

Πλημμύρες



Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων
Αθήνα 2009

ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ:

Πλημμύρες-Εκτίμηση πλημμυρικών αιχμών

- Εισαγωγή
- Ορθολογική μέθοδος
- Επιλογή περιόδου επαναφοράς
- Όμβριες καμπύλες
- Χρόνος συρροής
- Μέτρα προστασίας
- Επιπτώσεις

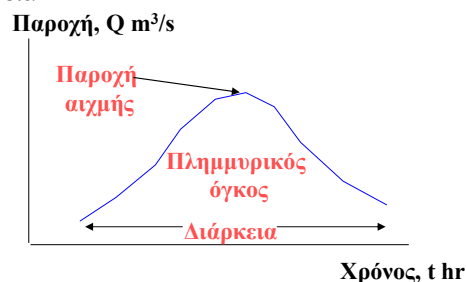
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Πλημμύρα ονομάζεται η κατάσταση κατά την οποία περιοχές, που συνήθως είναι στεγνές, καλύπτονται από ποσότητες νερού για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Οι πλημμυρικοί όγκοι νερού προέρχονται από την τοπική βροχόπτωση, την υπερχειλίση ποταμού, την εισροή της θάλασσας σε παράκτιες περιοχές ή από τη θραύση φράγματος.
- Οι πλημμύρες είναι φυσικά φαινόμενα (αφού συνήθως προέρχονται από μετεωρολογικές καταστάσεις), όμως συμβαίνουν όταν η χωρητικότητα του συστήματος αποστράγγισης (φυσικού ή ανθρωπογενούς), δεν μπορεί να διοχετεύσει τον όγκο νερού που παράγεται από τη βροχόπτωση. Τα φυσικά φαινόμενα που προκαλούν πλημμύρες δεν μπορούν να ελεγχθούν, αλλά οι γεωλογικές, γεωμορφολογικές και εδαφολογικές συνθήκες της λεκάνης απορροής είναι δυνατόν να τροποποιηθούν με την ανθρώπινη επέμβαση.
- Ο πλημμυρικός κίνδυνος είναι συνάρτηση της πιθανότητας εμφάνισης του φυσικού φαινομένου και της επίδρασης που θα έχει στην ανθρώπινη κοινωνία.
- Σε μια δεδομένη βροχόπτωση οι ζημιές που θα προκληθούν λόγω πλημμύρας, εξαρτώνται από τρεις κύριους παράγοντες: **(α)** την παρουσία αντιπλημμυρικών έργων, **(β)** την αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος που έχει αποτέλεσμα την αύξηση του πλημμυρικού όγκου και τη μείωση του χρόνου συρροής των νερών και **(γ)** την ένταση της ανθρώπινης δραστηριότητας σε περιοχές που αποτελούν πεδία πλημμυρών με κάποια πιθανότητα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τρία κύρια μεγέθη της πλημμύρας είναι:

- η παροχή αιχμής και η αντίστοιχη στάθμη στο υδατόρευμα
- ο πλημμυρικός όγκος
- η χρονική διάρκεια



Τα μεγέθη των πλημμυρών συνδέονται με τα χαρακτηριστικά:

- της βροχόπτωσης (συνολικό ύψος, ένταση, διάρκεια)
- της λεκάνης απορροής (έκταση, συντελεστής απορροής, χρόνος συρροής)
- των υδατορευμάτων (διατομή, κλίση, τραχύτητα, κατάντη στάθμες)

ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

Τα προστατευτικά μέτρα σχεδιάζονται για να παρέχουν προστασία σε ένα επίπεδο πλημμύρας. Το επίπεδο προστασίας που επιλέγεται εξαρτάται από το κόστος, την επιθυμία της κοινωνίας, τη εν δυνάμει ζημία, την επίδραση στο περιβάλλον και άλλους παράγοντες. Η προστασία από τις πλημμύρες δεν είναι ποτέ απόλυτη. Τα ερωτήματα που τίθενται είναι:

- πόσο ασφαλείς θέλουμε να είμαστε
- με τι κόστος και
- τι αποδοχή έχει η κοινωνία για την πιθανότητα που απομένει (εμφάνιση εξαιρετικά ακραίων γεγονότων).

Η αντιμετώπιση των πλημμυρών γίνεται με μια σειρά μέτρων που διακρίνονται ανάλογα με:

- την κατασκευή ή όχι τεχνικών έργων (κατασκευαστικά-μη κατασκευαστικά μέτρα)
- το αν προστατεύουν συγκεκριμένες κατασκευές ή μεγαλύτερες περιοχές
- το αν έχουν σκοπό: (α) να διαφοροποιήσουν την πλημμύρα, (β) να μειώσουν την ευπάθεια σε πλημμύρα και (γ) να μειώσουν την επίδραση της πλημμύρας.

ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Η ορθολογική μέθοδος εφαρμόζεται συχνά στις υδρολογικές μελέτες για την εκτίμηση της πλημμυρικής αιχμής. Χρησιμοποιείται σε μικρές σχετικά υδρολογικές λεκάνες και βασίζεται στην αρχή ότι σε βροχές που παρουσιάζουν ομοιόμορφη ένταση και κατανομή στη λεκάνη, η μέγιστη απορροή εμφανίζεται όταν στην έξοδο της λεκάνης καταφθάσει το νερό από όλα τα σημεία της.

Η ορθολογική μέθοδος εκφράζεται από την σχέση:

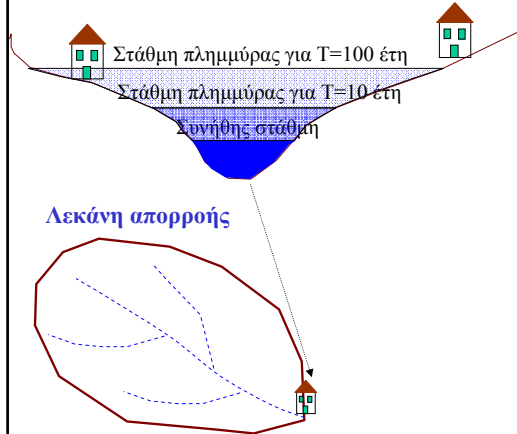
$$Q = 0.278 * C * i * A \quad \text{όπου:}$$

Q (m ³ /sec):	η αιχμή της απορροής
C :	ο συντελεστής απορροής
i (mm/hr):	η ένταση της βροχόπτωσης για το χρόνο συγκέντρωσης
A (km ²) :	η επιφάνεια της υδρολογικής λεκάνης

Για να φτάσει η πλημμυρική παροχή την μέγιστη αιχμή, πρέπει ο χρόνος βροχόπτωσης πρέπει να είναι ίσος με τον χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης ώστε όλα τα σημεία της λεκάνης να συνεισφέρουν στην απορροή ταυτόχρονα.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΑΙΧΜΗΣ

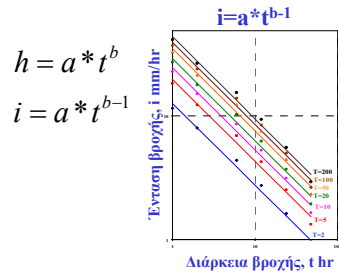
1. Επιλογή περιόδου επαναφοράς



3. Εκτίμηση χαρακτηριστικών λεκάνης

Έκταση : $A \text{ km}^2$
 Συντελεστής απορροής: c
 Χρόνος συγκέντρωσης: $t \text{ (hr)}$

2. Κατασκευή ομβρίων καμπυλών



4. Εκτίμηση έντασης βροχής για το χρόνο συρροής:

$$i_c \text{ (mm/hr)} = a * t^{b-1}$$

5. Εκτίμηση παροχής αιχμής

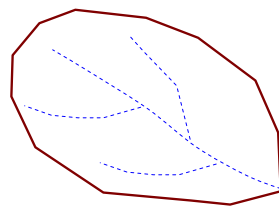
$$Q \text{ (m}^3/\text{s)} = 0.278 * c * i_c * A$$

Φυσικό πλαίσιο

Παράγοντες που επιδρούν στα χαρακτηριστικά των πλημμυρών

Έκταση λεκάνης απορροής: $A \text{ km}^2$

Συντελεστής απορροής: c



Στάθμη ποταμού $H \text{ (m)} = f(Q)$

$$Q \text{ (m}^3/\text{s)} = E * v = E * k * (E/\Pi)^{2/3} * J^{1/2}$$

Συνολικό ύψος βροχής: $h \text{ (mm)}$

Ένταση βροχής για χρόνο συρροής:

$i_c \text{ (mm/hr)}$

Όγκος απορροής $V \text{ (hm}^3\text{)}: h * A / 1000$

Παροχή αιχμής $Q \text{ (m}^3/\text{s)} = 0.278 * c * i_c * A$

v : μέση ταχύτητα νερού

k : συντελεστής τραχύτητας

E : εμβαδόν βρεχόμενης διατομής

Π : μήκος βρεχόμενης περιμέτρου

J : κλίση κατά μήκος του ποταμού

Περίοδοι επαναφοράς (έτη) για αντιπλημμυρικά έργα

ΑΓΩΓΟΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΩΝ

Μικρής κυκλοφορίας (5-10)
Μεσαίας κυκλοφορίας (10-25)
Μεγάλης κυκλοφορίας (50-100)

ΓΕΦΥΡΕΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΩΝ

Δευτερεύον (10-50)
Πρωτεύον δίκτυο (50-100)

ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ (5-50)

ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΠΟΛΕΩΝ

Μικρές πόλεις (2-25)
Μεγάλες πόλεις (25-50)

ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ

Μικρής (5-10)
Μεσαίας (10-25)
Μεγάλης κυκλοφορίας (50-100)

ΑΝΑΧΩΜΑΤΑ

Σε αγροτικές εκτάσεις (2-50)
Σε πόλεις (50-200)

Περίοδοι επαναφοράς (έτη) για φράγματα

	Μικρά	Μεσαία	Μεγάλα
ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ (χωρίς πιθανότητα απώλειας ζωής)	50-100	>100	50-100%*
ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΜΕΣΑΙΑΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ (πιθανή απώλεια ζωής)	>100	50-100%*	100%*
ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΥΨΗΛΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ (υψηλή πιθανότητα απώλειας ζωών)	50- 100%*	100%*	100%*

* Στην περίπτωση αυτή η πλημμύρα σχεδιασμού εκτιμάται ως ποσοστό της τιμής η οποία προκύπτει από μεθόδους που βασίζονται στον υπολογισμό της πιθανής μέγιστης κατακρήμνισης ή της μέγιστης πιθανής πλημμύρας

Διακινδύνευση

Η πιθανότητα R να πραγματοποιηθεί μέσα σε n έτη τιμή που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς T

Πιθανότητα μη υπέρβασης σε ένα έτος:

$$F=1-F_1=(1-1/T)$$

Πιθανότητα μη υπέρβασης σε n έτη:

$$(1-1/T)^n$$

Πιθανότητα υπέρβασης σε n έτη
(Διακινδύνευση):

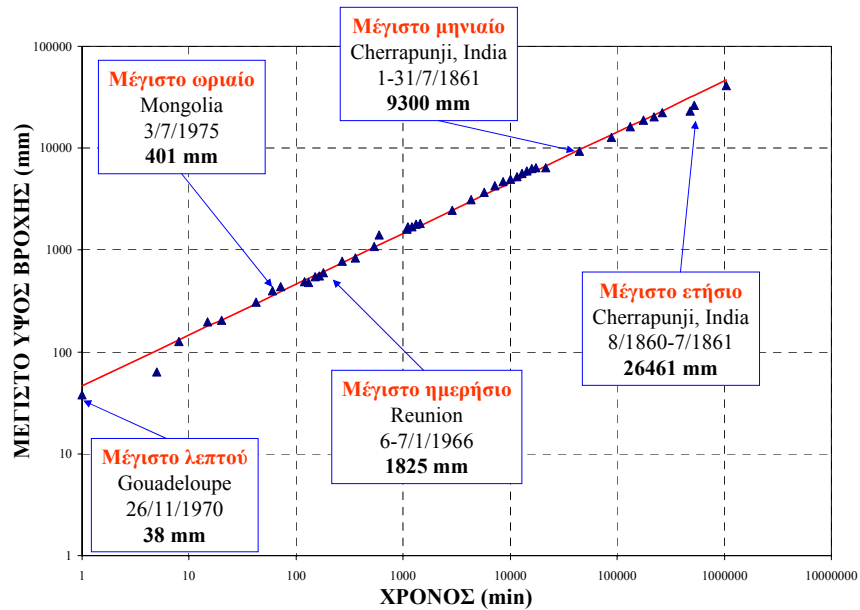
$$R=1-(1-1/T)^n$$

Παραδείγματα

$T=10$ έτη	$n=10$ έτη	$R=1-(1-1/10)^{10}=0.65=65\%$
$T=1000$ έτη	$n=100$ έτη	$R=1-(1-1/1000)^{100}=0.095=9.5\%$
$T=5000$ έτη	$n=100$ έτη	$R=1-(1-1/5000)^{100}=0.02=2\%$

ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ

Μέγιστα παρατηρημένα ύψη βροχής



ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ

Μέγιστα παρατηρημένα ύψη βροχής

ΛΕΙΠΑ	ΩΡΕΣ	mm	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
1	0	38	Barot, Guadeloupe	26 Nov 1970
5	0	64	Haynes Camp, CA USA	2 Feb 1976
8	0	126	Fussen, Bavaria	25 May 1920
15	0	198	Plumb Point, Jamaica	12 May 1916
20	0	206	Curtea-de-Arges, Romania	7 Jul 1889
42	1	305	Holt, USA	22 Jun 1947
60	1	401	Shangdi, Nei Monggol, China	3 Jul 1975
72	1	440	Gapj, Gansu, China	12 Aug 1985
120	2	489	Yujiawanzi, Inner Mongolia, China	19 Jul 1975
130	2	483	Rockport, USA	18 Jul 1889
150	3	550	Bainaobao, Hebei, China	25 Jun 1932
165	3	559	D'Hanis, USA	31 May 1935
180	3	600	Duan Jiazhuang, Hebei, China	28 Jun 1973
270	5	782	Smethport, USA	18 Jul 1942
360	6	840	Muduocaidang, China	1 Aug 1977
540	9	1087	Belouve, La Réunion	28 Feb 1964
600	10	1400	Muduocaidang, China	1 Aug 1977
1080	18	1589	Foc Foc, La Réunion	7-8 Jan 1966
1110	19	1689	Belouve, La Réunion	28-89 Feb 1964
1200	20	1697	Foc Foc, La Réunion	7-8 Jan 1966
1320	22	1780	Foc Foc, La Réunion	7-8 Jan 1966
1440	24	1825	Foc Foc, La Réunion	7-8 Jan 1966

ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ

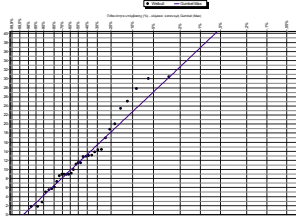
Μέγιστα παρατηρημένα ύψη βροχής

ΛΕΙΠΑ	ΩΡΕΣ	mm	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
2880	48	2467	Aurere, La Réunion	7-9 Apr 1958
4320	72	3130	Aurere, La Réunion	6-9 Apr 1958
5760	96	3721	Cherrapunji, India	12-15 Sep 1974
7200	120	4301	Commerson, La Réunion	23-27 Jan 1980
8640	144	4653	Commerson, La Réunion	22-27 Jan 1980
10080	168	5003	Commerson, La Réunion	21-27 Jan 1980
11520	192	5286	Commerson, La Réunion	20-27 Jan 1980
12960	216	5692	Commerson, La Réunion	19-27 Jan 1980
14400	240	6028	Commerson, La Réunion	18-27 Jan 1980
15840	264	6299	Commerson, La Réunion	17-27 Jan 1980
17280	288	6401	Commerson, La Réunion	16-27 Jan 1980
21600	360	6433	Commerson, La Réunion	14-28 Jan 1980
44640	744	9300	Cherrapunji, India	1-31 Jul 1861
87840	1464	12767	Cherrapunji, India	Jun-Jul 1861
131760	2196	16369	Cherrapunji, India	May-Jul 1861
175680	2928	18738	Cherrapunji, India	Apr-Jul 1861
219600	3660	20412	Cherrapunji, India	Apr-Aug 1861
263520	4392	22454	Cherrapunji, India	Apr-Sep 1861
483120	8052	22990	Cherrapunji, India	Jan-Nov 1861
525600	8760	26461	Cherrapunji, India	Aug 1860 - Jul 1861
1051200	17520	40768	Cherrapunji, India	1860 - 1861

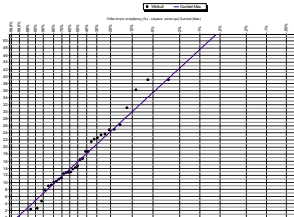
ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

Προσαρμογή κατανομών σε μέγιστες βροχοπτώσεις

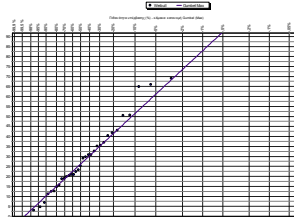
Μέγιστα 1 h



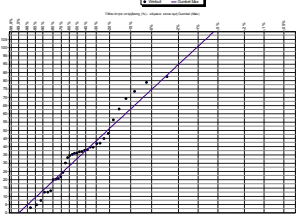
Μέγιστα 2 h



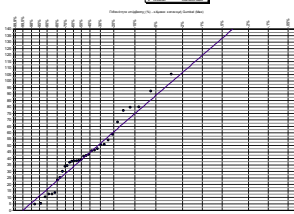
Μέγιστα 6 h



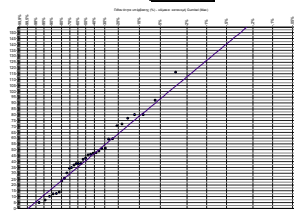
Μέγιστα 12 h



Μέγιστα 24 h



Μέγιστα 48 h



ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

Κατάρτιση πινάκων υψών βροχής, διάρκειών βροχής περιόδων επαναφοράς

h (mm)	20	30	40	60	80	30	40	50	70	90		80	100	120	140	170
t (hr)	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2		24	24	24	24	24
T (έτη)	2	5	10	50	100	2	5	10	50	100		2	5	50	10	100

Εκτίμηση παραμέτρων όμβριων καμπυλών

Μεμονωμένες καμπύλες για συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς

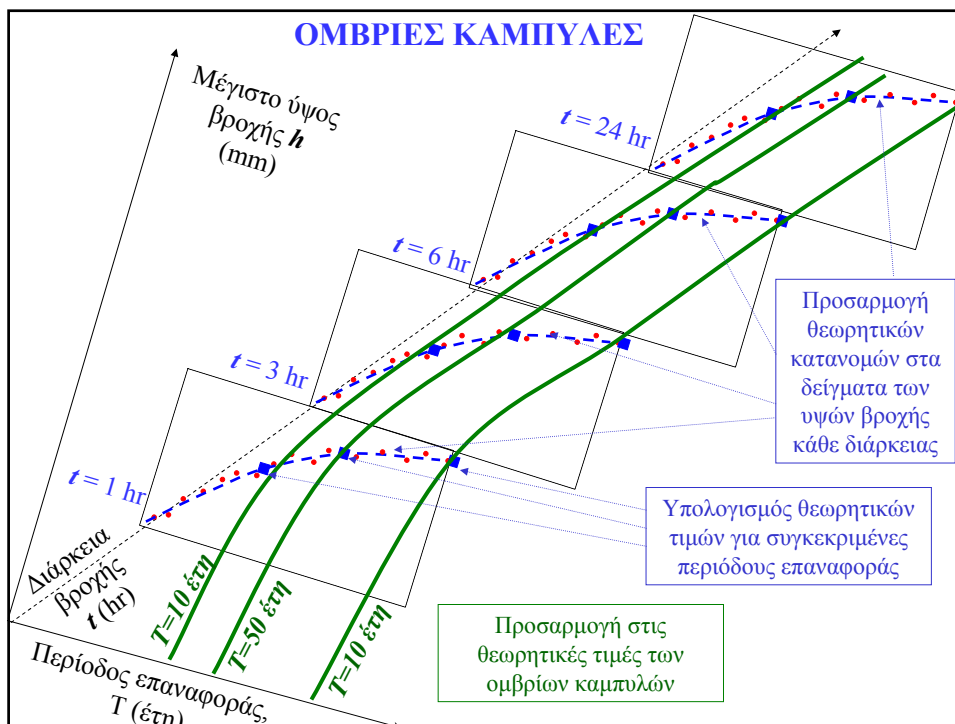
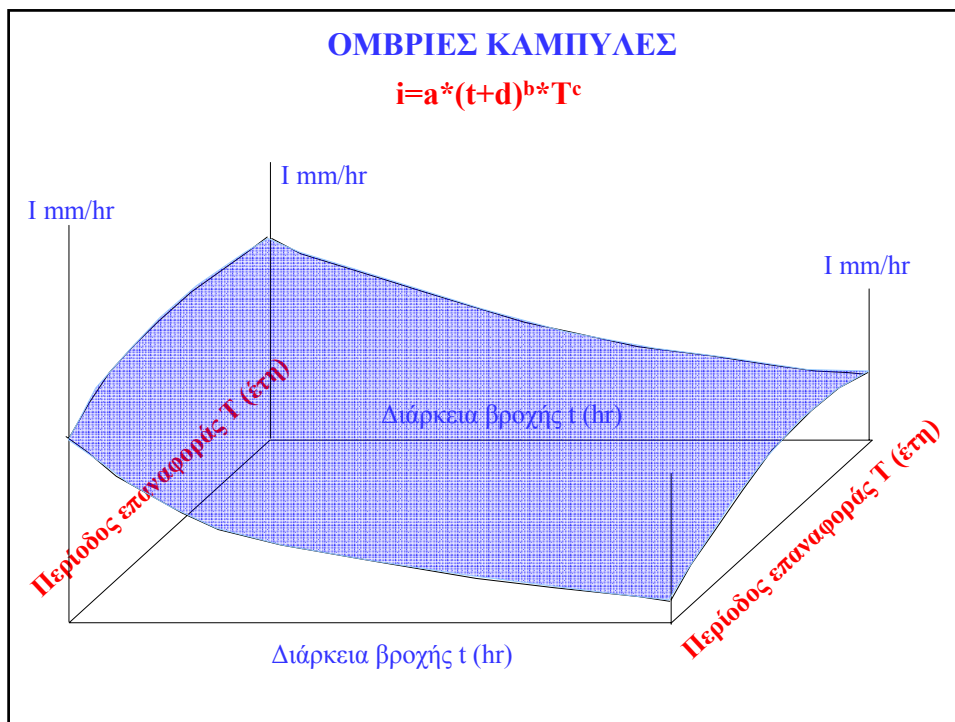
$$h = a * t^b \Rightarrow \ln h = \ln a + b * \ln t$$

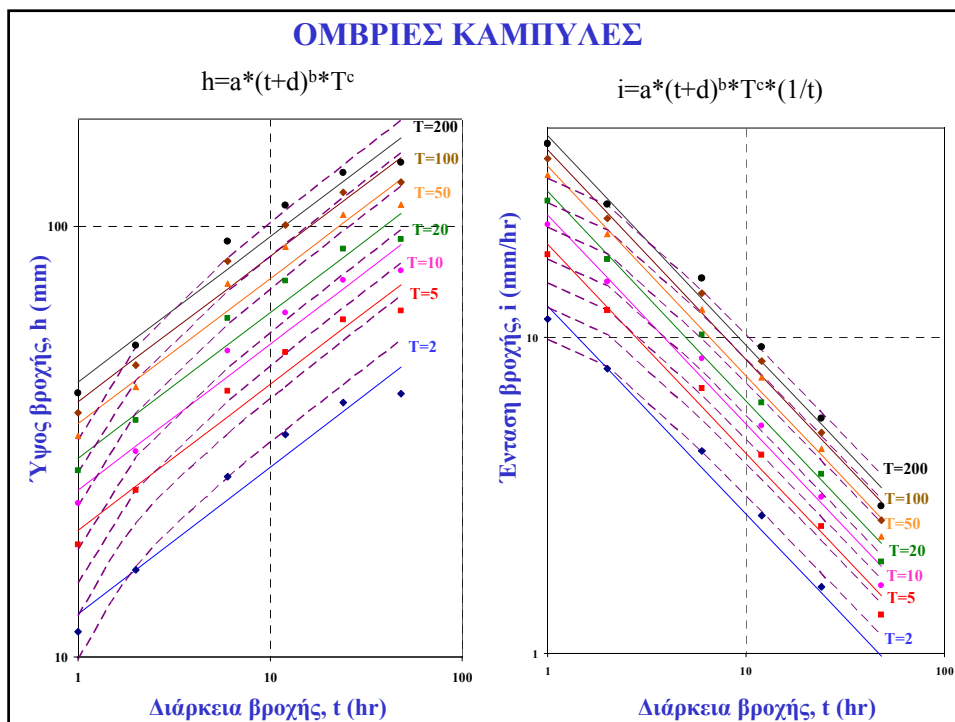
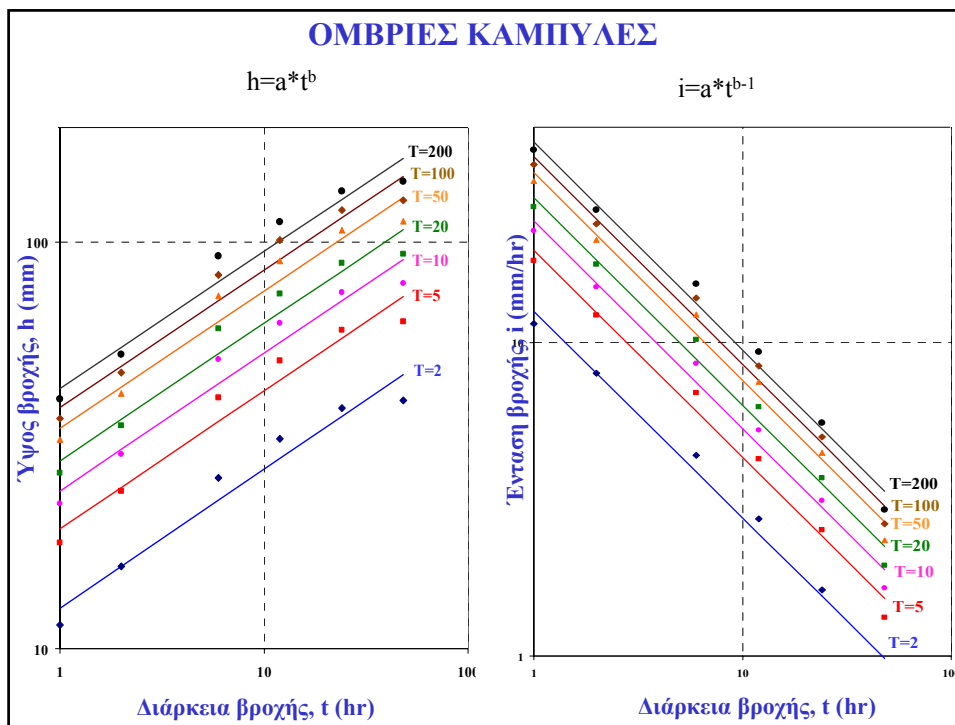
$$i = a * t^{b-1} \Rightarrow \ln i = \ln a + (b-1) * \ln t$$

