

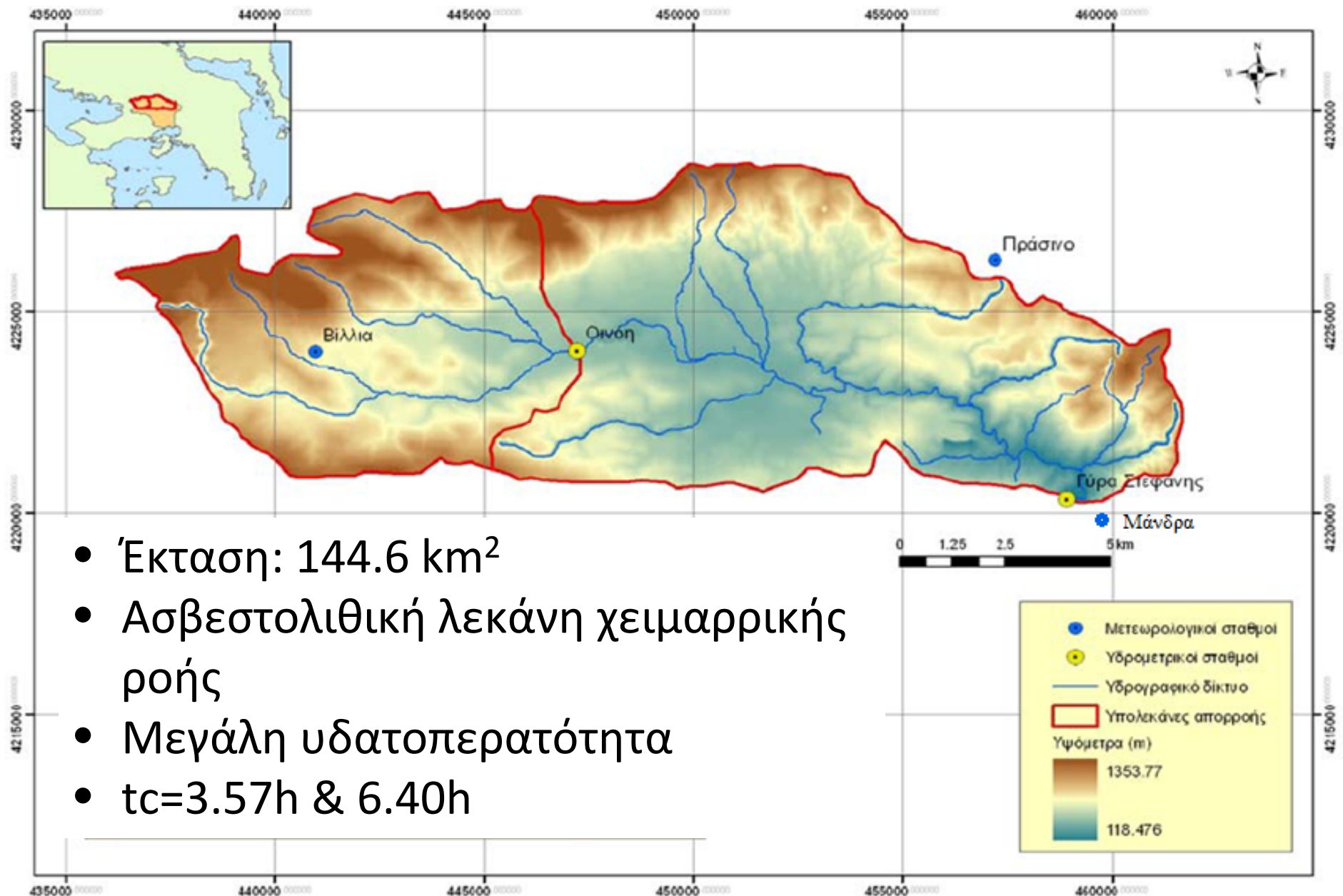
Διερεύνηση προσομοίωσης πλημμύρας για το
σχεδιασμό σε λεκάνες χειμαρρικής δίαιτας
Εφαρμογή στη λεκάνη του Σαρανταπόταμου

