60:485-486.
- Helvey, J.D. and Patric, J.H., (1965). Canopy and litter interception of rainfall by hardwoods of eastern United States. *Water Res. Research*, 1: 193-206.
- Hewlett, J.D. and Hibbert, A.R. (1967). Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. In «Int.Symposium on Forest Hydrology Proc.», Pergamon Press, Oxford, pp: 275-290.
- Hewlett, J.D. (1982). Forest and Floods in the light of recent investigation. In «Proc. Canadian Hydrological Symposium», Fredericton, pp: 543-560.
- Hlandy, J. and Buchtele, J., (1988). Hydrological aspects of extreme floods and droughts. In *Hydrology of Disasters*, edited by Starosolszky, O. and Melder, O.M., London, pp: 8-27.
- Leopold, L.B. and Maddock, T.M., (1954). *The flood control controversy*, Ronald press, New York.
- Lull, H.W. and Rainhard, K.G., (1972). *Forest and floods in the eastern United States*. USDA, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, Res. Pap. NE-226, pp.86.
- Μπαλούτσος, Γ. (1991). Πλημμυρικές αιχμές σε μία δασοκάλυπτη ορεινή λεκάνη απορροής της Ανατ. Όσσας. *Γεωτεχν.Επιστημ. Θέματα*, Τεύχος 1 σελ.19-32.
- Mosley, M.P. (1979). Streamflow generation in a forested watershed in New Zealand. *Water Res. Research*, 15(4): 795-806.
- Sartz, R.S. (1969). Folklore and promises in watershed management. *J. Forestry*, 67: 366-371.
- Voigt, G.K., (1960). Distribution of rainfall under forest stands. *Forest Science*, 6:2-10.
- Weyman, D.R., (1974). Runoff process, contributing area and streamflow in a small upland catchment. *Inst. Brit. Geograph., Special Publication No 69*, pp.33-43.