Ενιαίες καμπύλες για κάθε περίοδο επαναφοράς

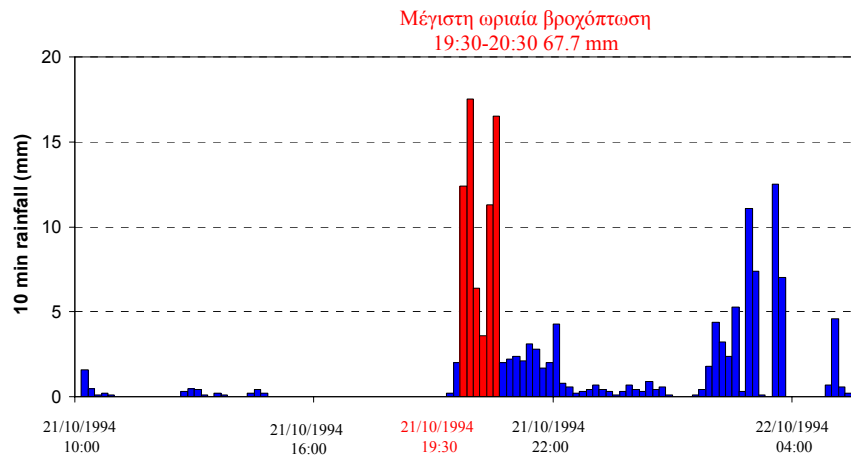
$$h = a * (t+d)^b * T^c \Rightarrow \ln h = \ln a + c * \ln T + b * \ln(t+d)$$

$$i = a * (t+d)^{-b_1} * T^c \Rightarrow \ln i = \ln a + c * \ln T - b_1 * \ln(t+d)$$



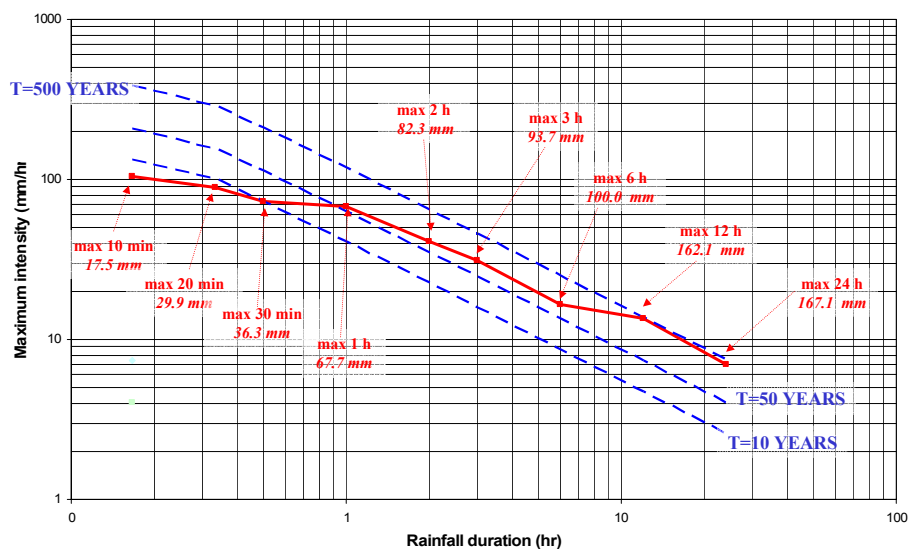


Χρονική εξέλιξη δεκάλεπτης βροχόπτωσης στις 21-22/10/1994 στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου



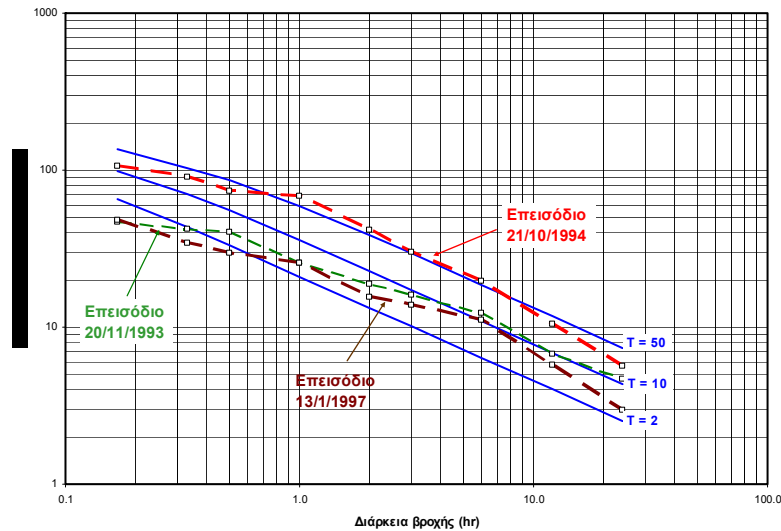
Μέγιστη δεκάλεπτη βροχόπτωση: 17.5 mm
Μέγιστη εικοσάλεπτη βροχόπτωση: 29.9 mm
Μέγιστη δίωρη βροχόπτωση: 82.3 mm

Ανάλυση συχνότητας Επεισόδιο της 21-22/10/1994 στο Σταθμό Ζωγράφου



Πιθανοτικό πλαίσιο

Ανάλυση συχνότητας των καταιγίδων 11/1993, 10/1994 και 1/1997
στο σταθμό Ελληνικό



Εμπειρικές σχέσεις χρόνου συγκέντρωσης

Giandotti

$$t_c = (4 \cdot A^{1/2} + 1.5 \cdot L) / (0.8 \cdot \Delta H^{0.5})$$

- t_c (hr) χρόνος συγκέντρωσης
 A (km²) έκταση της λεκάνης
 L (km) το μήκος του κυρίου υδατορεύματος
 ΔH (m) η διαφορά του μέσου υψομέτρου λεκάνης από το υψόμετρο στην έξοδο

Kirpich

$$t_c = 0.1947 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$

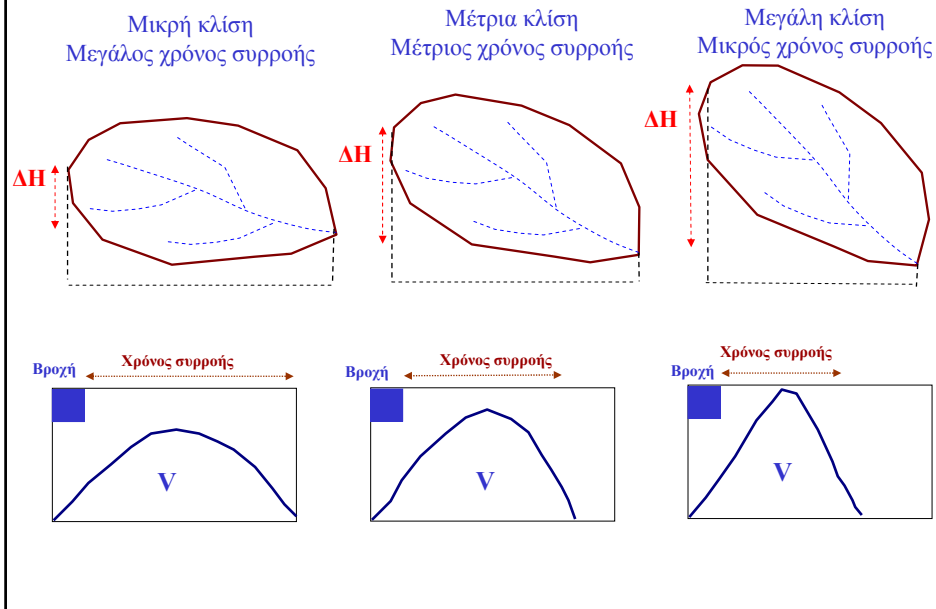
- t_c (min) χρόνος συγκέντρωσης
 L (m) το μέγιστο μήκος διαδρομής του νερού στη λεκάνη
 S η κλίση ανάμεσα στο υψηλότερο σημείο της λεκάνης και την έξοδο

Soil Conservation Service (SCS)

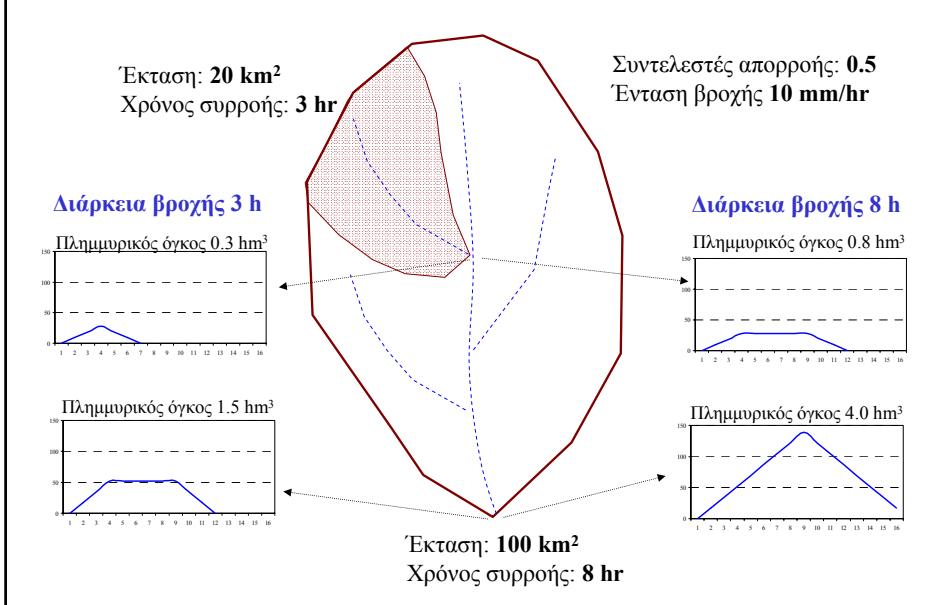
$$t_c = L^{1.15} / (7700 \cdot H^{0.38})$$