Ελένη Μαρία Μιχαηλίδη
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

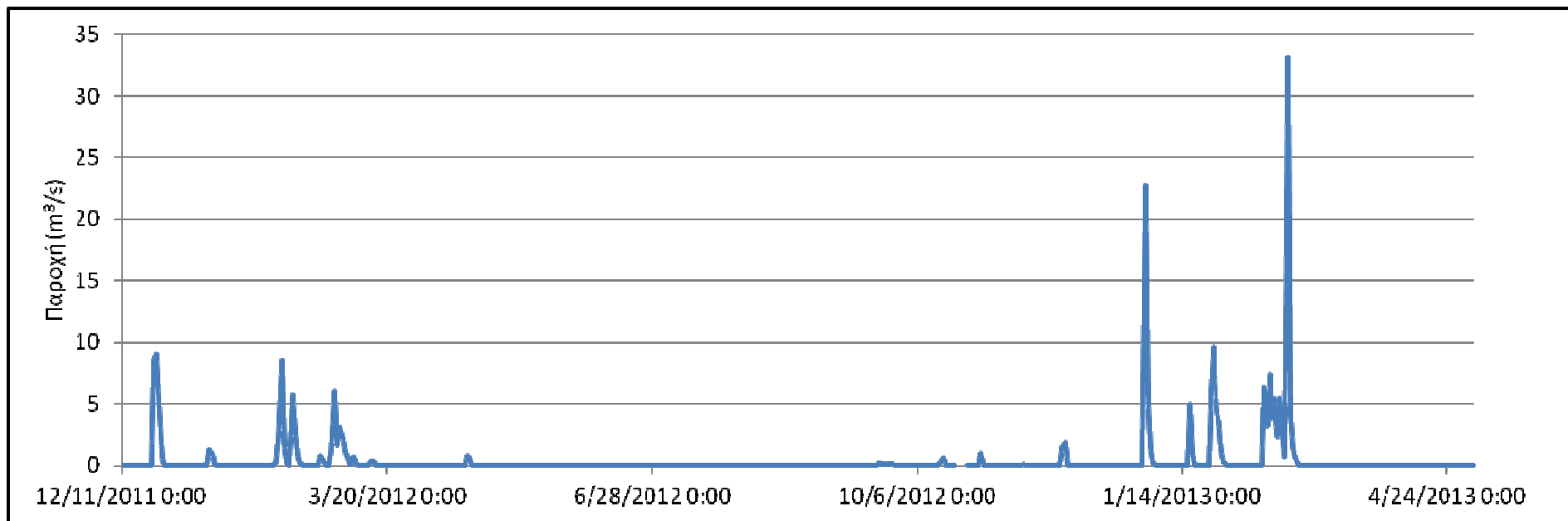
Στόχοι εργασίας

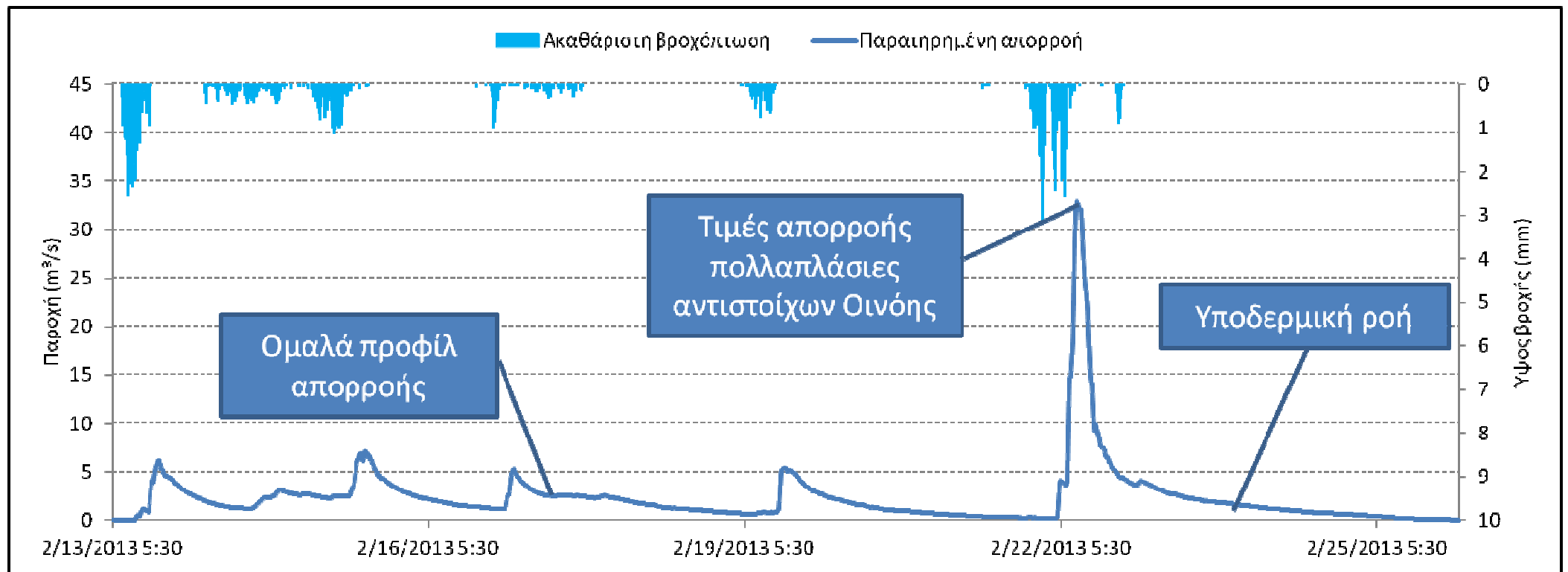
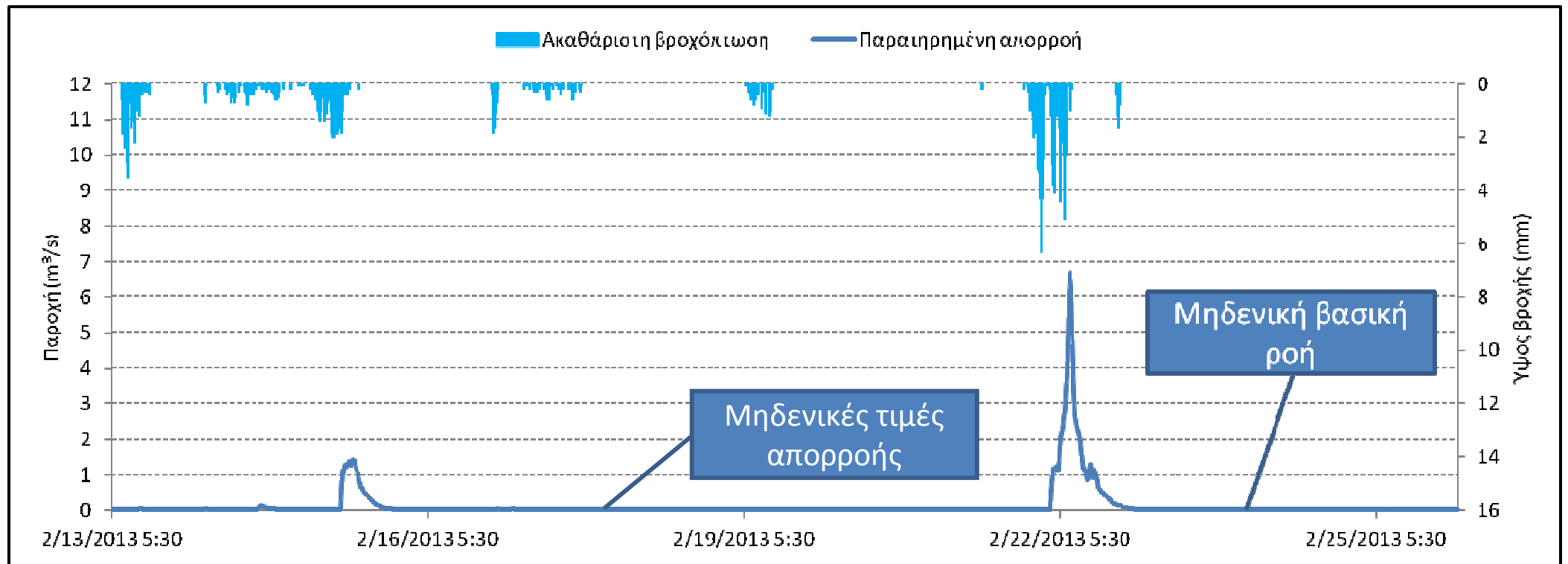
- Διερεύνηση μηχανισμού γένεσης πλημμυρών στην περιοχή μελέτης.
- Έλεγχος επάρκειας τυπικών μεθόδων υδρολογικού σχεδιασμού (SCS-CN & ΣΜΥ) και προσαρμογή τους.
- Ανάπτυξη και προσαρμογή εννοιολογικού υδρολογικού μοντέλου.
- Παραγωγή συνθετικών βροχών με εμπειρική & στοχαστική μέθοδο και εξαγωγή αντιστοίχων υδρογραφημάτων.
- Σύγκριση των μεθόδων με στατιστική ανάλυση των υδρογραφημάτων.

