



Ημερίδα Ερευνητικού Προγράμματος **ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ**
*«Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε
συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη
φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού
πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων»*
Τετάρτη 2/7/2014, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής
Ιστορίας

Προκλήσεις και Προοπτικές του ερευνητικού Προγράμματος ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ

Αντώνης Δ. Κούσης
Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Δημήτρης Κουτσογιάννης
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο





Πλημμυρική Υδρολογία: Προκλήσεις σε Έρευνα & Εφαρμογή

...από την Ευρωπαϊκή & Εθνική Νομοθεσία:

Οδηγία Πλαίσιο Υδάτων 2000/60/EC, Οδηγία Πλημμυρών 2008/56/EC

...από τα ίδια τα φυσικά φαινόμενα – κατανόηση: Υδρομετεωρολογικές διεργασίες γεννέσως και παραγωγής πλημμυρών, συναρτήσει των υδροκλιματικών και γεωμορφολογικών συνθηκών.

...από τις ανάγκες εκτιμήσεως των πλημμυρικών ροών – σχεδιασμός:

Είναι οι υφιστάμενες μεθοδολογίες και τα σχετικά εργαλεία κατάλληλα για τις Ελληνικές συνθήκες; Ενσωματώνεται η πολλαπλή αβεβαιότητα επαρκώς στον υδρολογικό σχεδιασμό;

Είναι τα στοιχεία πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα επαρκή; Τι απαιτούν και τι προσφέρουν οι σύγχρονες υδρομετρητικές τεχνολογίες; Ποιά η βέλτιστη διαχείριση και διάθεση μετρήσεων και σχετικών δεδομένων μέσω συγχρόνων πληροφοριακών συστημάτων (GIS, DB, διαδίκτυο);

Είναι οι υφιστάμενες σχετικές μελετητικές προδιαγραφές επαρκείς;



Εκτίμηση πλημμυρικών ροών εντός φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου για τον σχεδιασμό αντιπλημμυρικών έργων στην Ελλάδα

- **Πιθανοτικό πλαίσιο** για τον χειρισμό των **αβεβαιοτήτων**:

→ υδρολογική φόρτιση (βροχόπτωση, ιστορική και κλιμα-μεταβλητή)

Συνήθης πρακτική, αλλά απλουστευτική προσέγγιση:

Η αβεβαιότητα του υδρογραφήματος σχεδιασμού εκτιμάται μέσω της απλής αντιστοιχίσεως της περιόδου επαναφοράς της βροχής με αυτήν της παροχής.

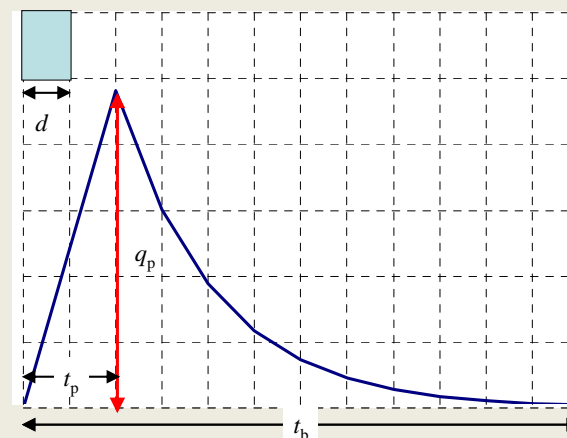
→ Δεν λαμβάνεται υπ' όψιν η ελλιπής δομή του μαθηματικού προσομοιωτή [μοντέλου] και η ελλιπής γνώση των παραμέτρων αυτού.



Χαρακτηριστικά «κατάλληλου» μαθηματικού προσομοιωτή

- ❖ Υπολογιστικά φειδωλό, αλλά επαρκώς φυσικά εδραιωμένο (όχι black box) → **ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ**
- ❖ με παραμέτρους f (γεωμορφολογία), που να επιτρέπουν κατ'αρχήν εκτίμηση, απουσία υδρομετρήσεων, από μετρήσιμα μεγέθη λεκάνης απορροής (~100 km²)

- μοντέλο «επεισοδίου»: SCS-CN & ΣΜΥ, π.χ. στην βάση γραμμικών ταμιευτήρων, με φόρτιση από συνθετικά επεισόδια βροχής για διάφορες αρχικές συνθήκες.