- t_c (hr) χρόνος συγκέντρωσης
 L (ft) το μήκος του κυρίου υδατορεύματος
 H (ft) η υψομετρική διαφορά μεταξύ του πλέον απομακρυσμένου σημείου της λεκάνης και της εξόδου

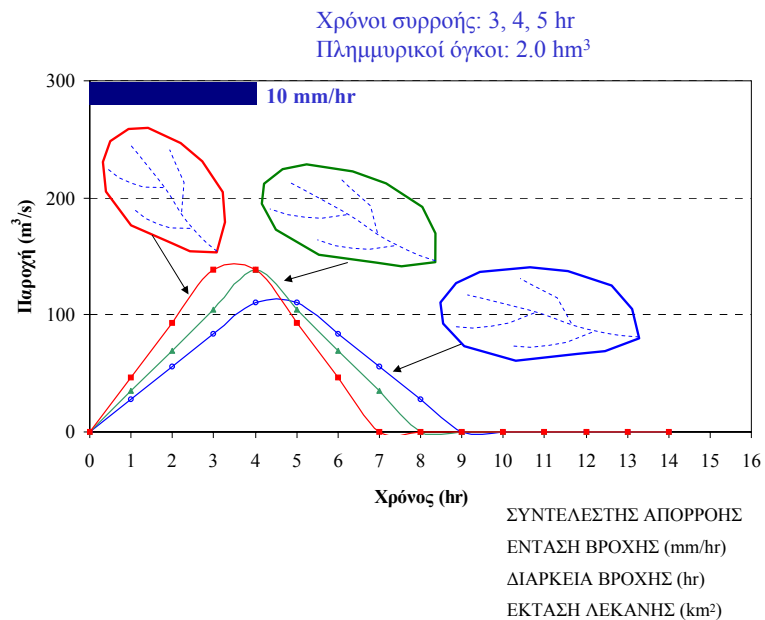
Επίδραση του χρόνου συρροής στα χαρακτηριστικά πλημμύρας



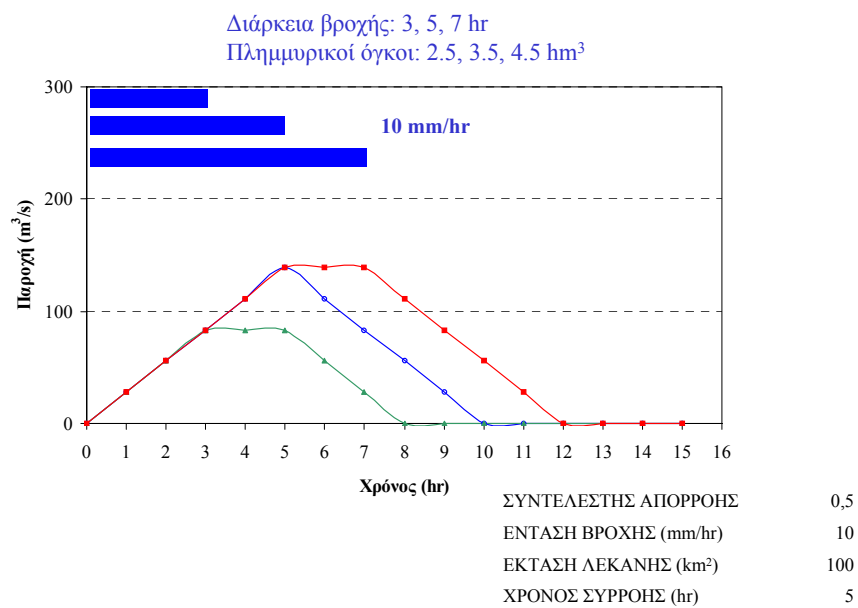
Επίδραση του χρόνου συρροής στα χαρακτηριστικά πλημμύρας



Επίδραση του χρόνου συρροής στα χαρακτηριστικά πλημμύρας



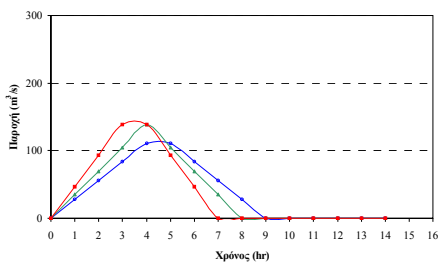
Επίδραση της διάρκειας βροχής στα χαρακτηριστικά πλημμύρας



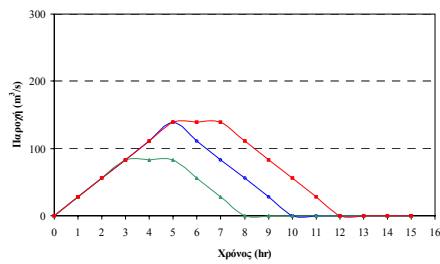
Επίδρασή του χρόνου συρροής και της διάρκειας βροχής στα χαρακτηριστικά πλημμύρας

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	0,5	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	0,5
ΕΝΤΑΣΗ ΒΡΟΧΗΣ (mm/hr)	10	ΕΝΤΑΣΗ ΒΡΟΧΗΣ (mm/hr)	10
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΒΡΟΧΗΣ (hr)	4	ΕΚΤΑΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ (km ²)	100
ΕΚΤΑΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ (km ²)	100	ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΡΡΟΗΣ (hr)	5

Χρόνοι συρροής: 3, 4, 5 hr
Πλημμυρικοί όγκοι: 2.0 hm³



Διάρκεια βροχής: 3, 5, 7 hr
Πλημμυρικοί όγκοι: 2.5, 3.5, 4.5 hm³



ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΒΡΟΧΗΣ ΣΤΙΣ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

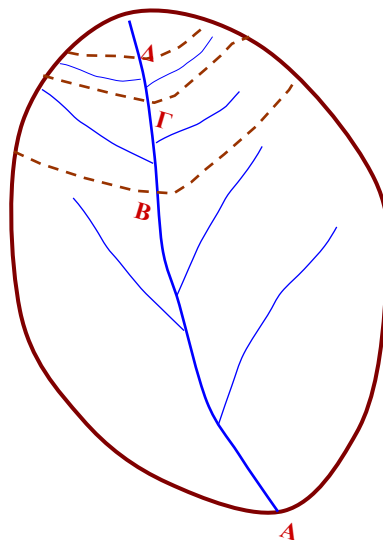
Στη λεκάνη ανάντη του Α και στις υπολεκάνες (Β, Γ και Δ) εφαρμόζονται **5** διαφορετικά υετογράμματα **10λεπτης** βροχόπτωσης συνολικής διάρκειας **4 hr** και συνολικού ύψους **48 mm**.

- Η βροχόπτωση κατανέμεται ομοιόμορφα στο χώρο
- Οι λεκάνες είναι χωρισμένες σε ίσες ζώνες απορροής κάθε μία από τις οποίες εκφορτίζεται σε 10 min
- Ο συντελεστής απορροής των λεκανών είναι 1
- Στη περιοχή ισχύουν όμβριες καμπύλες της μορφής $i = 26 \cdot T^{0.11} / d^{0.64}$

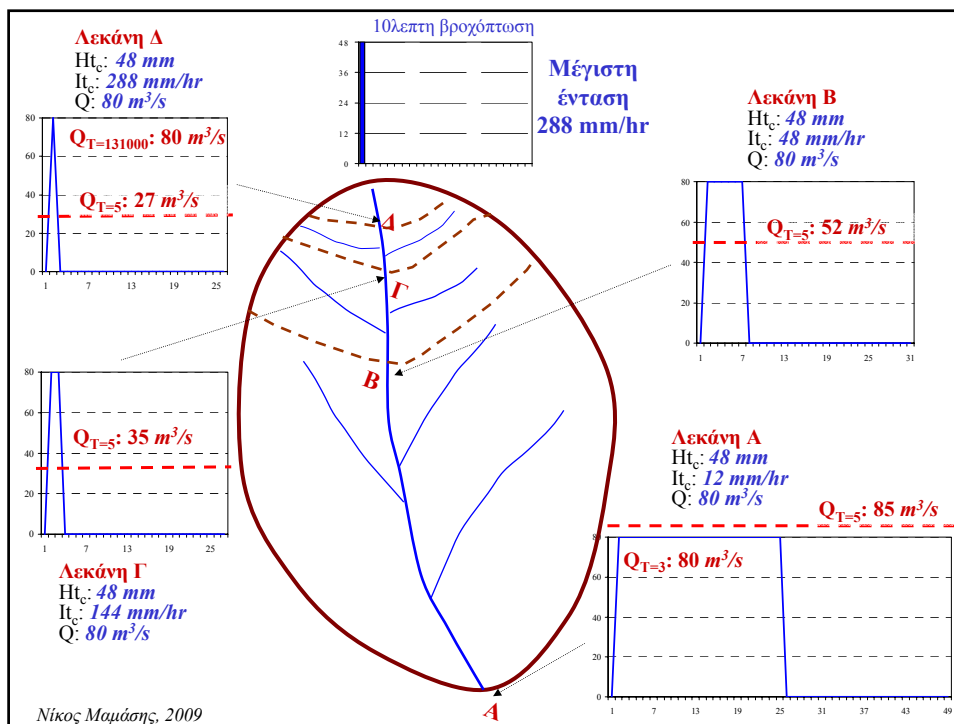
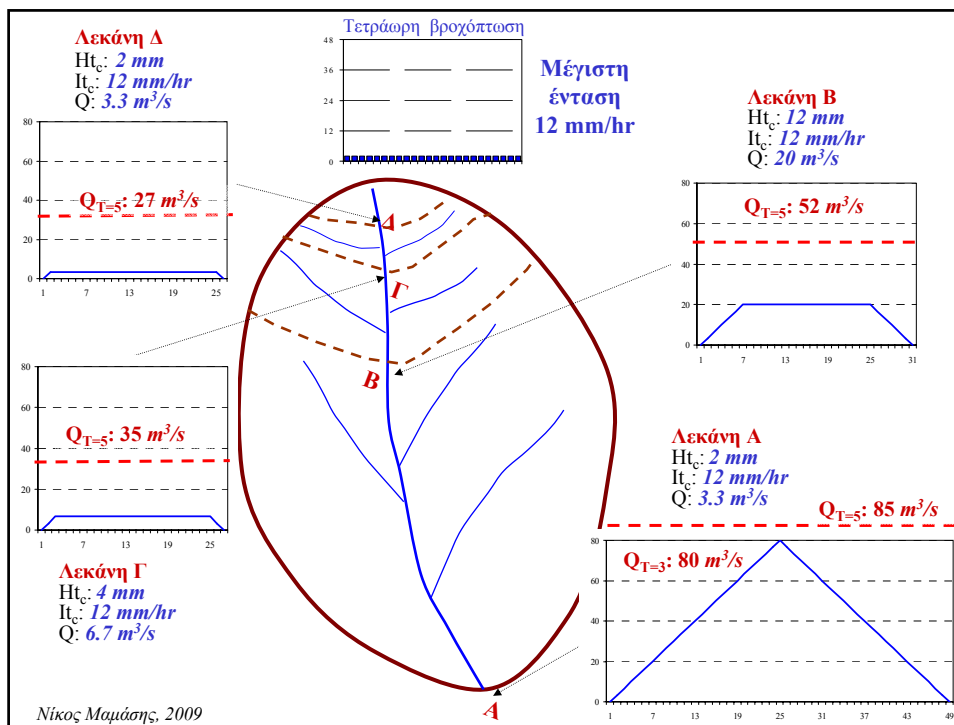
Λεκάνη	Έκταση (km ²)	Χρόνος συρροής (hr)	Όγκος απορροής για 48 mm (m ³ ·10 ³)
A	24	4	1152
B	6	1	288
Γ	2	0.33 (20 min)	96
Δ	1	0.17 (10 min)	48