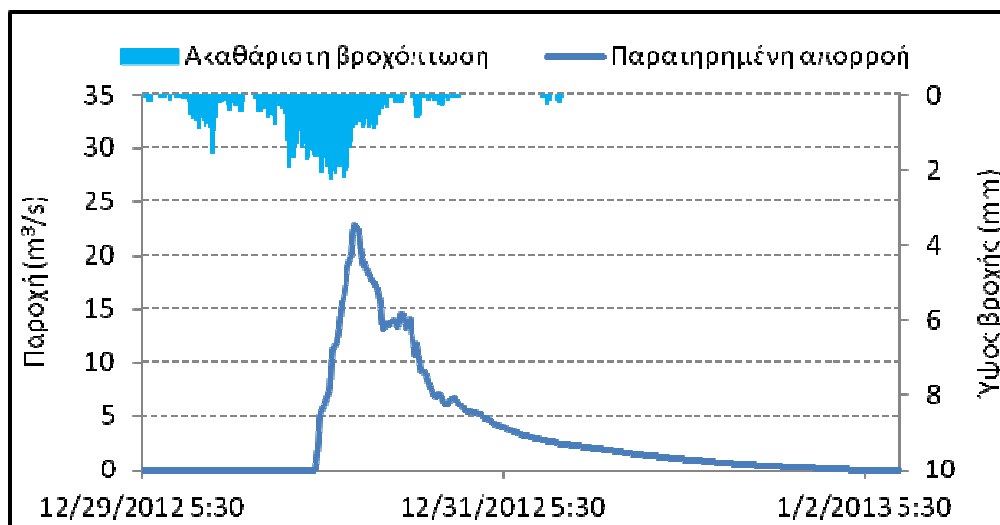
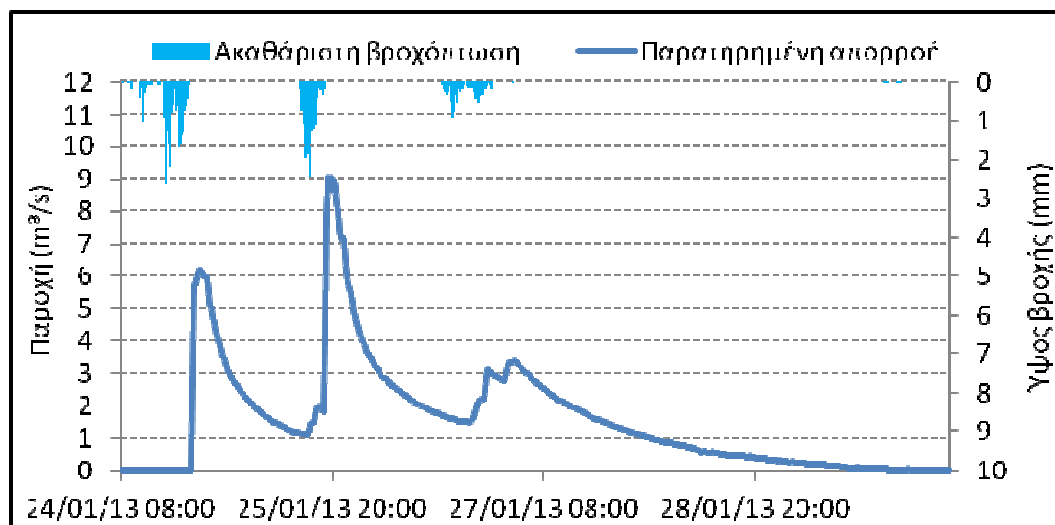
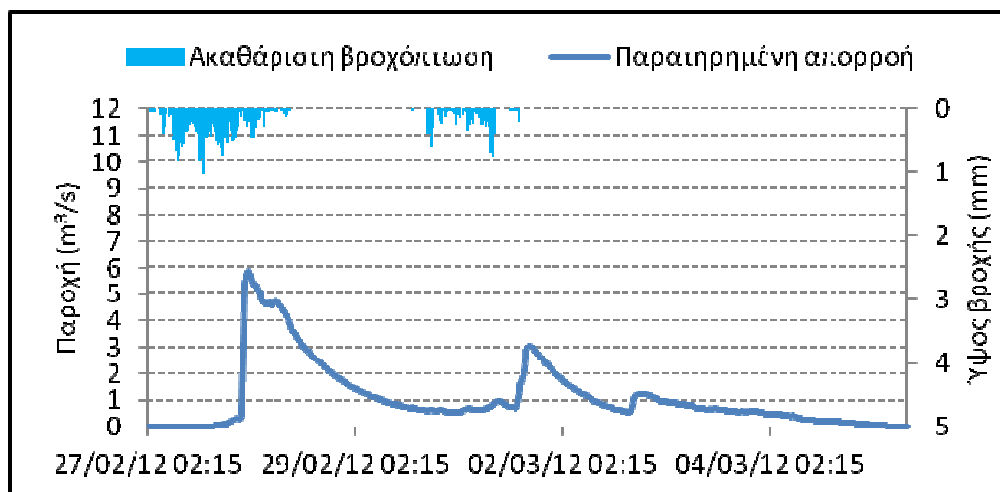
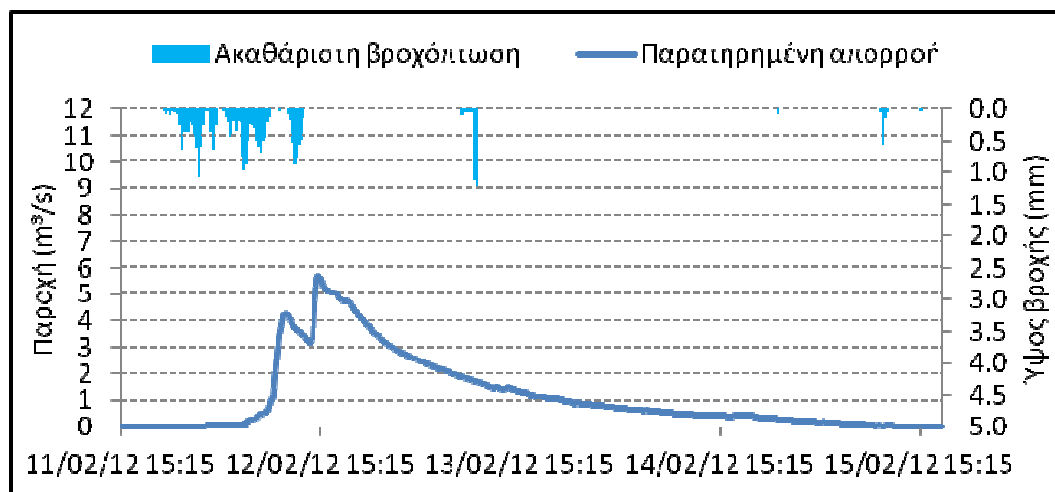
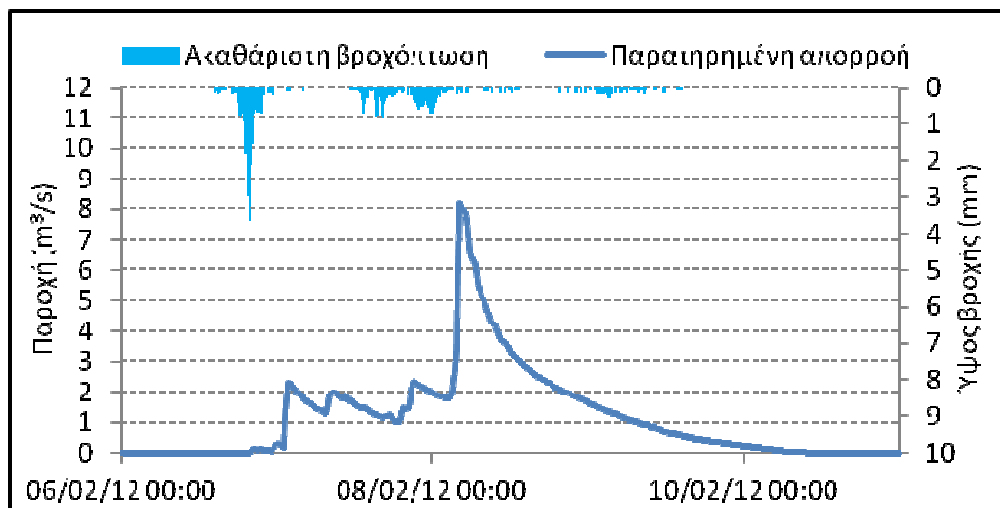
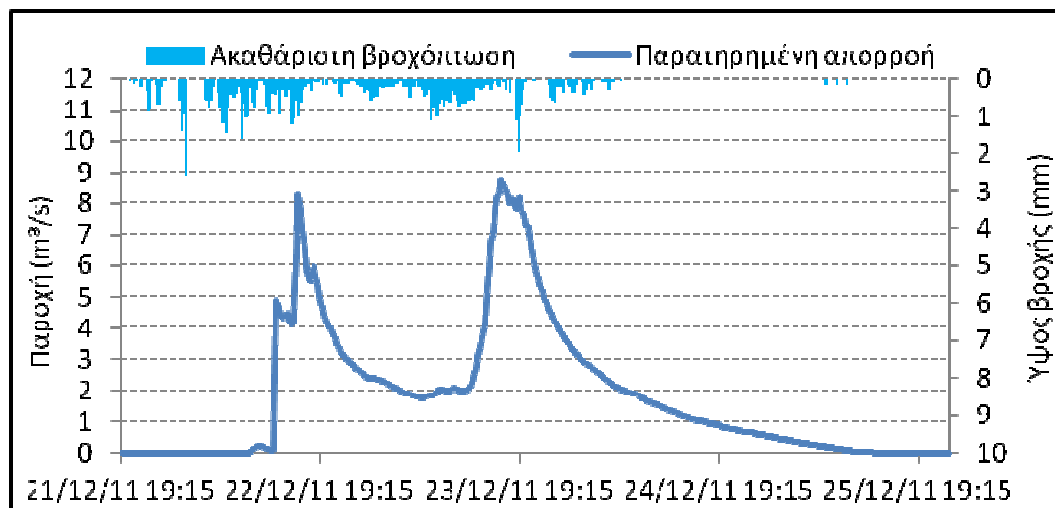
Λεκάνη Σαρανταπόταμου