Σημείωση: Απλά μοντέλα μετασχηματισμού βροχής σε απορροή χρησιμοποιούνται, κατά κανόνα, σε «χαμηλού κόστους» υδρολογικές μελέτες σχεδιασμού αντιπλημμυρικών έργων.

- **Εναλλακτικά:** καταναμημένο μοντέλο «συνεχούς προσομοιώσεως» απορροής π.χ. ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ –πολύ πιο σύνθετο και πιο απαιτητικό, τόσο σε δεδομένα όσο και υπολογιστικά– με φόρτιση από συνθετικές χρονοσειρές βροχοπτώσεων.



Μετρήσεις και πάλι μετρήσεις → προσβάσιμη πληροφορία

... Όμως, δεν έχει εφευρεθεί ακόμη μαθηματικός προσομοιωτής ικανός να υπολογίζει υδρολογικές ροές αξιόπιστα χωρίς χρήση **μετρήσεων (!)**,
... ενώ ελάχιστες λεκάνες απορροής ποταμού στην Ελλάδα είναι εξοπλισμένες με **μετρητικές διατάξεις (!)**, και
τα όποια υδρολογικά στοιχεία πεδίου δεν είναι ανοικτά προσβάσιμα!

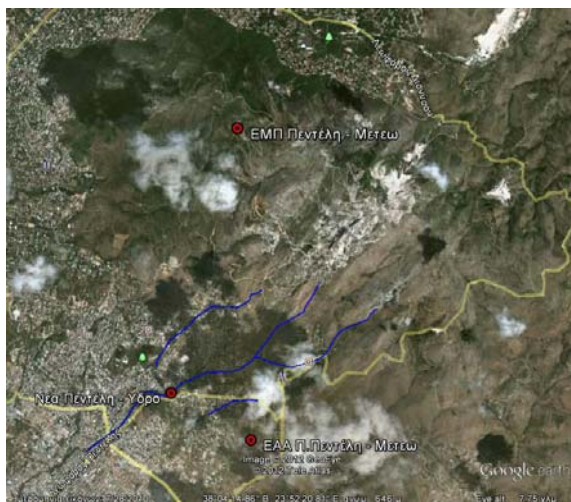
Υποδομές για την βελτίωση πρακτικών υπολογιστικών εργαλείων

- Σχεδιασμός, εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση τηλεμετρικών υδρομετεωρολογικών δικτύων.
- Ανάπτυξη τεχνολογιών αιχμής (πληροφορική: GIS, DB, www) για διαχείριση ανοικτά προσβάσιμων στοιχείων υδρομετεωρολογικών μετρήσεων.
- Για να έχουμε διαθέσιμα στοιχεία μετρήσεων για την προσαρμογή μοντέλων στις Ελληνικές υδροκλιματικές συνθήκες.



Η μετρητική υποδομή θέλει δουλειά με πολύ μεράκι...

- Σχεδιασμός δικτύου – προδιαγραφές οργάνων και προμήθεια
- Να βρεθεί(ούν) η(οι) κατάλληλη(ες) θέση(εις)
- **Επικοινωνία με τοπικούς παράγοντες και πολίτες**
- Εγκατάσταση-δοκιμή (ΥΣ: υδρομετρήσεις με μυλίσκο, τηλεμετρία)
- Λειτουργία και συντήρηση: καθαρισμός οργάνων, τακτικός έλεγχος και περιοδική επαναρύθμιση, αποκατάσταση βλαβών (φυσικά αίτια & κακόβουλες ενέργειες) και ενίοτε χειροκίνητη συλλογή μετρήσεων





Ευχαριστίες, ειλικρινείς, πολλές και θερμές

κα Χρυσάνθη Παραγιού (ΥΣ Πεντέλης – Κρήνη Αφροδίτης)

Παναγόπουλος Α.Β.Β.Ε.Τ.Ε. (ΥΣ Γύρα Στεφάνης-Σαρανταπόταμος),
Δήμο Μάνδρας-Ειδυλλίας -Δήμαρχο κ. Γ. Δρίκο, Αντιδήμαρχο κ. Πλούμπη, Δημ. Συμβ.
κ. Γ. Μειντάνη, Δ/ντη κ. Παλημέρη (ΜΣ Γυμνάσιο-Λύκειο Βιλλίων, ΥΣ Οινόης-
Σαρανταπόταμος), κ. Α. Λάμπρου (ΜΣ Πράσινο, οικία)