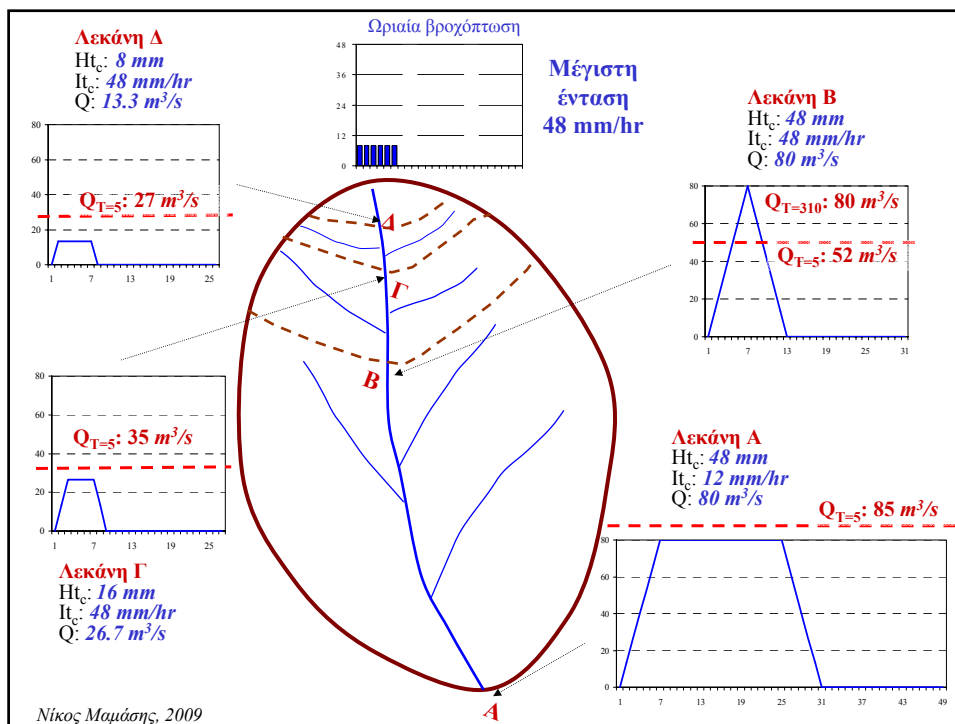
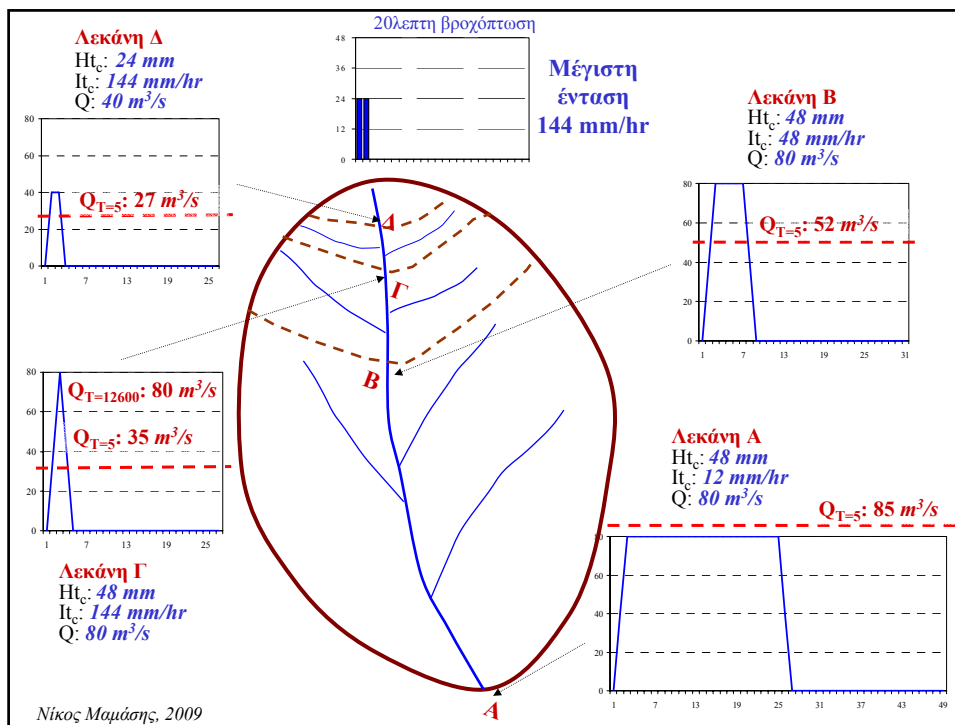
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

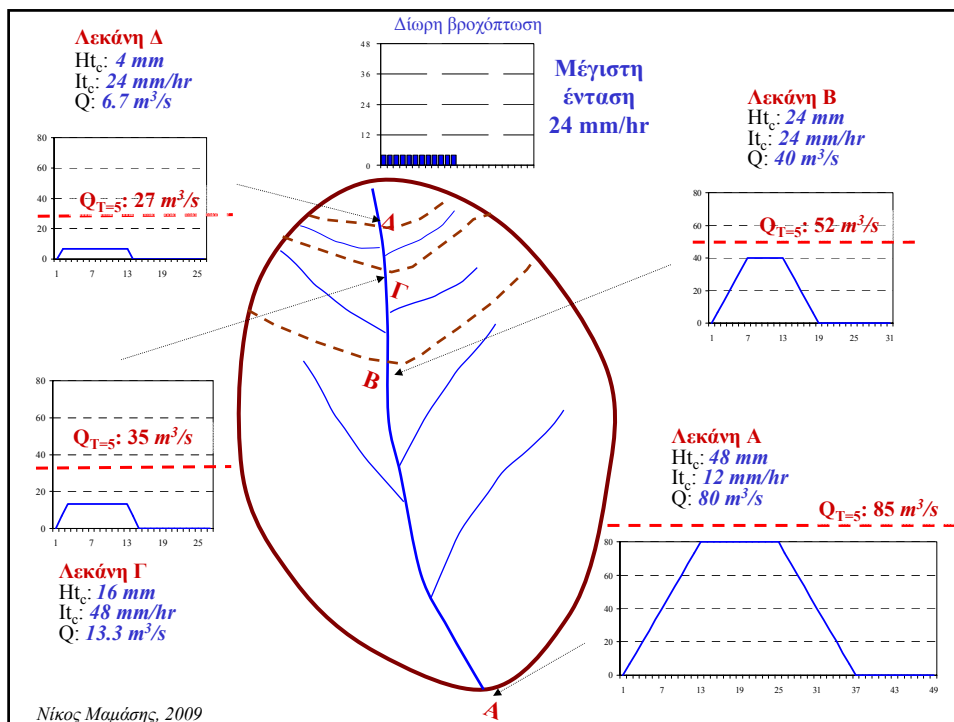
I Ένταση βροχής (mm/hr)
 T Περίοδος επαναφοράς (έτη)
 Ht_c Ύψος βροχής σε t_c (mm)
 It_c Ένταση βροχής σε t_c (mm/hr)
 Q Παροχή αιχμής (m³/s)
 $Q_{T=n}$ Παροχή αιχμής για $T=n$ (m³/s)