Επιλογή επεισοδίων πλημμύρας σε Οινόη & Γύρα Στεφάνης

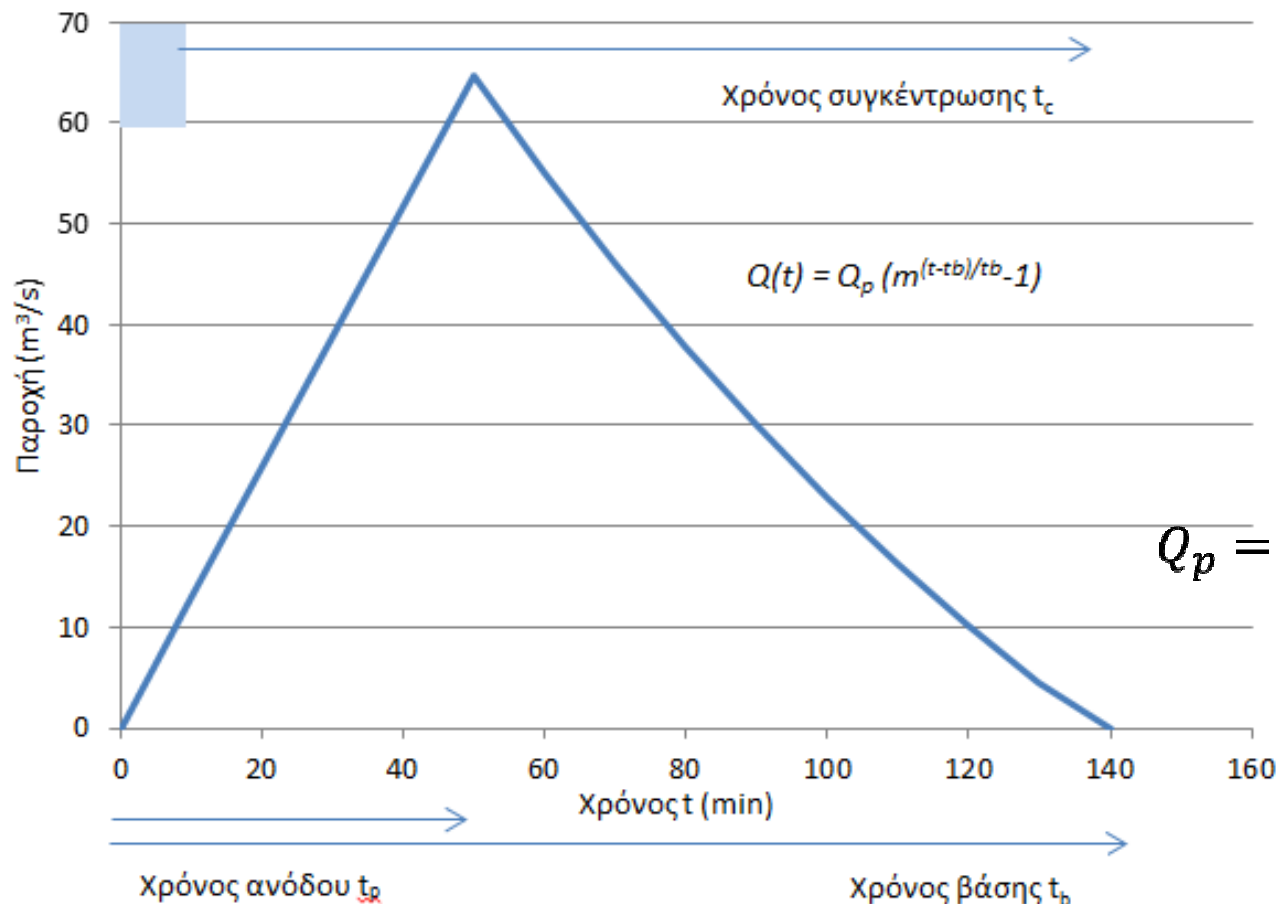






Μέθοδος SCS-CN & ΣΜΥ

- Μέθοδος SCS-CN: Διαχωρισμός ενεργού βροχής από συνολική
- Μέθοδος ΣΜΥ: Μετασχηματισμός ενεργού βροχής σε πλημμυρική απορροή
- Χρήση παραμετρικού συνθετικού υδρογραφήματος



$$t_b = kt_c + D$$

$$t_p = \beta t_c + \frac{D}{2}$$

$$m = e^{\frac{\ln 2}{(t_p - t_b)/t_b}}$$

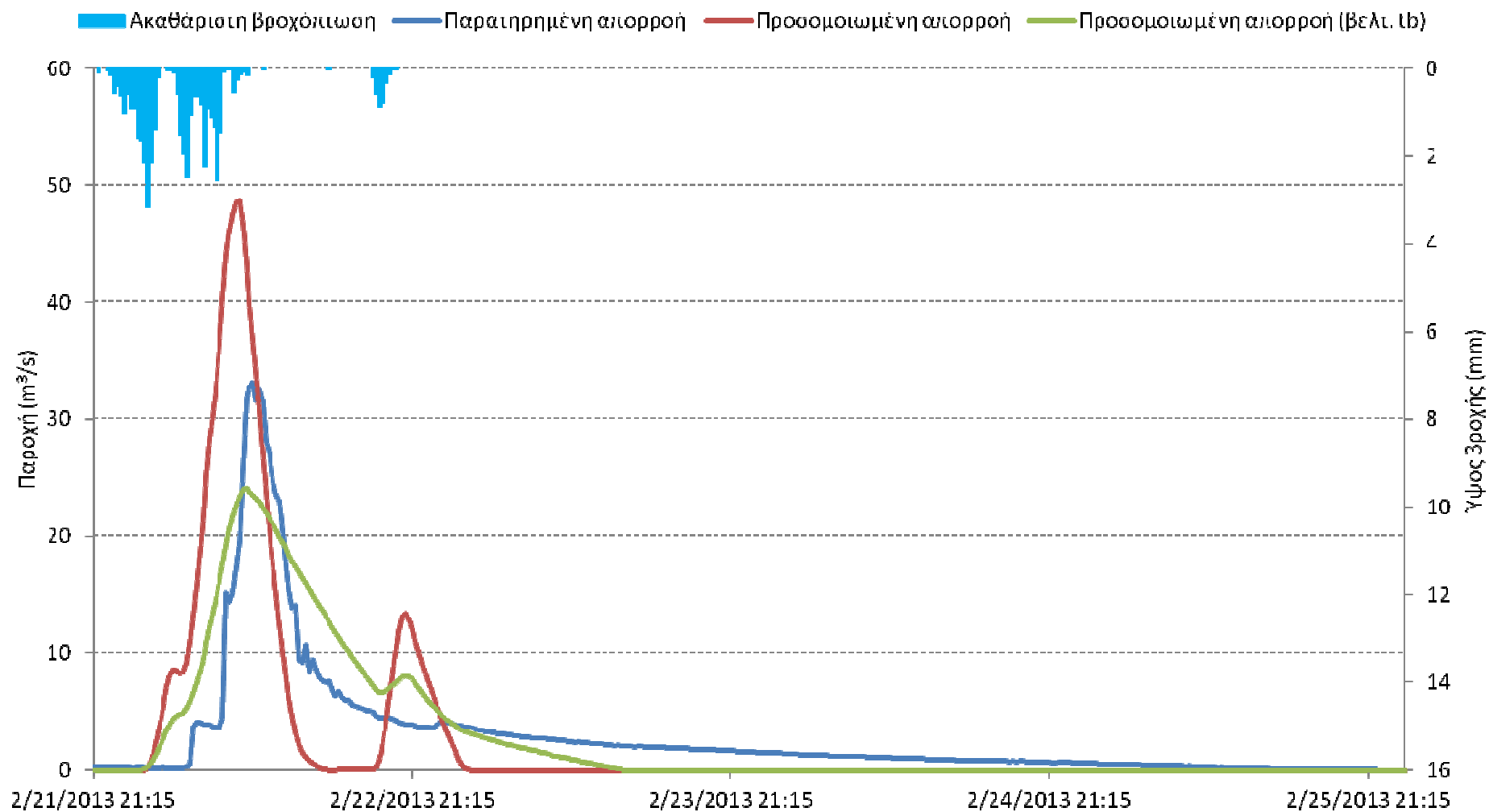
$$Q_p = \frac{10^4 \times A}{\frac{t_b}{\ln m} \left(1 - m^{\frac{t_p - t_b}{t_b}}\right) - t_b + \frac{3}{2} t_p}$$

Αναπαραγωγή των παρατηρημένων πλημμυρογραφήματων με τη μέθοδο SCS-CN/ΣΜΥ.