ΔΕΥΑΚ & Δ/ντή κ. Αριστεΐδη Τσαούση & συνεργάτες (Νέδοντας – ΜΣ Αρφαρά &
Πολιανής κ. Κ. Πράσινο και Αλαγονίας-φιλοξενία κας Κων/ας Μανούσου *Ορεινή
Φιλοξενία*), κ. Θανάση Μπάκα (ΥΣ Νέδοντα-Καλαμάτα), κ.κ. Δημήτρη & Παναγιώτη
Γιαννόπουλο (ΥΣ Μύλος Ρεντίφη – Αλαγονία Νέδοντας), κ. Γιάννη Καραμήτσο (ΜΣ
Λεκάνης Νέδοντα–Νησάκι/Καλαμάτα, Νέδουσα-φιλοξενία Κοινοτικό Κατάστημα,
Ταΰγετος-φιλοξενία *Τουριστικό*)

Δήμο Μεγαλόπολης (ΥΣ Λούσιος- Γεφύρι Ατσίχολου), κ. Φώτη Παπαχατζή (ΜΣ
Ελάτης), Αστυν. Δ/ντη Αρκαδίας κ. Βασίλειο Γιαννακάκο - Α.Τ. Δημητσάνας (ΜΣ),
Δήμος Γορτυνίας (ΜΣ Στεμνίτσας) & κα Ευαγγελία Σαρακινιώτη - ΚΕΠ Τρικολώνων & κ.
Βασίλειο Παπαχειμώννα (οικία), κ. Π. Γκιόκα, Αντιδήμαρχο Δήμου Γορτυνίας
(Λαγκάδια), κ. Γ. Παπαπέτρου, Τεχνική Υπηρεσία (Λαγκάδια).

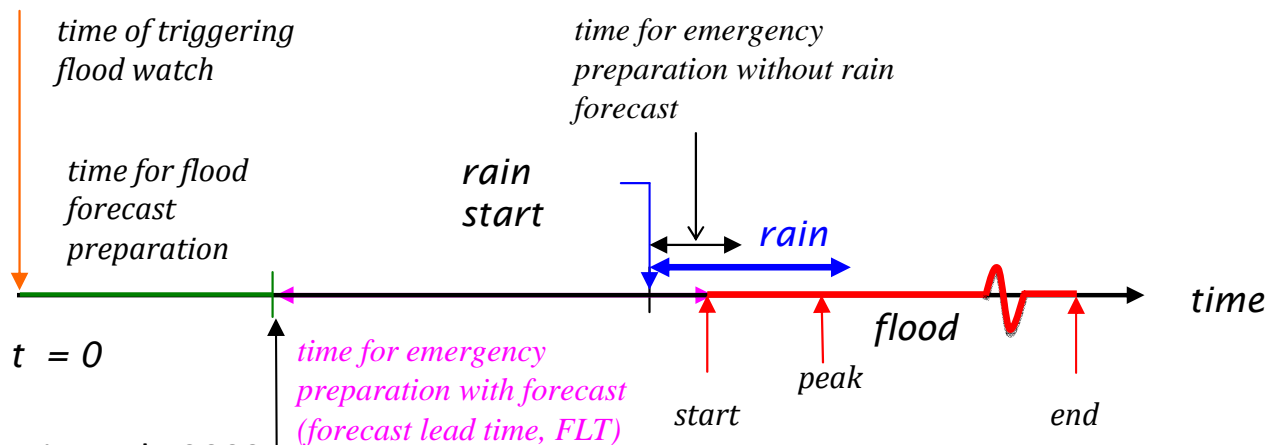


Σύνθεση πιο πέρα από τα μοντέλα

- ❖ **Ανάπτυξη μεθολογικού πλαισίου υδρολογίας πλημμυρών** που περιλαμβάνει όμβριες καμπύλες, υετογραφήματα και πλημμυρογραφήματα σχεδιασμού και παροχές αιχμής, και αναφέρεται στις Ελληνικές υδροκλιματικές συνθήκες, ιδιαίτερα στις ημιάνυδρες λεκάνες.
- ❖ **Πρώτος έλεγχος μέσω τριών εφαρμογών στον σχεδιασμό αντιπλημμυρικών έργων** (διερεύνηση των οικονομικών επιπτώσεων στον προϋπολογισμό των έργων από την εφαρμογή του νέου πλαισίου και για μια γενική εκτίμηση των μεγεθών ρίσκου, κόστους και αξιοπιστίας).
- ❖ **Πρόταση-σχέδιο προδιαγραφών για μελέτες πλημμυρών – προς διαβούλευση.**



