



Αποψη πλημμυρισμένου δρόμου στη Μάνδρα.

Η διαχείριση των ξαφνικών πλημμυρών

Στην αντιμετώπιση των πλημμυρών συμβάλλει η επιτυχής πρόβλεψη των βροχοπτώσεων που τις προκαλούν, καθώς και τα Σχέδια Δράσεων Έκτακτης Ανάγκης βάσει μαθηματικών προσομοιώσεων.

Άρθρο του Αναστάσιου Ι. Στάμου*

Οι ξαφνικές πλημμύρες είναι απότομες και ακραίες ροές νερού με μεγάλα βάθη και μεγάλες ταχύτητες ροής (πάνω σε επιφάνειες που σε κανονικές συνθήκες είναι ξηρές) ή απότομες ανυψώσεις της στάθμης του νερού σε ρέματα οι οποίες υπερβαίνουν μια προκαθορισμένη στάθμη. Οι περισσότερες ξαφνικές πλημμύρες προκαλούνται από ισχυρές βροχοπτώσεις. Μέσα σε λιγότερες από 3-6 ώρες, τα νερά της βροχής ακολουθούν κατά σειρά τρεις διεργασίες:

i) Απορροή πάνω στο έδαφος της λεκάνης απορροής με κατάληξη σε ένα ορεινό ρέμα.

ii) Ροή στο ορεινό ρέμα με εξαιρετικά μεγάλες ταχύτητες ροής (εξαιτίας των μεγάλων κλίσεων του εδάφους) και σχετικά μικρά βάθη.

iii) Ροή στην επίπεδη περιοχή του ρέματος, το οποίο υπερχειλίζει και πλημμυρίζει τους γειτονικούς δρόμους, βρίσκοντας συχνά τους ανθρώπους απροετοίμαστους και προξενώντας απώλεια ανθρώπινων ζωών και υλικές ζημιές.

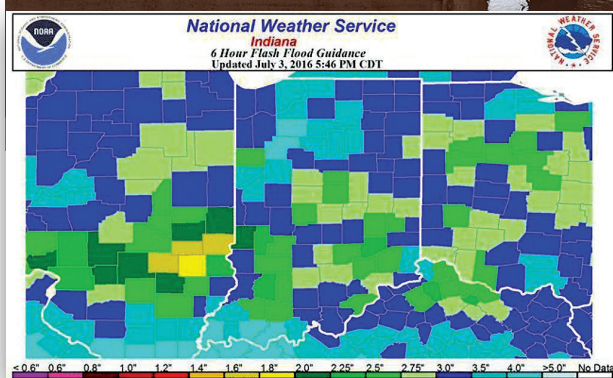
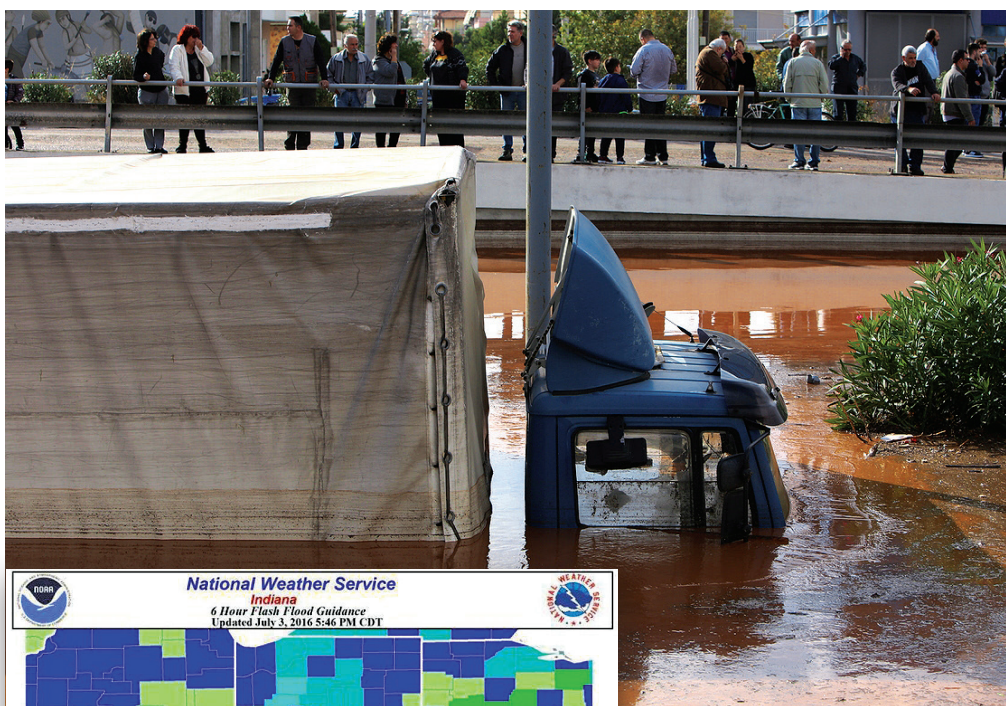
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