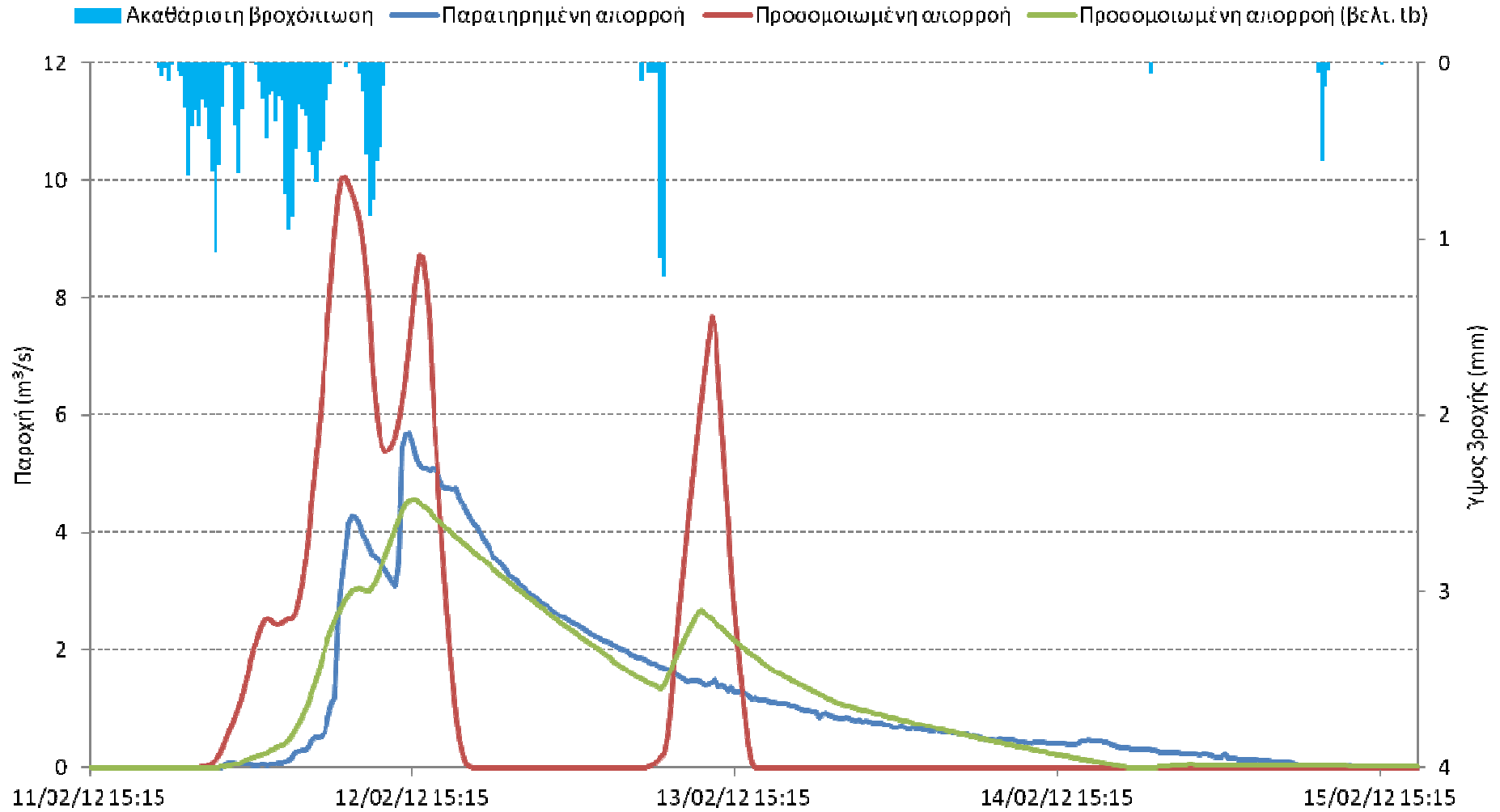
- Εφαρμογή τυπικών τιμών των παραμέτρων β, k (παράμετροι υδρογραφήματος), α και S (παράμετροι υδρολογικού ελλείμματος).
- Βελτιστοποίηση των τιμών των παραμέτρων β, α, S και στη συνέχεια των β, α, S και k σε περιβάλλον Matlab με ελαχιστοποίηση της ακόλουθης συνάρτησης σφάλματος.

$$f = \lambda_1 \times |V_{direct} - V_{sim}| + \lambda_2 \times (maxQ_{direct} - maxQ_{sim})^2 + \sum_{i=1}^n (Q_{direct}(i) - Q_{sim}(i))^2$$

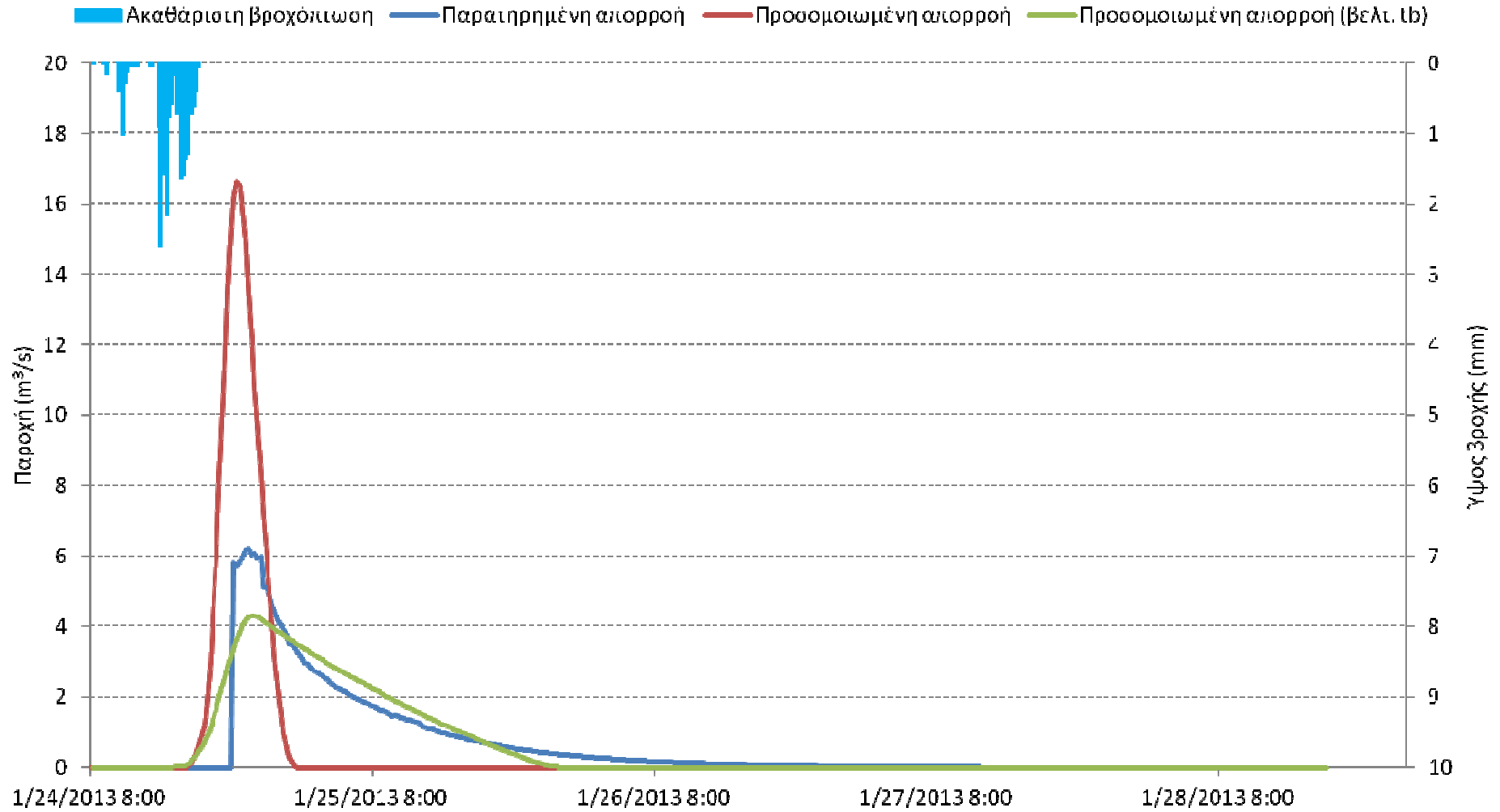
Στεφάνη 21/02/13



Στεφάνη 11/02/12



Στεφάνη 24/01/13



Συμπεράσματα

- Αδυναμία περιγραφής του καθοδικού εκθετικού κλάδου, χαρακτηριστικό των λεκανών με έντονη υποδερμική ροή και επομένως υπερεκτίμηση των παροχών αιχμής για $k=1$. Για βελτιστοποιημένο k (≈ 3.31 και 4.76) τα αποτελέσματα είναι πολύ ρεαλιστικότερα.
- Αγνόηση της μεταβολής της εδαφικής υγρασίας κατά τη διάρκεια του επεισοδίου.
- Μετά από ένα αρχικό έλλειμμα, θεώρηση ενός ποσοστού κάθε τιμής βροχής ως ενεργός βροχή.
- Τιμές α (≈ 0.06) αρκετά μικρότερες των θεωρητικών ($=0.2$).
- Τιμές β (≈ 0.33) αρκετά μικρότερες των θεωρητικών ($=0.6$) λόγω απότομων ανοδικών κλάδων.
- Τιμές CN στην Οινόη αρκετά μικρές (≈ 25) λόγω αυξημένης διηθητικότητας.

