

Συστήματα πρόβλεψης και έγκαιρης προειδοποίησης βροχοπτώσεων και Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT)

Αγγελίδης Π., Καθηγητής

**ΜΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗ
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΤΟΝ ΔΙΑΚΡΑΤΙΚΟ ΠΟΤΑΜΟ ΕΒΡΟ: Η ΣΗΜΑΣΙΑΣ ΤΗΣ
ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ**

Στρατηγικές αντιπλημμυρικής προστασίας

1. Ενέργειες πριν τις πλημμύρες με σκοπό τη μείωση της ευπάθειας έναντι των πλημμυρών

- Σχεδιασμός χρήσεων γης
- Καθορισμός ζωνών όπου συγκεκριμένες χρήσεις γης επιτρέπονται ή απαγορεύονται
- Έλεγχος στην ανάπτυξη περιοχών με υψηλό κίνδυνο πλημμυρών, εγκαταλείποντας κατακλυζόμενες περιοχές
- Αποζημίωση γης και ιδιοκτησιών που βρίσκονται σε περιοχές που πλημμυρίζουν, ενθαρρύνοντας επανεγκατάσταση σε άλλες περιοχές
- Αντιπλημμυρική προστασία (μέσω υψομετρικής διαφοράς, αναχωμάτων, στεγανοποίησης, κ.λπ.)
- Συστήματα πρόγνωσης και έγκαιρης προειδοποίησης
- Αύξηση επαγρύπνησης βελτιώνοντας την πληροφόρηση και την εκπαίδευση στις πλημμύρες και στις ενέργειες, που πρέπει να γίνουν σε περίπτωση ανάγκης, πολιτική προστασία
- Ασφάλιση για τον κίνδυνο πλημμύρας
- Νομοθεσία

2. Αντιπλημμυρικά Έργα

- ❑ Φράγματα και ταμιευτήρες ελέγχου πλημμύρας, αντιπλημμυρικές τάφροι, αναχώματα, έργα εκτροπής
- ❑ Βελτίωση παροχευετικότητας ποταμών, ώστε να μπορούν να διοδεύσουν το πλημμυρικό κύμα
- ❑ Έλεγχος στη πηγή μέσω της διαχείρισης της υδρολογικής λεκάνης
- ❑ Αύξηση χώρων προσωρινής αποθήκευσης – κατάκλισης και υγροτόπων
- ❑ Αύξηση διήθησης και διαπερατών επιφανειών
- ❑ Διαχείριση φυτοκάλυψης, δασοκάλυψης και αποφυγή γυμνού εδάφους κατά την περίοδο βροχοπτώσεων
- ❑ Δημιουργία αναβαθμίδων (πεζούλες) και όργωμα παράλληλα με τις ισοϋψείς

3. Ενέργειες μείωσης συνεπειών πλημμυρών (κατά τη διάρκεια και μετά τις πλημμύρες)

□ Εκτίμηση πιθανότητας δημιουργίας πλημμύρας, πρόβλεψη ανώτατης στάθμης νερού στον ποταμό και συνθηκών ροής, γνωστοποίηση στις αρμόδιες αρχές και στο κοινό της έκτασης, της σοβαρότητας και του χρόνου της πλημμύρας, διάχυση της προειδοποίησης, εκκένωση

□ Οικονομική βοήθεια (ασφαλιστικές αποζημιώσεις, δάνεια, έκπτωση φόρων, πάγωμα χρεών), ανακούφιση των πληγέντων.

□ Επανακατασκευή των καταστραφέντων κτιρίων, υποδομών και αντιπλημμυρικών έργων, αποκατάσταση του περιβάλλοντος και των οικονομικών δραστηριοτήτων

□ Επενεξέταση των ενεργειών διαχείρισης πλημμύρας με στόχο τη βελτίωση των διαδικασιών και του σχεδιασμού για μελλοντικά πλημμυρικά γεγονότα (παραπομπή στις 1 & 2)

Στρατηγικές αντιπλημμυρικής προστασίας

Τα μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας διακρίνονται σε:

- **Κατασκευαστικά – structural (“hard”)** ή
- **Μη κατασκευαστικά – ήπιες δράσεις (“soft”)**

Τα κατασκευαστικά μέτρα, όπως φράγματα, αναχώματα κ.λπ. έχουν μακρά παράδοση, καθώς κατασκευάζονται εδώ και 4000 χρόνια. Κατασκευάζοντας ταμιευτήρες, όπου το περίσσειμα του νερού μπορεί να αποθηκευτεί προσωρινά, ρυθμίζεται η κατανομή της πλημμυρικής παροχής, και αποφεύγεται η πλημμύρα με τη μείωση της αιχμής.

Συνεπώς ο όρος «**κατασκευαστικά μέτρα – structural**» αναφέρεται σε μεγάλης κλίμακας αντιπλημμυρικά έργα, όπως: φράγματα και ταμιευτήρες ρύθμισης, αναχώματα, εκτροπές, βελτιώσεις της παροχетеυτικής ικανότητας του ποταμού (εκβάθυνση, αύξηση πλάτους, προστασία της όχθης, ευθυγράμμιση άξονα – αύξηση κλίσης, κ.λπ.)

Στρατηγικές αντιπλημμυρικής προστασίας

Έτσι τα υπόλοιπα μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας, που αφορούν καταναεμημένα μέτρα σε όλη την υδρολογική λεκάνη, που είναι μικρής κλίμακας, θεωρούνται ήπιες (soft) δράσεις.

Ήπιες δράσεις αντιπλημμυρικής προστασίας (non-structural measures) είναι πολύ ενδιαφέρουσες εναλλακτικές δράσεις, που είναι συμπληρωματικές των κατασκευαστικών (υδραυλικά έργα μεγάλης κλίμακας) και που μπορεί να οδηγήσουν στην μείωση των απωλειών ζωής και περιουσιών, που προκαλούνται από τις πλημμύρες.

Στόχος μας είναι να διερευνηθεί ο ρόλος των ήπιων δράσεων, ώστε να αυξηθεί η ικανότητά μας στην πρόγνωση, στον μετριάσμό των αρνητικών συνεπειών, στην αντιμετώπιση και στην αποκατάσταση των προβλημάτων που σχετίζονται με τις πλημμύρες.

Στρατηγικές αντιπλημμυρικής προστασίας

Μέχρι πριν από 50 χρόνια, η επιστήμη του νερού κυριαρχούνταν από το δόγμα της «τιθάσευσης της φύσης» και η αντιμετώπιση των κινδύνων των πλημμυρών γίνονταν με κατασκευές έργων μηχανικού, ολοένα αυξανόμενου μεγέθους, κλίμακας εφαρμογής και σπουδαιότητας: αναχώματα, τάφροι, επεμβάσεις στις κοίτες των ποταμών, φράγματα και ταμιευτήρες, κ.λπ.

Όλες αυτές οι κατασκευές φτιάχνονταν για την μείωση της συχνότητας πλημμύρας των προστατευόμενων περιοχών, και πολύ λιγότερο για τον μετριασμό των προκαλούμενων ζημιών.

Ο άνθρωπος πρέπει να αποδεχτεί, ότι τα τεχνικά έργα, όσο ακριβά και να είναι, πρέπει να συνδυαστούν με άλλες, μη-κατασκευαστικές ήπιες παρεμβάσεις για την καλύτερη αντιμετώπιση και την συνύπαρξη με τους αναπόφευκτους κινδύνους.

Σήμερα αναπτύσσεται ένας προβληματισμός σχετικά με τα υπέρ και τα κατά των μεγάλων κατασκευαστικών παρεμβάσεων.

Υπάρχει μια αυξανόμενη συνειδητοποίηση, ότι οι κατασκευαστικές παρεμβάσεις μπορεί να μην είναι κατάλληλες για μακροπρόθεσμη ανάπτυξη, δεδομένης της περιορισμένης διαθεσιμότητας χρηματοδοτικών πόρων σε συνδυασμό με την ευαισθησία για την υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Η σύγχρονη τάση είναι η εφαρμογή ενός μικτού σχήματος τόσο από κατασκευαστικές όσο και από ήπιες παρεμβάσεις.