Νίκος Μαμάσης, 2009







Εκτίμηση του συντελεστή απορροής

Ο συντελεστής απορροής εκτιμάται (σύμφωνα με την ΟΜΟΕ-ΑΣΥΕΟ, 2002) από το άθροισμα των επιμέρους συντελεστών C1, C2, C3, C4 οι οποίοι εξαρτώνται αντίστοιχα από:

1. το ανάγλυφο της επιφάνειας της λεκάνης
2. τη διηθητικότητα του εδάφους
3. την έκταση και την πυκνότητα της φυτοκάλυψης
4. την κλίση των πρανών και την αποθηκευτική ικανότητα σε χαμηλά σημεία της επιφάνειας της λεκάνης απορροής

Οι τιμές των επιμέρους συντελεστών παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα (Πηγή: ΟΜΟΕ-ΑΣΥΕΟ, 2002). Δεδομένου ότι οι τιμές του πίνακα ισχύουν για περιόδους επαναφοράς 5-10 έτη ο τελικός συντελεστής απορροής θα πρέπει να προσαυξάνεται κατά 10% για T=25 έτη, κατά 20% για T=50 έτη και κατά 25% για T=100 έτη παραμένοντας πάντως μικρότερος της μονάδας

Δεδομένου ο συντελεστής απορροής εξαρτάται (εκτός από τους προηγούμενους παράγοντες) από την εδαφική υγρασία κατά την έναρξη της βροχής και την ένταση της βροχόπτωσης συμπεραίνεται ότι δεν παραμένει σταθερός για την ίδια λεκάνη

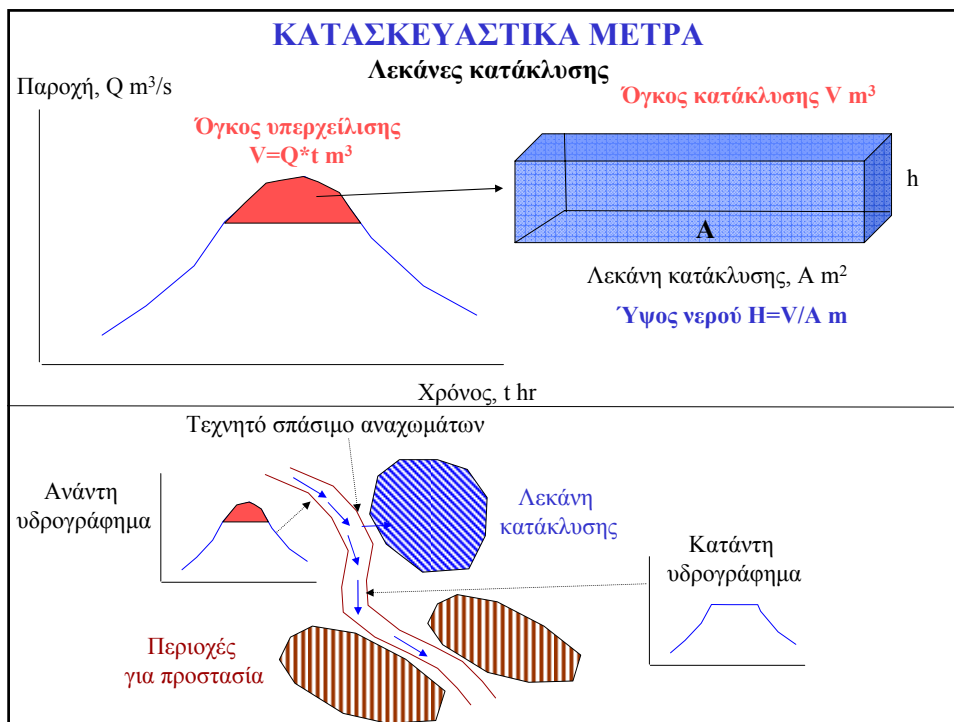
Εκτίμηση του συντελεστή απορροής				
C	Τιμές			
	Ακραίες	Υψηλές	Συνήθεις	Χαμηλές
1	0,28 – 0,35 επικλινές, ανώμαλες επιφάνειες με μέσες κλίσεις >30%	0,14 – 0,20 λοφώδες με μέσες κλίσεις 10 – 30 %	0,14 – 0,20 κυματώδες με μέσες κλίσεις 5 – 10 %	0,08 – 0,14 σχετικά επίπεδο με μέσες κλίσεις 0 – 5 %
2	0,12 – 0,16 με επηρεαζόμενο κάλυμμα εδάφους, είτε βραχώδες είτε μανδύας λεπτόκοκκου εδάφους αμελητέας διηθητικότητας	0,08 – 0,12 βραδείας διηθητικότητας, άργιλοι ή αβαθή παχιά εδάφη χαμηλής διηθητικότητας, ατελώς ή πολύ μικρής αποστραγγιστικότητας	0,06 – 0,08 κανονικής διηθητικότητας καλά αποστραγγιζόμενο μικρής ή μεσσίας μακροϋφής εδάφη, αμμώδη παχιά εδάφη, ίλυες και ιλυώδη εδάφη	0,04 – 0,06 υψηλής διηθητικότητας βαθιά άμμος ή άλλο έδαφος που απορροφά το νερό, πολύ ελαφριά καλά αποστραγγιζόμενα εδάφη
3	0,12 – 0,16 βλάστηση που δεν επηρεάζει, γυμνό ή πολύ αραιά κάλυψη	0,08 – 0,12 πτωχή έως μέτρια, καθαρές καλλιέργειες ή πτωχής φυσικής κάλυψης, λιγότερο από 20% της αποχετευόμενης επιφάνειας με καλή κάλυψη	0,06 – 0,08 μέτρια ως καλή περίπου 50% της επιφάνειας είναι καλή φυτική γη ή δασώδες, λιγότερο από 50% της επιφάνειας είναι καλλιέργειες	0,04 – 0,06 καλή έως άριστη περίπου 90% της αποχετευόμενης επιφάνειας είναι καλή φυτική γη, δασώδες ή ισοδύναμης κάλυψης
4	0,10 – 0,12 αμελητέες ταπεινώσεις εδάφους και αβαθείς, μικροί διάδρομοι αποστράγγισης, καθόλου τέλματα	0,08 – 0,10 χαμηλή, καλά οριζόμενο σύστημα διαδρόμων αποστράγγισης, όχι λιμνάζοντα νερά ή τέλματα	0,06 – 0,08 κανονική, σημαντικές επιφανειακές ταπεινώσεις, λιμνάζοντα νερά και τέλματα	0,04 – 0,06 υψηλή, αποθηκευτικότητα, σύστημα αποστράγγισης όχι καλά οριζόμενο, μεγάλος αριθμός πλημμυριζόμενων επιφανειών ή τελμάτων

ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

Κατασκευαστικά

- αντιπλημμυρικοί ταμιευτήρες στα ανάντη της λεκάνης
- αναχώματα και προστατευτικοί τοίχοι
- λεκάνες κατάκλυσης δίπλα στο ποτάμι και στις χαμηλές περιοχές
- δίκτυα ομβρίων
- εκτροπές ποταμών
- παράκτια προστασία
- αύξηση της παροχετευτικότητας των ποταμών με καθαρισμό, εκβάθυνση και διάνοιξη των διατομών
- εισαγωγή πρόσθετων διαδρομών παράλληλα με το ποτάμι
- υπερχειλιστές σε ταμιευτήρες

Τα κατασκευαστικά μέτρα έχουν ως κύριους στόχους την αποθήκευση του νερού και την αύξηση της ικανότητας μεταφοράς του. Δεδομένου ότι οι κατασκευές είναι τρωτές στις πλημμύρες (αφού έχουν σχεδιαστεί για κάποια πιθανότητα) θα πρέπει να συνοδεύονται και από άλλα μη κατασκευαστικά μέτρα.



ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

Μη κατασκευαστικά μέτρα

- διατήρηση και επέκταση των δασών στις ορεινές περιοχές της λεκάνης
- διατήρηση των υγροτόπων και των πλημμυρικών πεδίων από ανθρώπινες επεμβάσεις και χρήσεις ώστε οι φυσικές ζώνες πλημμυρών να καθυστερούν τη ροή
- προσαρμογή των χρήσεων των πλημμυρικών πεδίων στη πιθανότητα καταστροφής και χωροθέτηση των σημαντικών εγκαταστάσεων σε ακίνδυνες περιοχές
- διατήρηση των μαιάνδρων των ποταμών και των φυσικών συνδέσεων τους με τις πλημμυρικές περιοχές
- έλεγχος και συντήρηση των αποχετευτικών συστημάτων στις αστικές περιοχές
- χρήση ιστορικών πληροφοριών, ανάπτυξη συστημάτων πρόγνωσης καταιγίδων και μοντέλων βροχής-απορροής
- συστήματα ειδοποίησης του κοινού
- μηχανισμός διαρκούς ενημέρωσης του κοινού και αναίρεση της εσφαλμένης αντίληψης για απόλυτη προστασία
- οργάνωση φορέων για πρόληψη και αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών

Ατομικά μέτρα για την μείωση του κινδύνου των κατοικιών

- ανύψωση κατασκευής
- στεγανοποίηση κατασκευών
- κατασκευή τοίχου ή αναχώματος γύρω από την κατοικία
- διευκόλυνση μελλοντικών εκκενώσεων
- ασφάλεια για πλημμύρα

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Τχνη πλημμύρας

Τχνη πλημμύρας στο
Porz Restaurant της
Κολωνίας



Πηγή: Early Warning Systems in the Framework of the Cologne Flood Protection Scheme, Stadtentwässerungs-betriebe Köln, AoR