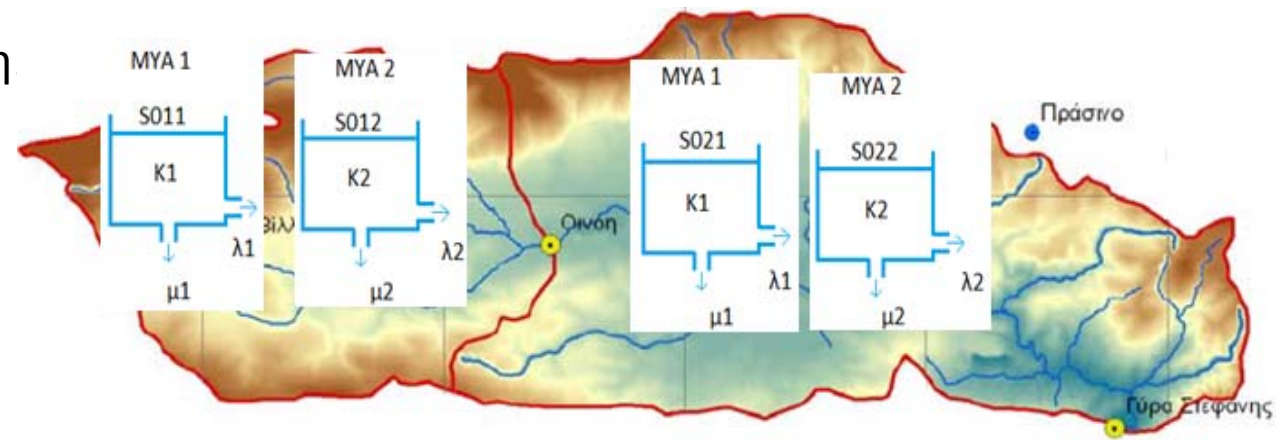
Ανάπτυξη και προσαρμογή εννοιολογικού υδρολογικού μοντέλου

Στόχοι:

- Προσομοίωση υποδερμικής ροής.
- Περιγραφή της απορροής σε δύο θέσεις ταυτόχρονα.
- Παραμετροποίηση της μεγάλης διαφοράς των απορροών στις δύο θέσεις.

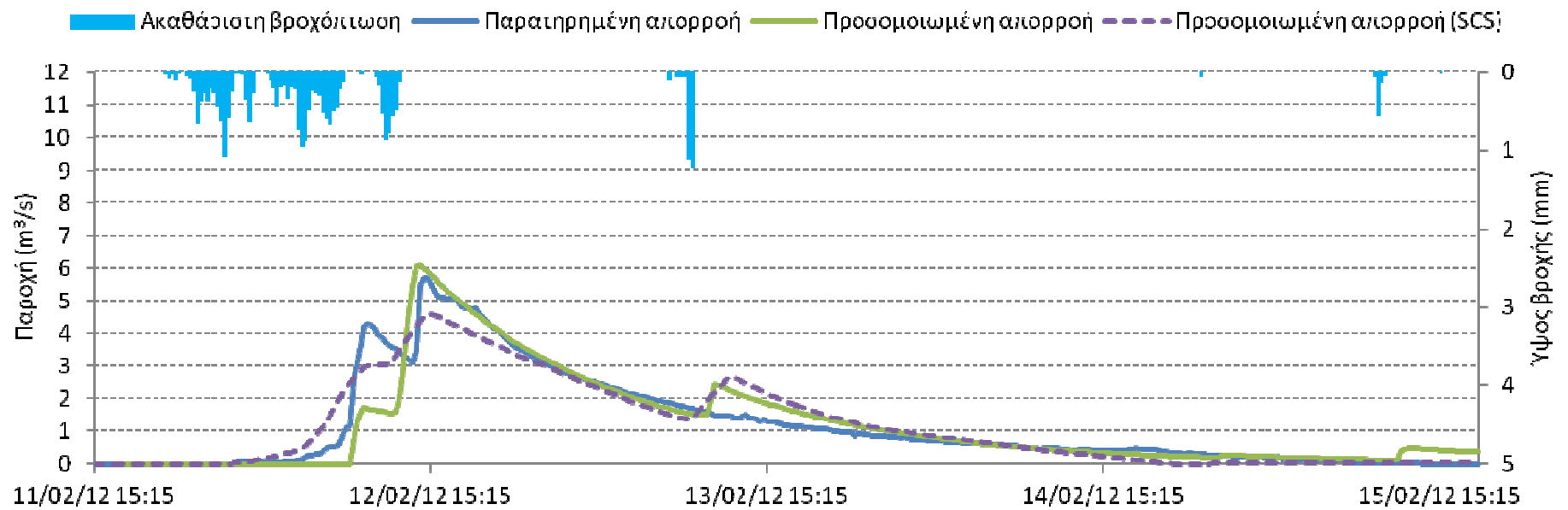
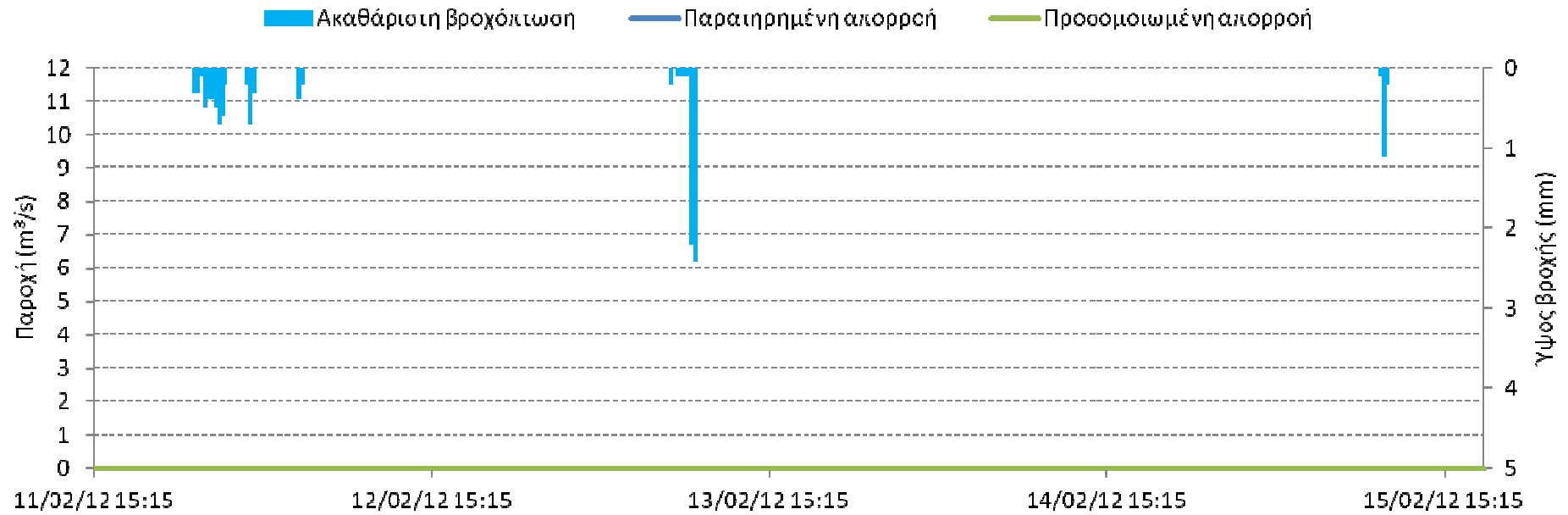
Περιγραφή του εννοιολογικού υδρολογικού μοντέλου

- Χρήση Μονάδων Υδρολογικής Απόκρισης (ΜΥΑ) για φυτοκάλυψη
- Προσομοίωση κάθε ΜΥΑ ως ταμιευτήρας που αδειάζει/ανατροφοδοτείται με τη βροχή.
- Μοντέλο έξι παραμέτρων (χωρητικότητα K , συντελεστές στείρευσης λ και μ για κάθε ΜΥΑ) και τεσσάρων αρχικών συνθηκών (αρχικές στάθμες S_0).
- Παροχή στην έξοδο κάθε υπολεκάνης ως άθροισμα παροχών (επί τις αντίστοιχες εκτάσεις) των ΜΥΑ της υπολεκάνης.
- Συνολική παροχή ως άθροισμα παροχών των δύο υπολεκανών.
- Εύρεση κοινών παραμέτρων για τα επεισόδια.