Μερικοί «μύθοι» σχετικά με τις πλημμύρες και την αντιπλημμυρική προστασία

Τα συστήματα αντιπλημμυρικής προστασίας εγγυώνται απόλυτη ασφάλεια:

Επειδή τα φράγματα και τα αναχώματα κοστίζουν τόσα πολλά χρήματα, πρέπει να αντιστέκονται με επιτυχία σε μεγάλες πλημμύρες

Οι πλημμύρες συμβαίνουν σε σχεδόν κανονικά (περιοδικά) χρονικά διαστήματα:

Πολλοί πιστεύουν, ότι αφού μια πλημμύρα με περίοδο επαναφοράς 100 ετών συνέβη πρόσφατα, η επόμενη ίδια πλημμύρα δεν θα συμβεί κατά τη διάρκεια ζωής αυτής της γενιάς

Μερικοί «μύθοι» σχετικά με τις πλημμύρες και την αντιπλημμυρική προστασία

Αμετάβλητος κόσμος: οι γεωφυσικές διαδικασίες στο μέλλον θα είναι όμοιες με αυτές στο παρελθόν:

Έχοντας ζήσει σε ένα μέρος για κάποιο διάστημα, κάποιος έχει την αίσθηση του τι αναμένεται. Κάποιοι δύσκολα μπορούν να αντιληφθούν, ότι ένα επόμενο πλημμυρικό κύμα μπορεί να έχει διάσταση, που θα ξεπερνάει σημαντικά όλα τα προηγούμενα καταγραφέντα

Πλημμύρες δεν συμβαίνουν σε όλους τους ποταμούς:

Πολλοί πιστεύουν, ότι πλημμύρες συμβαίνουν συχνά σε «υγρές» περιοχές, όπως π.χ. στο Bangladesh. Δεν είναι αντιληπτό, ότι καταστροφικές πλημμύρες συμβαίνουν επίσης και σε περιοχές με ξηρασία, όπου ο πληθυσμός είναι απροετοίμαστος

Ήπιες δράσεις (non-structural measures) αντιπλημμυρικής προστασίας

❖ Πρόγνωση πλημμύρας και έγκαιρη προειδοποίηση

- Είναι πολύ σημαντική και είναι πιθανόν να σώσει ζωές
- Βασίζεται σε μαθηματική προσομοίωση και επιτρέπει στους ειδικούς επιστήμονες να συνδυάσουν δεδομένα από το παρελθόν, με την σημερινή κατάσταση εδαφικής υγρασίας και την πρόγνωση της επερχόμενης βροχής και να προβλέψουν παροχές, στάθμες νερού, κ.λπ. στο χώρο και το χρόνο
- Γίνονται πολλές προσπάθειες για τη βελτίωση της ακρίβειας των προβλέψεων και για την επιμήκυνση του χρονικού ορίζοντα
- Μια σημερινή πρόκληση αποτελεί η διασύνδεση των μοντέλων με ατμοσφαιρικά και υδρολογικά δεδομένα

Ήπιες δράσεις (non-structural measures) αντιπλημμυρικής προστασίας

❖ Διαχείριση υδρολογικής λεκάνης

- Πρόκειται για σημαντικά μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας, καθώς τροποποιείται ο σχηματισμός πλημμύρας με έλεγχο στην πηγή
- Αφορά τις χρήσεις γης και τη συγκράτηση του εδαφικού υλικού με στόχο τη μείωση της επιφανειακής απορροής, της διάβρωσης και της μεταφοράς φερτών, μέσω δημιουργίας αναβαθμίδων (πεζούλες) και οργώματος παράλληλα με τις ισοϋψείς, και μέσω της διαχείρισης της φυτοκάλυψης και της δασοκάλυψης
- Η ιδέα της «συγκράτησης του νερού στη θέση που πέφτει» υλοποιείται με μέτρα όπως η αύξηση της διήθησης, η μείωση των αδιαπέρατων επιφανειών, η αύξηση της αποθήκευσης σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες

Ήπιες δράσεις (non-structural measures) αντιπλημμυρικής προστασίας

❖ Διαχείριση υδρολογικής λεκάνης

- Αυξάνοντας τη συγκράτηση, εξουδετερώνονται οι αντίθετες επιδράσεις της αστικοποίησης, καθώς η συγκρατούμενη ποσότητα νερού θα αύξανε την αιχμή του υδρογραφήματος
- Η διαχείριση της υδρολογικής λεκάνης περιλαμβάνει επίσης την αύξηση των χώρων αποθήκευσης μέσα στο υδρογραφικό δίκτυο (χώροι κατάκλισης δίπλα στο ποτάμι, αποξηραμένες εκτάσεις προστατευόμενες με αναχώματα, κ.λπ.)

❖ Ασφάλιση, αρωγή του δημοσίου και αποκατάσταση μετά την πλημμύρα

Ήπιες δράσεις (non-structural measures) αντιπλημμυρικής προστασίας

❖ Επανεγκατάσταση σε ασφαλείς περιοχές

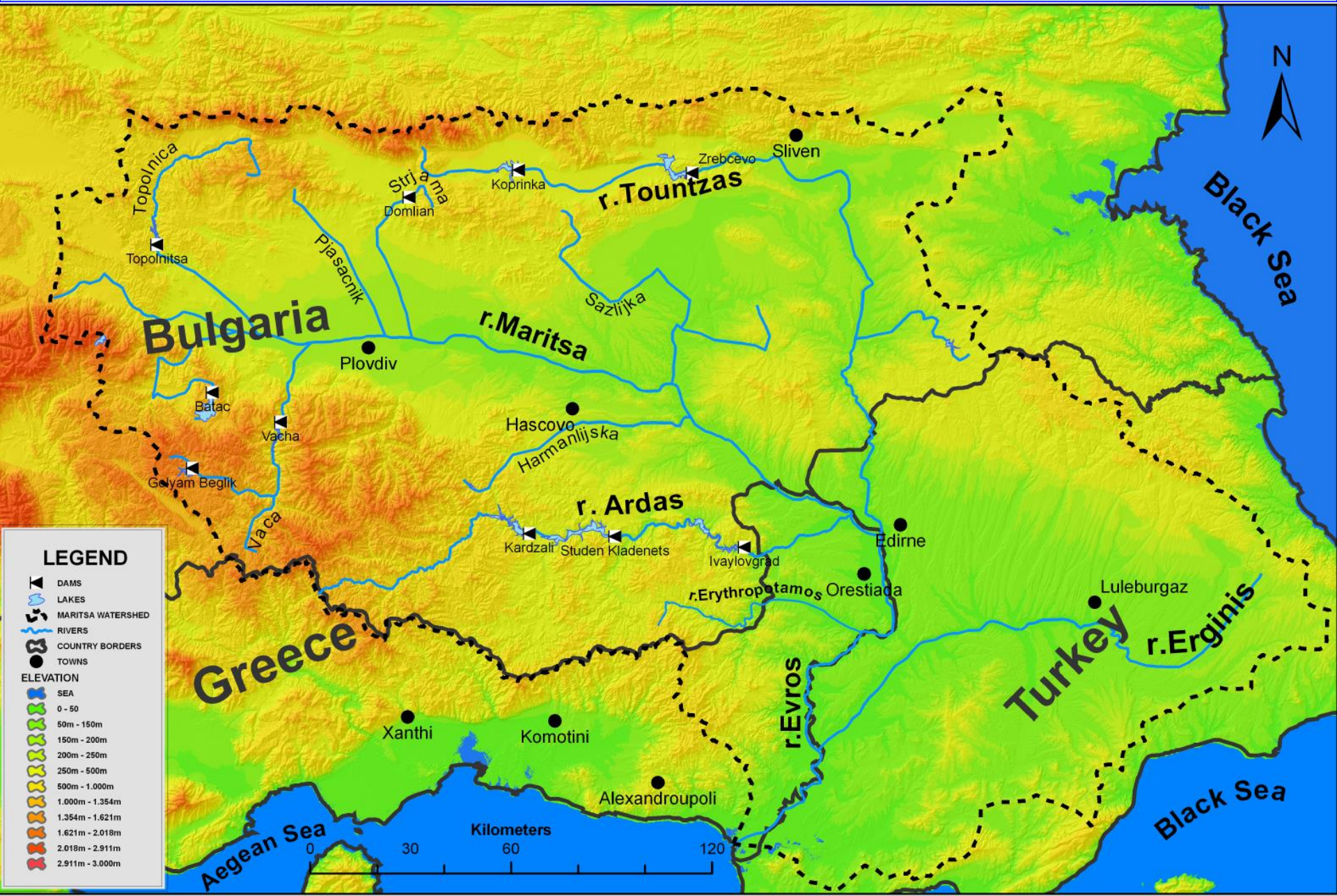
➤ Εάν οι άνθρωποι έχουν οικοδομήσει μέσα στην ευρύτερη πλημμυρική κοίτη του ποταμού, τότε δεν υπάρχει λύση. Γι' αυτό προληπτικά μέτρα, όπως καθορισμός ζωνών και οριοθέτηση της πλημμυρικής ζώνης είναι αναγκαία.