Για να διαχειριστούμε αποτελεσματικά μια πλημμύρα, λαμβάνουμε τέσσερις κατηγορίες μέτρων:

i) Μέτρα πρόληψης, όπως είναι π.χ. η μέριμνα να είναι «καθαρές» οι κοίτες των ρεμάτων, χωρίς επιχωματώσεις και κτίσματα.

ii) Μέτρα προστασίας, που είναι κυρίως η κατασκευή των αναγκαίων τεχνικών έργων και για τις τρεις διεργασίες της πλημμύρας, όπως είναι έργα ανάσχεσης στις ορεινές εκτάσεις (φράγματα συγκράτησης φερτών, κορμοδέματα και κορμοπλέγματα), έργα στην κύρια κοίτη των ρεμάτων (διευθέτηση) αλλά και στην πλημμυρική κοίτη τους (φύτευση), καθώς και έργα διαχείρισης όμβριων υδάτων.

iii) Μέτρα ετοιμότητας, με κύριους στόχους την ενημέρωση και ετοιμότητα των ενδιαφερομένων, την πρόγνωση της πλημμύρας, την έγκαιρη προειδοποίηση του κοινού πριν από την πλημμύρα, καθώς και την εφαρμογή Σχεδίου Δράσεων Έκτακτης Ανάγκης κατά την πλημμύρα.



ΠΑΝΩ: Η υπογειοποίηση τμήματος οδικής αρτηρίας μετατράπηκε σε λίμνη εγκλωβίζοντας όποιο όχημα βρισκόταν μέσα.

ΧΑΡΤΗΣ 1: Τιμές FFG για διάρκεια βροχόπτωσης 6 ωρών στην περιοχή της Ιντιάνα στις 3 Ιουλίου 2016 (πηγή: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία των ΗΠΑ).

και η περίπτωση της Μάνδρας

iv) Μέτρα αποκατάστασης μετά την πλημμύρα, αρχικά ατομικής και κοινωνικής αποκατάστασης και στη συνέχεια περιβαλλοντικής και άλλων μορφών.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΞΑΦΝΙΚΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

Ο πρώτος και κύριος παράγοντας ξαφνικής πλημμύρας είναι τα χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης (ένταση σε mm βροχής σε 1 ώρα και συνολικό ύψος - διάρκεια). Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι στις 9 Ιουνίου 1972 στο Black Hills της Dakota έπεσαν 381 mm σε 5 ώρες (υπήρξαν 238 νεκροί), ενώ στις 14 Ιουνίου 1990 στο Ohio έπεσαν 102mm σε λιγότερο από 2 ώρες, προκαλώντας ένα πλημ-

μυρικό κύμα - τοίχο νερού ύψους περίπου 10m (υπήρξαν 26 νεκροί). Στη Μάνδρα έπεσαν περισσότερα από 200mm σε 6 ώρες και υπήρξαν 23 νεκροί. Ο δεύτερος σημαντικός παράγοντας είναι τα χαρακτηριστικά του εδάφους της λεκάνης απορροής, όπως είναι η κλίση, η υγρασία, η απορροφητικότητα και η βλάστηση του εδάφους, τα οποία καθορίζουν το ύψος απορροής του νερού πάνω σε αυτή και την παροχή των νερών που καταλήγει στο ρέμα, αλλά και το πόσο γρήγορα θα γίνει αυτό.

ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΞΑΦΝΙΚΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

Είναι εξαιρετικά σημαντικό να μπορούμε να προβλέψουμε έ-

Οι περισσότερες ξαφνικές πλημμύρες προκαλούνται από καταιγίδες, και ξεκινούν σε λιγότερες από έξι ώρες μετά τη βροχόπτωση

γκαιρα μια ξαφνική πλημμύρα και να ενεργοποιήσουμε άμεσα το Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης, που επιτρέπει τη γρήγορη και αποτελεσματική αντίδραση της Πολιτικής Προστασίας και τελικά τη διάσωση ανθρωπίνων ζωών και τον περιορισμό υλικών ζημιών. Η ακριβής πρόγνωση μιας ξαφνικής πλημμύρας και η έγκαιρη προειδοποίηση αποτελούν συνεχή πρόκληση για τους επιστήμονες με δυο κύριους στόχους: α) την αύξηση του διαθέσιμου χρόνου αντίδρασης και β) τη μείωση του ποσοστού των λανθασμένων ειδοποιήσεων, που γενικά δεν είναι λίγες. Το πρώτο και σημαντικότερο βήμα για μια πετυχημένη πρόγνωση κάποιας ξαφνικής πλημμύρας είναι να «εντοπίσουμε» την «επικίνδυνη βροχόπτωση», η οποία σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής ενδέχεται να προκαλέσει μια ξαφνική πλημμύρα. Συνήθως, αυτό μπορούμε να το κάνουμε αρκετές ημέρες πριν από τη βροχόπτωση με τη χρήση μετεωρολογικών μαθηματικών μοντέλων πρόγνωσης καιρού, και αργότερα με τα ραντάρ καιρού (τα οποία εκτιμούν την ένταση της βροχόπτωσης σε μεγάλες εκτάσεις με υψηλή χρονική και χωρική ακρίβεια, αρκεί να είναι κατάλληλα χωροθετημένα και με την απαιτούμενη πυκνότητα στο έδαφος) και τους δορυφόρους. Όταν πλέον έχει ξεκινήσει η βροχόπτωση, μπορούμε να τη μετρήσουμε στους βροχογράφους που τοποθετούνται σε κατάλληλες θέσεις της λεκάνης απορροής και να συγκεκριμενοποιήσουμε τις παραπάνω εκτιμήσεις. Στη συνέχεια, μετρώντας τη στάθμη του νερού σε διάφορες θέσεις του ορεινού ρέματος, μπορούμε να σιγουρευτούμε ότι πρόκειται για ξαφνική πλημμύρα. Τότε, όμως, ο διαθέσιμος χρόνος να αντιδράσουμε ενδεχομένως να είναι εξαιρετικά μικρός. ➤



ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑ ΔΡΑΣΕΩΝ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ

Όταν γνωρίζουμε τα χαρακτηριστικά της βροχοπτώσης, μπορούμε να προσδιορίσουμε με υδρολογικά μοντέλα (βροχής - απορροής) το ύψος της απορροής του νερού στη λεκάνη απορροής και την παροχή που καταλήγει στο ρέμα.

Στη συνέχεια, με υδραυλικά μοντέλα υπολογίζουμε τα βάθη και τις ταχύτητες ροής στο ρέμα, και προσδιορίζουμε τις περιοχές που πλημμυρίζουν με τους αντίστοιχους χρόνους άφιξης και τέλους της πλημμύρας σε αυτές.

Γνωρίζοντας τα τελευταία αυτά στοιχεία, μπορούμε να καταστρώσουμε τα Σχέδια Δράσεων Έκτακτης Ανάγκης και να προβούμε στις απαιτούμενες ενέργειες αντιμετώπισης της πλημμύρας σε επίπεδο Πολιτικής Προστασίας.

Επιπλέον, με τα παραπάνω μοντέλα μπορούμε να εκτιμήσουμε την επίδραση καθενός μέτρου, έργου ή επέμβασης χωριστά, όπως π.χ. την καθαίρεση ενός κτίσματος στην κοίτη ρέματος, τη διεύρυνση της κοίτης κ.ά.

ΠΑΝΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ & ΚΑΤΩ: Η ξαφνική πλημμύρα στη Μάνδρα εγκλώβισε διάφορα οχήματα σε κεντρικό οδικό άξονα.