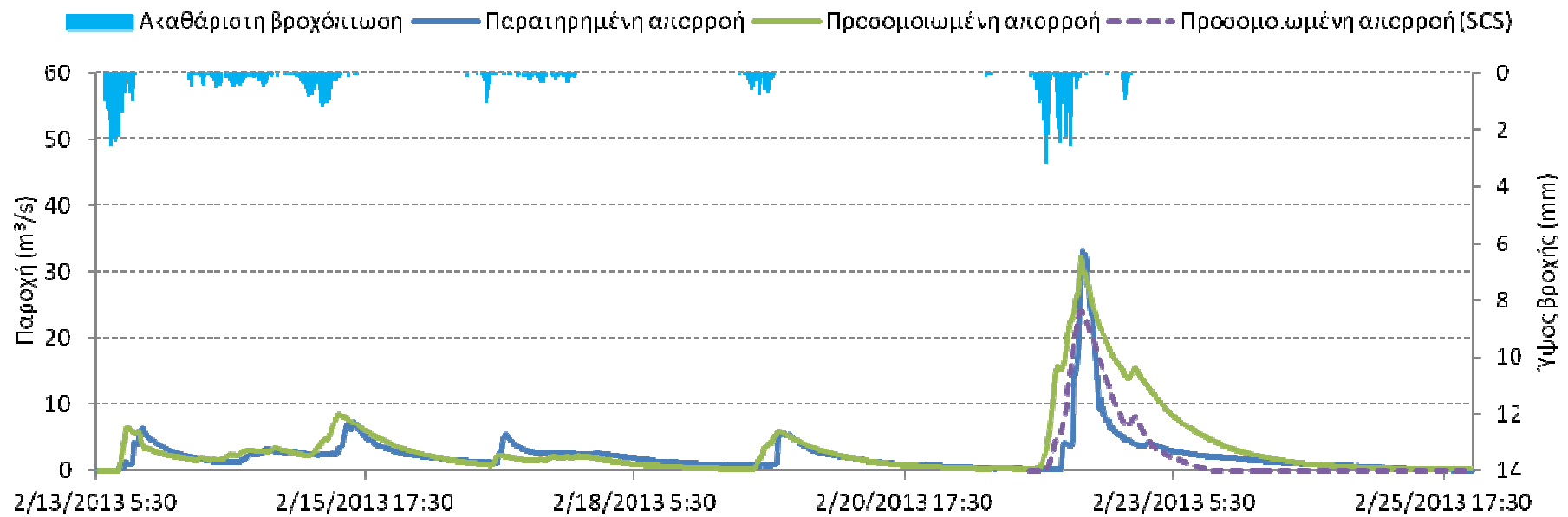
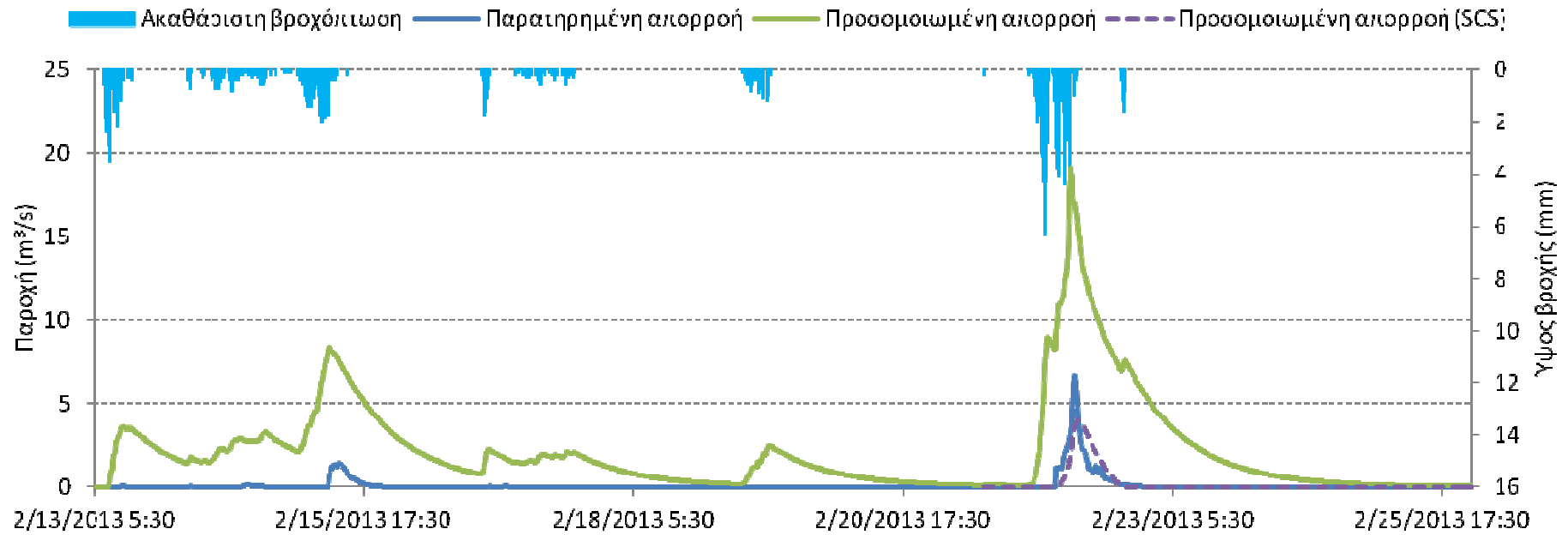


$$\begin{aligned}S(1) &= S_0 + P(1) \\Q_S(i) &= (S(i) - K) \times \lambda \geq 0 \\S'(i) &= S(i) - Q_S(i) \\PERC(i) &= S'(i) \times \mu \\S''(i) &= PERC(i) - S'(i) \\S'(i) &= P(i) + S''(i - 1)\end{aligned}$$

11/02/12



13/02/13



Συμπεράσματα

- Αποτελέσματα μοντέλου παρόμοια αυτών της βελτιστοποιημένης μεθόδου SCS. Καλύτερη εκτίμηση της παροχής αιχμής και δυνατότητα προσομοίωσης διαδοχικών επεισοδίων.
- Η μορφή των παρατηρημένων πλημμυρογραφημάτων προσεγγίζεται ικανοποιητικά λόγω της χρήσης ισοζυγίων που λαμβάνουν υπόψη τη μεταβολή στην εδαφική υγρασία.
- Μεγάλος αριθμός παραμέτρων & αρχικών συνθηκών.
- Αδυναμία περιγραφής μηδενικής απορροής στην Οινόη λόγω πιθανής διαφοράς στην κατάσταση των ασβεστολιθικών πετρωμάτων που δεν απεικονίζεται στο χάρτη.