Υδρομετεωρολογική πρόγνωση πλημμυρών



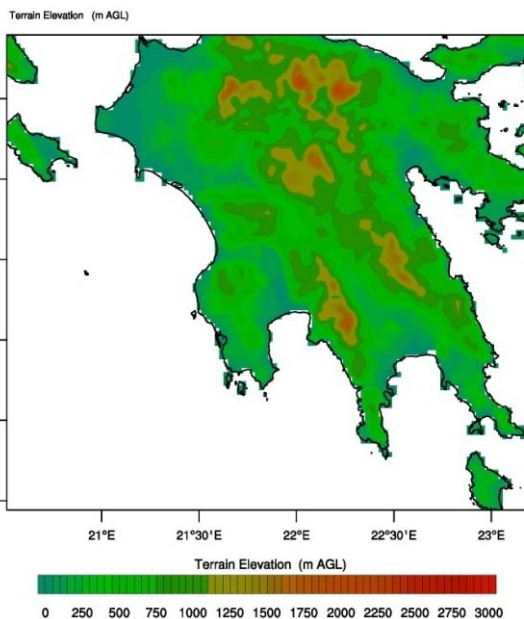
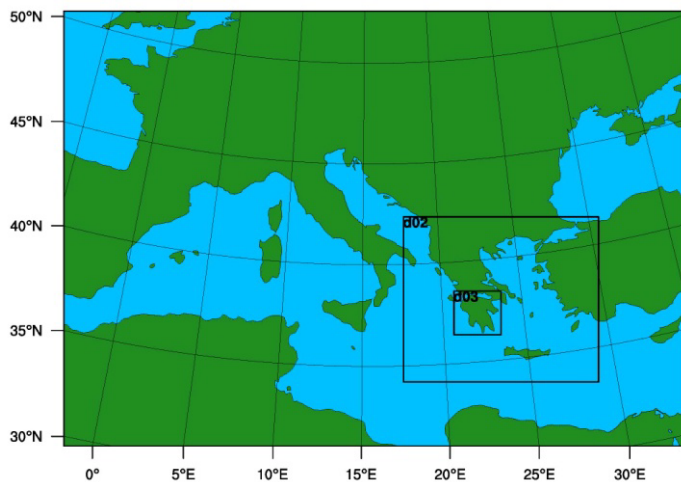
Koussis et al., 2003

αριθμητική πρόγνωση βροχής με διαδοχικά λεπτομερέστερη ανάλυση – από ~50 km NCEP, σε 18, 6 και 2 km– με δυνατότητα δημιουργίας σεναρίων βροχής (ensemble)

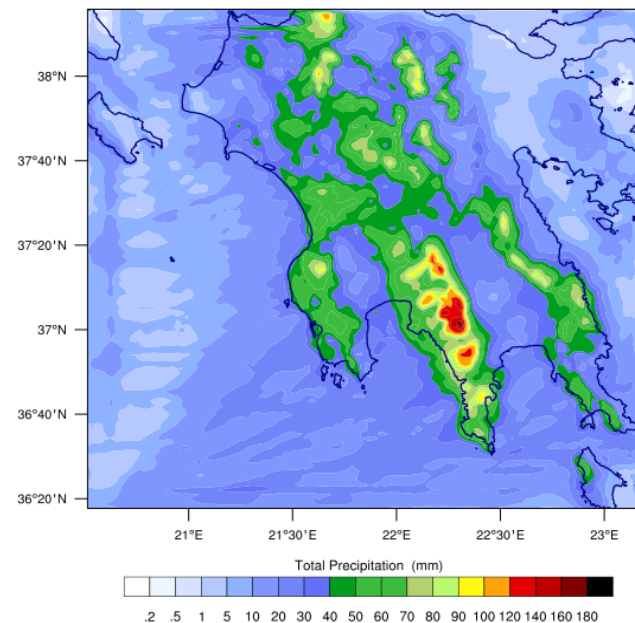
REAL-TIME WRF

Init: 2013-01-14_12:00:00

Modeling Domains



Total Precipitation (mm)





Προοπτική: Εκτίμηση πλημμυρικών ροών εντός φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου για τον σχεδιασμό αντιπλημμυρικών έργων στην Ελλάδα (1)