➤ Ωστόσο μερικές φορές, μόνιμη εκκένωση τέτοιων κατακλυζόμενων περιοχών είναι αδιανόητη π.χ. στο Bangladesh – μια πυκνοκατοικημένη περιοχή σε μια υποανάπτυκτη χώρα, ίσως την περισσότερο πληττόμενη από τις πλημμύρες χώρα του κόσμου.

➤ Η χώρα του Bangladesh πρέπει κυριολεκτικά να ζει με τις καταστροφικές πλημμύρες, καθώς το μεγαλύτερο μέρος της καλλιεργήσιμης γης αποτελείται από κατακλυζόμενες εκτάσεις, η γονιμότητα των οποίων εξαρτάται από την «επίσκεψη» των πλημμυρών.

➤ Νέα αναχώματα, ακόμα και αν μπορούσαν οικονομικά να κατασκευαστούν, θα στερούσαν πολύτιμη γη.

Υδρολογική λεκάνη ποταμού Έβρου



Ποταμός Έβρος και κυριώτεροι παραπόταμοι

ΕΒΡΟΣ

ΤΟΥΝΤΖΑΣ

ΑΡΔΑΣ

ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ

ΕΡΥΘΡΟΠΟΤΑΜΟΣ

ΕΡΓΙΝΗΣ

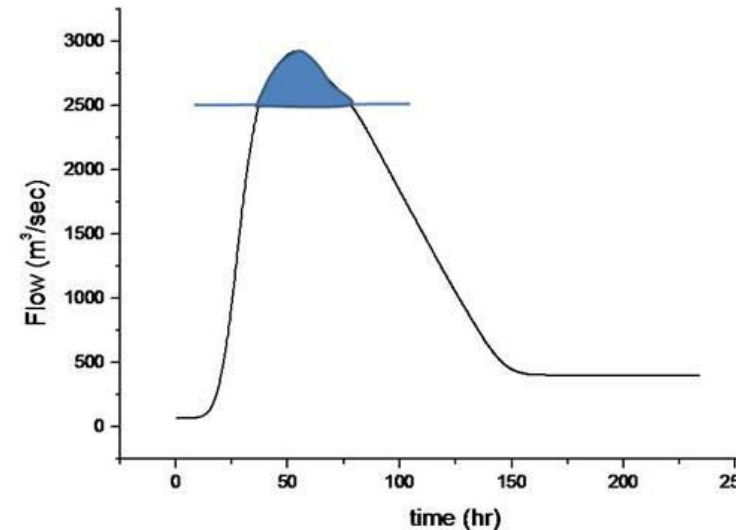
ΤΟΥΡΚΙΑ



Είναι αρκετά τα υπάρχοντα έργα (φράγματα);

Η συνολική χωρητικότητα των μεγαλύτερων ταμιευτήρων ξεπερνά τα $2810 \times 10^6 \text{ m}^3$ και η έκταση της υδρολογικής λεκάνης που ελέγχεται από τα φράγματα είναι 12800 km^2 έναντι συνολικής 34169 km^2 , ήτοι 37.5% .