ΠΑΝΩ ΔΕΞΙΑ: Οι δρόμοι της Μάνδρας Αττικής μετατράπηκαν σε ποτάμια εξαιτίας της σφοδρότητας της βροχοπτώσης.

ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΤΙΜΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΓΝΩΣΗ

Το κύριο ερώτημα στο οποίο πρέπει να απαντήσουμε για να μπορούμε να προβλέψουμε έγκαιρα μια ξαφνική πλημμύρα είναι από ποιες τιμές και πάνω του ύψους βροχής ή/και του ύψους απορροής ξεκινά μια ξαφνική πλημμύρα.

Για να απαντήσουμε, πραγματοποιούμε υπολογισμούς προσομοίωσης για μεγάλο αριθμό συνδυασμών τιμών υψών και διάρκειας βροχοπτώσης, κατά το στάδιο σχεδιασμού, και μετά πηγαίνουμε «ανάποδα»: Για κάθε συνδυασμό που προκαλεί ξαφνική πλημμύρα, ξεκινάμε από την κατάντη περιοχή που πλημμυρίζει, ανεβαίνουμε το ρέμα, προσδιορίζουμε το



κρίσιμο ύψος απορροής και τέλος το κρίσιμο ύψος βροχοπτώσης, που είναι γνωστό διεθνώς ως Flash Flood Guidance (FFG).

Για την πρόγνωση μιας ξαφνικής πλημμύρας εφαρμόζουμε την παραπάνω ή ανάλογη διαδικασία χρησιμοποιώντας συνήθως το FFG, μια και εκτιμάμε ή μετράμε αρκετά νωρίτερα και ευκολότερα το ύψος βροχοπτώσης από το ύψος απορροής.

Στην απλούστερη περίπτωση, χρησιμοποιούμε μια μόνο τιμή FFG για το σύνολο της περιοχής ενδιαφέροντος - λεκάνης απορροής, ενώ για μεγαλύτερη ακρίβεια προσδιορίζουμε τιμές FFG σε τετραγωνικά κελιά, π.χ. διάστασης 4km, στα οποία χωρίζουμε το σύνολο της περιοχής. Επειδή οι τιμές του FFG εξαρτώνται από τις τοπικές συνθήκες που μεταβάλλονται συνεχώς με το χρόνο, πρέπει αυτές να ανανεώνονται.

Ενδεικτικά, στο χάρτη 1 φαίνεται ότι σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία των ΗΠΑ, εάν έπεφταν περίπου 36-127mm (1,4 - 5,0 ίντσες) βροχής

μέσα σε 6 ώρες στα διάφορα κελιά της περιοχής της Ιντιάνα στις 3 Ιουλίου 2016, θα μπορούσε να προκληθεί ξαφνική πλημμύρα.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ - ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ

Σε κάθε περιοχή παρακολουθούμε (εκτιμούμε ή μετρούμε) τακτικά τις τιμές του ύψους βροχοπτώσης για διάφορες διάρκειές της, και τις συγκρίνουμε άμεσα με τις αντίστοιχες τιμές FFG.

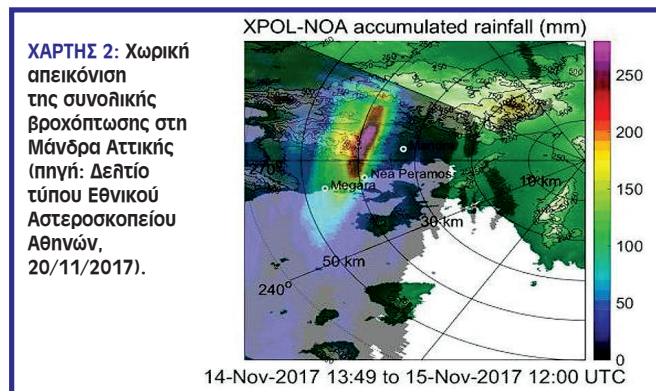
Όποτε διαπιστώνουμε υπέρβαση, μπορεί να εκδηλωθεί μια ξαφνική πλημμύρα, ενδεχόμενο που ενεργοποιεί το Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης των ενδιαφερομένων που επηρεάζονται από την ξαφνική πλημμύρα (π.χ. υπηρεσίες, ΜΜΕ, κοινό).