Συνθετικές βροχές και υδρογραφήματα

- Χρήση όμβριας καμπύλης Κηφισού

$$i(d, T) = \frac{260(T^{0.15} - 0.61)}{(1 + d/0.17)^{0.77}}$$

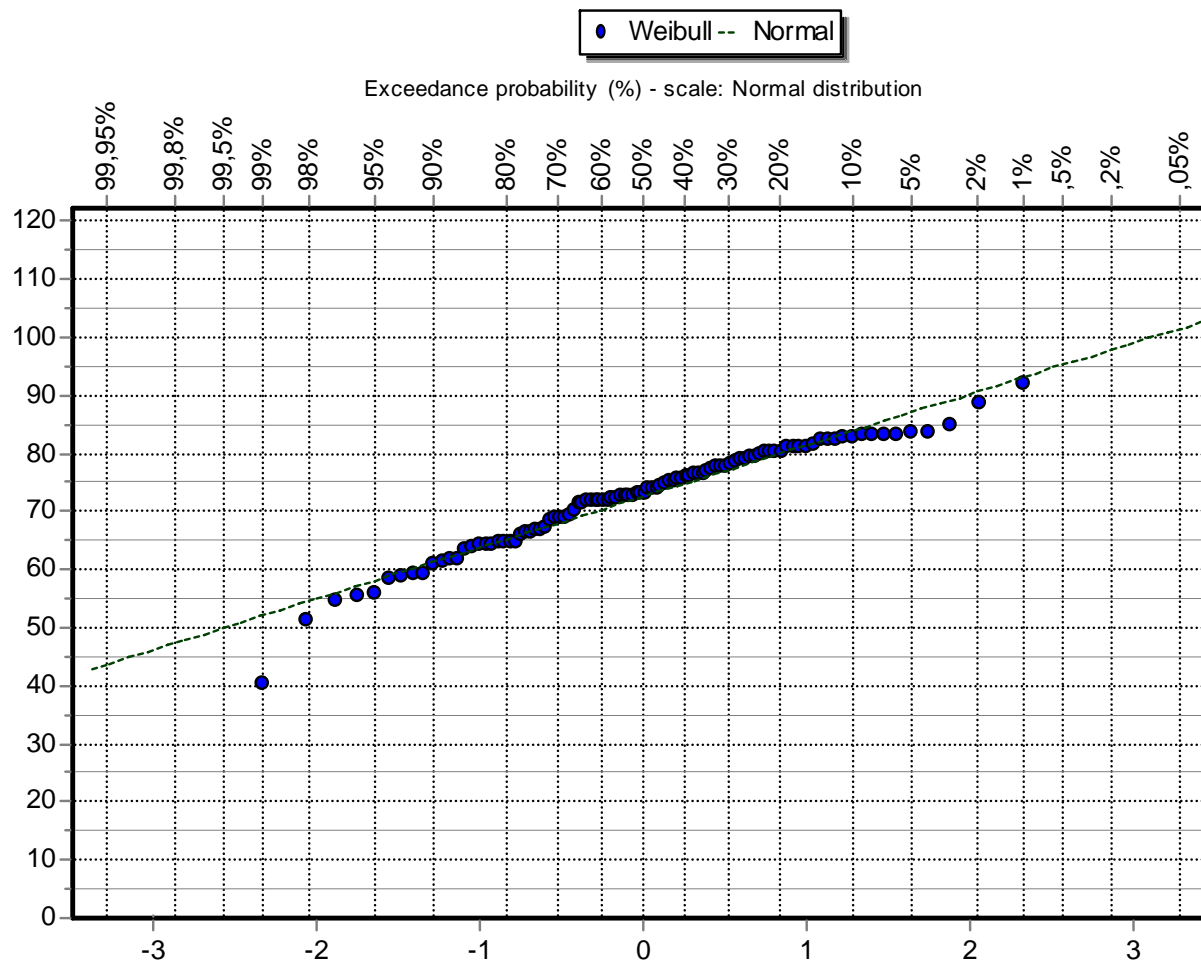
(Κουτσογιάννης κ.α., 2010)

για 24-ωρη βροχόπτωση με 15-λεπτο βήμα & T 20, 100 & 1000 έτη.

Περίοδος επαναφοράς (έτη)	Αθροιστικό ύψος βροχής (mm)
20	131.39
100	190.13
1000	303.10

- Παραγωγή 100 κατανομών βροχής (με επιμερισμό Bartlett-Lewis με χρήση του πακέτου HYETOS-R) και μιας κατανομής με τη μέθοδο εναλλασσόμενων μπλοκ για κάθε T με ίδιο ύψος αθροιστικής ημερήσιας βροχής.
- Εφαρμογή υδρολογικού μοντέλου στις βροχές για εξαγωγή υδρογραφημάτων για 3 περιπτώσεις αρχικών συνθηκών ($S_0=0$, $S_0=K/2$ & $S_0=K$) για κάθε T.
- Στατιστική ανάλυση υδρογραφημάτων.

Στατιστική ανάλυση μέγιστων παροχών Q_{max}



Q_{max}

- Εναλλασσόμενα μπλοκ: $50.99 \text{ m}^3/\text{s}$ (δηλ. πιθανότητα υπέρβασης 98%)

Κατανομή μέγιστων παροχών των 100 κατανομών παροχής για $T=20$ έτη και $S_0=0$.

	Q_{max} εναλ. μπλοκ (m³/s)	Πιθανότητα υπέρβασης P	Παροχή σχεδιασμού (m³/s)
S₀=0	50.99	98%	73.13
S₀=K/2	98.56	97%	120.38
S₀=K	139.29	95%	164.15
	Q_{max} εναλ. μπλοκ (m³/s)	Πιθανότητα υπέρβασης P	Παροχή σχεδιασμού (m³/s)
S₀=0	129.01	93%	150.16
S₀=K/2	176.39	89%	192.24
S₀=K	213.76	89%	233.79
	Q_{max} εναλ. μπλοκ (m³/s)	Πιθανότητα υπέρβασης P	Παροχή σχεδιασμού (m³/s)
S₀=0	279.12	79%	291.17
S₀=K/2	323.39	70%	333.97
S₀=K	355.82	74%	375.31

Στοιχεία για περιόδους επαναφοράς T=20, 100 & 1000 έτη.

Συμπεράσματα & προτάσεις

- Μη ρεαλιστικά αποτελέσματα της SCS/ΣΜΥ με χρήση τυπικών τιμών των παραμέτρων S , α , β καθώς και βελτιστοποιημένων σε λεκάνες υψηλής διηθητικότητας και χειμαρρικής ροής.
- Ικανοποιητικά αποτελέσματα μετά από βελτιστοποίηση S , α , β και k λόγω αύξησης χρόνου βάσης.
- Παρόμοια αποτελέσματα εννοιολογικού υδρολογικού μοντέλου με βελτιστοποιημένη SCS/ΣΜΥ. Ρεαλιστικότερη περιγραφή πλημμυρικής διεργασίας αλλά απαίτηση βαθμονόμησης.
- Σημαντική επιρροή της κατανομής της βροχής και των αρχικών συνθηκών στα πλημμυρογραφήματα εξόδου και στις παροχές αιχμής.
- Τα αποτελέσματα της στοχαστικής μεθόδου είναι αρκετά δυσμενέστερα αυτών της εμπειρικής μεθόδου (των μπλοκ) όσον αφορά τις παροχές αιχμής.

Συμπεράσματα & προτάσεις

- Απαραίτητη η ύπαρξη μετρήσεων για την κατανόηση της υδρολογικής δίαιτας της περιοχής και για τη βαθμονόμηση του μοντέλου.
- Θεώρηση εύρους τιμών για τη βελτιστοποιημένη SCS μετά από ανάλυση επεισοδίων για την εφαρμογή της σε λεκάνες χωρίς μετρήσεις.
- Απαραίτητη η ανάλυση ευαισθησίας των παραμέτρων και των αρχικών συνθηκών του εννοιολογικού υδρολογικού μοντέλου.
- Διερεύνηση παραλλαγών του μοντέλου υδραυλικών αναλόγων με στόχο τη μείωση των παραμέτρων ή/και των αρχικών συνθηκών.
- Κατάρτιση χαρτών επικινδυνότητας πλημμύρας και χαρτών κινδυνών πλημμύρας σύμφωνα με την Οδηγία 2007/60/ΕΚ.

Ευχαριστώ πολύ για το χρόνο σας!
Καλά Χριστούγεννα!