Σε ένα πλημμυρικό υδρογράφημα με αιχμή $2900 \text{ m}^3/\text{s}$, ο όγκος του νερού που πλημμυρίζει είναι περίπου $32 \times 10^6 \text{ m}^3$, ήτοι 1.2% της χωρητικότητας των μεγαλύτερων ταμιευτήρων.



Συνεπώς, η διαχείριση αυτών των ποσοτήτων νερού από τα φράγματα είναι καθοριστικής σημασίας για τις δημιουργούμενες πλημμύρες.

Είναι οι κλιματικές αλλαγές υπεύθυνες για την πρόσφατη αύξηση της συχνότητας πλημμυρών;

Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας προκαλεί επιτάχυνση του υδρολογικού κύκλου. Όμως η απορροή είναι η διαφορά μεταξύ βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής, η οποία αυξήθηκε και θα συνεχίσει να αυξάνεται. Άρα η διαφορά τους – η απορροή - δεν είναι καθαρό ότι αυξάνεται.

Διάφορες μελέτες Βούλγαρων επιστημόνων όπως Velev (1996), Vassilev and Georgiev (1996), Yordanova (1996) δεν βρήκαν σημαντική αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στη Βουλγαρία τα τελευταία χρόνια και επίσης διαπίστωσαν μείωση της βροχόπτωσης και της απορροής.

Συνεπώς καταλήγουμε ότι δεν είναι υπεύθυνη η κλιματική αλλαγή για την αύξηση της συχνότητας των πλημμυρών.

Ήπιες δράσεις (non-structural measures) αντιπλημμυρικής προστασίας

ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΑΝΑΠΤΥΧΘΕΝΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η κατασκευή ενός προγράμματος Η/Υ (software), το οποίο απαιτεί ως εισόδους προβλέψεις βροχής για τη Βουλγαρία, Τουρκία και Ελλάδα, καθώς και τις στάθμες των ταμιευτήρων των Βουλγαρικών φραγμάτων κατά την έναρξη της προσομοίωσης.

Ακολούθως το λογισμικό υπολογίζει και προβλέπει μερικές μέρες πριν τις παροχές σε διάφορες κρίσιμες θέσεις στον ποταμό Έβρο, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο θα διαχειριστούν το νερό των φραγμάτων οι Βούλγαροι.