Αυτό γίνεται από την αρμόδια Υπηρεσία σε τρία επίπεδα με βάση το σύνθημα: «Λάβετε θέσεις - Έτοιμοι - Πάμε!». Το «λάβετε θέσεις» γίνεται αρκετές ημέρες πριν από μια ξαφνική πλημμύρα, και εκφράζει την άποψη ότι μπορεί αυτή να εμφανιστεί.

Το «έτοιμοι» δηλώνει επαγρύπνηση όταν γίνεται πιθανότερη η εμφάνιση μιας ξαφνικής πλημμύρας, και παρέχει τη δυνατότητα προετοιμασίας μερικών ωρών για την αντιμετώπισή της. Όταν η πιθανότητα εμφάνισης είναι πολύ μεγάλη, όταν επικείται ή όταν ήδη συμβαίνει η ξαφνική πλημμύρα, τότε ενεργοποιείται το «πάμε».

Η ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΤΗΣ ΜΑΝΔΡΑΣ

Η πλημμύρα της Μάνδρας το Νοέμβριο 2017 ήταν μια χαρακτηριστική περίπτωση ξαφνικής πλημμύρας με 23 νεκρούς και άλλα καταστροφικά αποτελέσματα. Δημιούργησε αρκετά ερωτήματα τεχνικής φύσης, στα οποία δίνεται παρακάτω μια πρώτη απάντηση με βάση τα δημοσιεύματα στα ΜΜΕ και τη διαθέσιμη εμπειρία.





Με μπουαντόζες επιχειρείται ο καθαρισμός των πλημμυρισμένων περιοχών.



Η σφοδρότητα του πλημμυρικού φαινομένου συμπάρευσε αυτοκίνητο εκτός δρόμου.

Ερωτήματα

i. Μπορούσαμε να προβλέψουμε την επικίνδυνη βροχόπτωση που προκάλεσε την ξαφνική πλημμύρα;

Σύμφωνα με το δελτίο τύπου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στις 17-11-2017, το κινητό μετεωρολογικό ραντάρ ΧΡΟΛ κατέγραψε την Τετάρτη 15 Νοεμβρίου 2017 (βλ. χάρτη 2) ζώνη πολύ ισχυρής βροχόπτωσης πάνω από τη λεκάνη απορροής των ρεμάτων που συρρέουν στη Μάνδρα, στην οποία ζώνη το συνολικό ύψος βροχής ξεπέρασε τα 200mm σε 6 ώρες.

Επίσης, επιστήμονες του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών ανακοίνωσαν ότι το Σύστημα «Ποσειδών» του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών είχε δείξει ότι στο όρος Πατέρα θα έπεφταν πάνω από 50mm βροχής 48 ώρες πριν από τις καταιγίδες.

Σύμφωνα με αρχικές εκτιμήσεις επιστημόνων του Πανεπιστημίου Αθηνών που χρησιμοποίησαν δορυφορικές εικόνες της NASA, η περιοχή ανάτη της Μάνδρας δέχθηκε περίπου 150mm βροχόπτωσης μέσα σε περίπου 7 ώρες, μια ποσότητα που αντιστοιχεί περίπου στο 40% της ετήσιας βροχόπτωσης της περιοχής.

Τέλος, επιστήμονες του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών διαπίστωσαν ότι η ευρύτερη περιοχή είχε δεχτεί βροχές τις δύο προηγούμενες ημέρες, με το ύψος βροχής να μετρείται ίσο με 35mm στην Ελευσίνα, 35mm στα Βίλια και 22mm στους Αγίους Θεοδώρους.

Με βάση τα παραπάνω δημοσιεύματα ειδικών επιστημόνων σε θέματα μετεωρολογίας, φαίνεται ότι είχαμε τη δυνατότητα από τεχνικής άποψης να προβλέψουμε την επικίνδυνη βροχόπτωση.

ii. Μπορούσαμε να επιβεβαιώσουμε την επικίνδυνη βροχόπτωση με μετρήσεις στην περιοχή;

Όχι, γιατί δεν υπήρχαν βροχογράφος στη λεκάνη απορροής ή μετρητές στάθμης νερού στο ρέμα.