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Ελλάδα

Απώλειες σε ανθρώπινες ζωές τα τελευταία 120 χρόνια

Ημερομηνία	Περιοχή	Νεκροί	Ημερομηνία	Περιοχή	Νεκροί
10/1887	Αθήνα	1	11/1979	Θεσσαλονίκη	4
11/1896	Αθήνα	21	11/1979	Πελοπόννησος	1
11/1896	Πειραιάς	40	10/1980	Αθήνα	1
11/1924	Καλαμάτα	15	11/1985	Λάρισα	2
11/1925	Αθήνα	8	10/1989	Αθήνα	7
10/1930	Αθήνα	2	8/1990	Εύβοια	5
10/1933	Αθήνα	1	10/1990	Πελοπόννησος	1
10/1933	Πειραιάς	2	1/1991	Αθήνα	1
11/1934	Πειραιάς	6	11/1992	Καβάλα	4
11/1936	Πειραιάς	2	10/1994	Ρόδος	4
10/1938	Αθήνα	1	10/1994	Αθήνα	9
11/1961	Αθήνα	40	12/2001	Πάτρα	2
11/1977	Αθήνα	21	2/2003	Πρέβεζα	2
11/1977	Πειραιάς	17			
		Σύνολο: 220			Σύνολο Αθήνας-Πειραιά: 180

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Ελλάδα

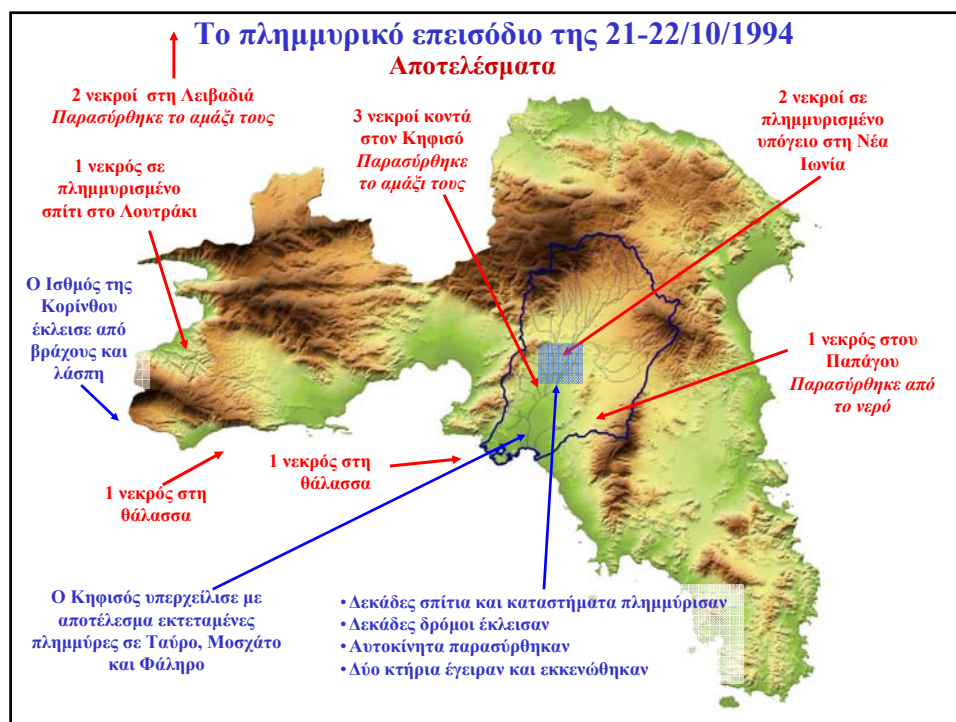
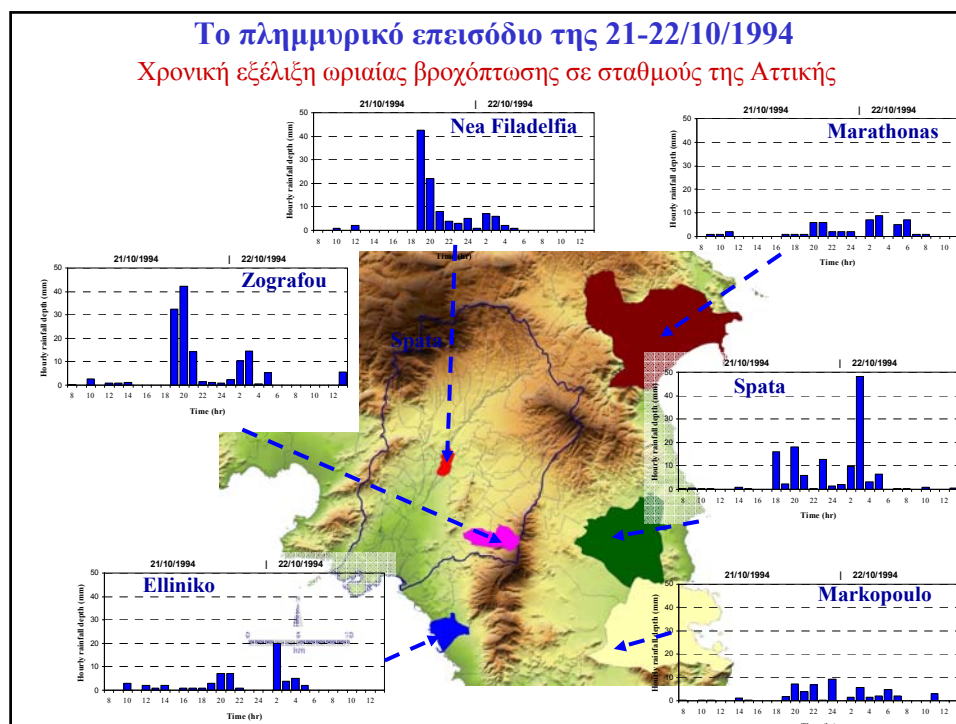
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
5/11/1961	Εκτεταμένες πλημμύρες με αποτέλεσμα 47 νεκρούς κυρίως στο Μπουρνάζι Νέα Φιλαδέλφεια: 114 mm σε 8 ώρες
2/11/1977	Εκτεταμένες πλημμύρες με αποτέλεσμα 29 νεκρούς Νέα Φιλαδέλφεια 61 mm σε 12 ώρες
21/10/1994	Εκτεταμένες πλημμύρες με αποτέλεσμα 9 νεκρούς Νέα Φιλαδέλφεια: 111 mm σε 24 ώρες
25-26/3/1998	Εκτεταμένες πλημμύρες στην Αττική Ελευσίνα: 128 mm σε 12 ώρες
8/7/2002	Αστεροσκοπείο: 91 mm σε 3 ώρες
7-8/8/2002	Αστεροσκοπείο: 53 mm σε 2 ώρες
3/9/2002	Λιόσια: 87 mm σε 3 ώρες, Νέα Φιλαδέλφεια: 62 mm σε 3 ώρες.
7/11/2002	Αστεροσκοπείο: 77 mm σε 6 ώρες Πειραιάς: 61 mm σε 6 ώρες.

Το πλημμυρικό επεισόδιο της 21-22/10/1994

Συνολικό ύψος βροχής (mm) από 21/10/1994 06 UTC to 22/10/1994 06 UTC
που καταγράφηκε σε βροχομετρικούς σταθμούς



Πηγή: K. Lagouvardos, V. Kotroni, S. Dobricic, S. Nickovic, and G. Kallos. *The storm of October 21-22, 1994, over Greece: Observations and model results*, Journal of Geophysical Research, Vol 101, No D21, p. 26217-26226, 1996



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Οι πλημμύρες είναι φυσικά φαινόμενα που συμβαίνουν από την πραγματοποίηση ακραίων μετεωρολογικών φαινομένων, εντείνονται από την αλλοίωση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών των λεκανών απορροής, ενώ η επίδρασή τους αυξάνεται όσο εντείνεται η ανθρώπινη δραστηριότητα σε πλημμυρικά πεδία.
- Στη χώρα μας οι πλημμύρες των τελευταίων 40 ετών έχουν προκαλέσει πολύ περισσότερα θύματα σε ανθρώπινες ζωές από ότι οι σεισμοί στο ίδιο χρονικό διάστημα, ενώ το ίδιο συμβάνει σε πολλές περιοχές της γης.
- Τα προστατευτικά μέτρα σχεδιάζονται για να παρέχουν προστασία από πλημμύρα κάποιας πιθανότητας. Το επίπεδο προστασίας που επιλέγεται, εξαρτάται από την επιθυμία της κοινωνίας για ασφάλεια σε συνδυασμό με το κόστος των αντιπλημμυρικών έργων και των πιθανών ζημιών.
- Τα κατασκευαστικά μέτρα έχουν ως κύριους στόχους την αποθήκευση του νερού και την αύξηση της ικανότητας μεταφοράς του. Δεδομένου, όμως ότι οι κατασκευές είναι τρωτές στις πλημμύρες, αφού έχουν σχεδιαστεί για κάποια πιθανότητα, θα πρέπει να συνοδεύονται και από άλλα μη κατασκευαστικά μέτρα.
- Η πλημμύρα είναι και ατομικό πρόβλημα, αφού μπορεί να συμβεί και σε ένα μόνο σπίτι. Οι πολίτες που ζουν σε πλημμυρικά πεδία πρέπει να παίρνουν και ατομικά μέτρα για την προστασία των περιουσιών τους.