- **Πιθανοτικό πλαίσιο** για τον χειρισμό των **αβεβαιοτήτων** απ' όλες τις πηγές :
 - υδρολογική φόρτιση (βροχόπτωση, ιστορική και κλιμα-μεταβλητή)
 - ελλιπής δομή του μαθηματικού προσομοιωτή [μοντέλου] & ελλιπής γνώση των παραμέτρων αυτού:

φυσικές διεργασίες, ετερογένεια-διακριτοποίηση λεκάνης απορροής, μεταβλητότητα συνθηκών –δυσχεραίνει τον προσδιορισμό παραμέτρων όπως η αρχική υγρασία εδάφους– αλλαγές στις χρήσεις γης, πυρκαγιές, δημογραφικές εξελίξεις, αστικοποίηση κλπ.



Εκτίμηση πλημμυρικών ροών εντός ενός φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου για τον σχεδιασμό αντιπλημμυρικών έργων στην Ελλάδα (2)

- Η αβεβαιότητα του υδρογραφήματος σχεδιασμού εκτιμάται πληρέστερα μέσω προσομοιώσεων που αναγνωρίζουν την αβεβαιότητα τόσο στην φόρτιση όσο και στις τιμές των παραμέτρων του μοντέλου και στις αρχικές συνθήκες, αντί μέσω της απλής αντιστοιχίσεως της περιόδου επαναφοράς της βροχής με αυτήν της παροχής.
- Υπολογισμός των πιθανοτήτων εμφάνισεως των μεγεθών σχεδιασμού, π.χ. με προσομοίωση Monte Carlo → κατανομή, όχι μόνο ντετερμινιστική τιμή → υπολογιστικά απαιτητική μέθοδος



Εκτίμηση πλημμυρικών ροών εντός ενός φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου για τον σχεδιασμό αντιπλημμυρικών έργων στην Ελλάδα (3)

Ορθολογική Μέθοδος με προσομοίωση Monte Carlo (Efstratiadis et al., 2014 NHESS)

$Q_p = C i A$, όπου C συντελεστής απορροής και $i(T, d)$ ένταση βροχής διάρκειας ίσης προς τον χρόνο συγκεντώσεως $d = t_c$, αλλά t_c και C ακολουθούν κανονικές κατανομές (με φραγή) με μέσους όρους 1.0 h και 0.4 και τυπικές αποκλίσεις 0.25 h και 0.10, αντίστοιχα.

Table 1. Summary of results with the Monte Carlo experiment using the rational method; Q_{determ} is the peak flow value obtained through the deterministic application of the method.

Return period, T (years)	5	10	20	50	100	200	500	1000
Rainfall intensity, i (mm h^{-1})	37.1	40.0	43.0	47.4	51.0	54.9	60.5	65.1
Q_{determ} ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	10.3	11.1	12.0	13.2	14.2	15.3	16.8	18.1
Average Q ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	10.5	11.4	12.4	13.4	14.7	15.8	17.4	18.6
Standard deviation ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	3.2	3.5	4.0	4.4	4.5	4.9	5.7	6.0
Coefficient of skewness	0.74	0.55	1.40	0.75	0.90	0.92	1.02	0.80
Empirical Q_{95} ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	16.4	17.5	19.0	20.9	22.3	24.2	27.0	29.6
Empirical Q_5 ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	6.0	6.3	6.9	7.1	8.4	8.4	9.4	9.9



Μετρήσεις και πάλι μετρήσεις → προσβάσιμη πληροφορία

Άμεση Προοπτική

Συνέχιση της έρευνας σε Νέδοντα και Σαρανταπόταμο (υποδομές ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ) και εγκατάσταση σταθμών σε μία ακόμη λεκάνη απορροής ποταμού μέσω του προγράμματος BEYOND (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, ΕΥ Δρ. Χ. Κοντοές)

Μεσο-μακροπρόθεσμη Προοπτική

«Open Hydrosystem Information Network»

ΕΜΠ, ΕΑΑ, ΕΛΚΕΘΕ + 12 φορείς, υπό διαπραγμάτευση για συγχρηματοδότηση από ΓΓΕΤ μέσω European Strategy Forum for Research Infrastructure (EFRI) ως τμήμα κοινού προγράμματος «Παρακολουθήσεως των Υδάτων της Ελλάδας» με ΕΛΚΕΘΕ και ΕΚΠΑ.



Ευχαριστώ για την προσοχή σας