Σύμφωνα με επιστήμονες του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, τα ύψη βροχής στους κοντινούς στην περιοχή σταθμούς ήταν σχετικά μικρά (από 0 μέχρι 25mm), γεγονός που δείχνει τον τοπικό χαρακτήρα της ξαφνικής πλημμύρας και αναδεικνύει την ανάγκη δημιουργίας ενός αρκετά «πυκνού» δικτύου σταθμών παρακολούθησης της βροχόπτωσης (π.χ. από την Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας), τουλάχιστον για τις περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως ζώνες δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας στα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας.

iii. Είχαν ληφθεί όλα τα απαραίτητα μέτρα για την αποτελεσματική αντιμετώπιση της πλημμύρας και τι πρέπει να γίνει τώρα;

Κρίνοντας από τα αποτελέσματα, η απάντηση στο αν είχαν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα είναι αρνητική. Για το τι πρέπει να γίνει, αρκεί μια σύγκριση όσων έγιναν με τα απαιτούμενα μέτρα που πρέπει να υλοποιήσουμε άμεσα. Αυτά, συνοπτικά, είναι μέτρα πρόληψης (όπως είναι η απομάκρυνση των επικωματώσεων και ο καθαρισμός της κοίτης των ρεμάτων), μέτρα προστασίας (όπως είναι τα έργα ανάσχεσης στις ορεινές εκτάσεις, και τα έργα διευθέτησης των ρεμάτων) και μέτρα αποκατάστασης.

Παράλληλα, πρέπει άμεσα να αναπτύξουμε ένα αποτελεσματικό Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης Πλημμυρών, συνδυάζοντας

Μπορούμε να αναπτύξουμε ένα αποτελεσματικό σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης πλημμυρών συνδυάζοντας σύγχρονα μαθηματικά μοντέλα και τεχνικές μετρήσεων πεδίου

προχωρημένα μαθηματικά μοντέλα και σύγχρονες τεχνικές μετρήσεων πεδίου. Το Σύστημα αυτό θα βοηθήσει στον προγραμματισμό των Σχεδίων Δράσεων Έκτακτης Ανάγκης που προβλέπονται στο Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας για τις πλημμύρες, και μαζί με τις δράσεις εκπαίδευσης - ενημέρωσης των πολιτών για την αντιμετώπιση πλημμυρών θα αποτελέσει μια δέσμη ισχυρών μέτρων ετοιμότητας.

iv. Αν υπήρχαν τα αναγκαία έργα (μέτρα) πρόληψης της πλημμύρας και προστασίας, οι επιπτώσεις θα ήταν μικρότερες;

Ναι, και ενδεχομένως να ήταν σημαντικά μικρότερες, αν τα έργα αυτά συνδυάζονταν με ένα Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης. Ωστόσο, η ξαφνική πλημμύρα της Μάνδρας, που είχε παροχή αιχμής τουλάχιστον τρεις φορές μεγαλύτερη από την παροχή για την οποία σχεδιάζονται τα σχετικά έργα, θα προκαλούσε επιπτώσεις ακόμα και να υπήρχαν τα έργα αυτά αλλά και σε αυτή την περίπτωση οι επιπτώσεις θα ήταν περιορισμένες, αν υπήρχε Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης. **ΕΘ**

** Ο κ. Αναστάσιος Ι. Στάμου είναι Καθηγητής ΕΜΠ και Διευθυντής του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Υδραυλικής.*

ΔΙΑ ΤΑΥΤΑ

Η πλημμύρα της Μάνδρας έδειξε τις αδυναμίες μας να τη διαχειριστούμε αποτελεσματικά. Παράλληλα, κατέστησε σαφή τα μέτρα τα οποία πρέπει να λάβουμε για την αποτελεσματική διαχείριση μιας ξαφνικής πλημμύρας, ιδίως στις περιοχές υψηλού κινδύνου. Η τραυματική εμπειρία της Μάνδρας αποτελεί για την Πολιτεία το έναυσμα για έναν ολοκληρωμένο αντιπλημμυρικό σχεδιασμό, που θα λαμβάνει υπόψη του την περιβαλλοντική διάσταση των ρεμάτων και τον ορθό πολεοδομικό σχεδιασμό.