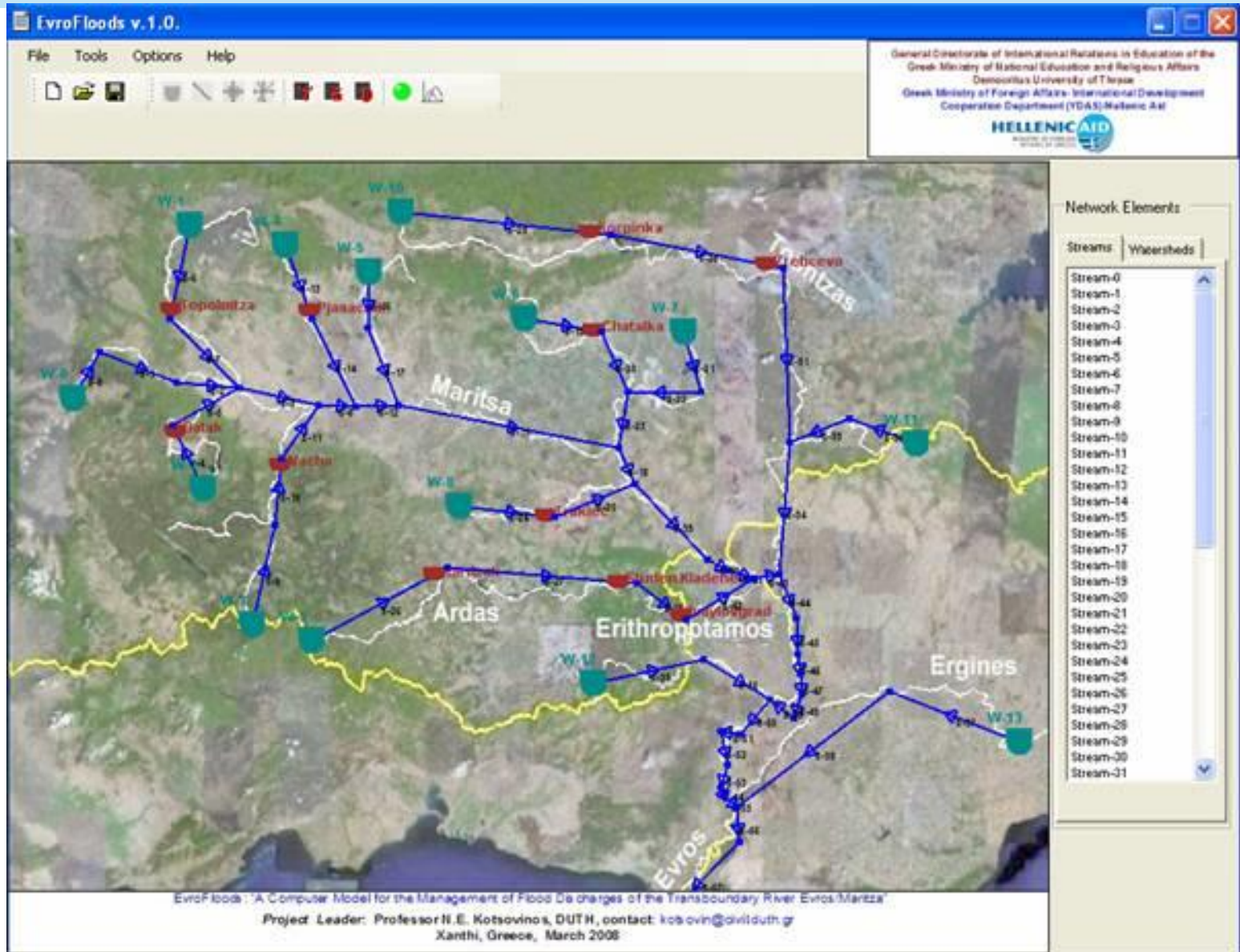
ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΑΝΑΠΤΥΧΘΕΝΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το λογισμικό επίσης υπολογίζει τον χρόνο που απαιτείται για τα πλημμυρικά κύματα που δημιουργούνται από το ξαφνικό άνοιγμα των θυροφραγμάτων των υπερχειλιστών των Βουλγαρικών φραγμάτων να φτάσουν στα Ελληνικά σύνορα και ακόμη διοδεύει αυτά τα πλημμυρικά κύματα κατά μήκος του ποταμού Έβρου.

Το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη διαφόρων σεναρίων με σκοπό τη βέλτιστη διαχείριση του απελευθερούμενου νερού των φραγμάτων λίγες ώρες πριν συμβεί μια ισχυρή καταιγίδα.

Το λογισμικό επίσης έχει την ικανότητα να προσομοιώσει την υδροηλεκτρική λειτουργία των φραγμάτων, να υπολογίσει την παραγόμενη ενέργεια για διάφορα σενάρια και να υπολογίσει την απώλεια ενέργειας εξαιτίας αντιπλημμυρικής προστασίας.

Αναπτύξαμε ένα νέο λογισμικό Η/Υ για την προσομοίωση της διαχείρισης των πλημμυρικών παροχών στον ποταμό Έβρο, που το ονομάσαμε **EvroFloods**



ΕΙΣΟΔΟΙ:

- Προβλέψεις βροχής για Βουλγαρία, Τουρκία και Ελλάδα
- Οι στάθμες των ταμιευτήρων των Βουλγαρικών φραγμάτων στην έναρξη της προσομοίωσης

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

- ✓ Παροχές στον ποταμό Έβρο σε διάφορες κρίσιμες θέσεις, ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης του νερού στα Βουλγαρικά φράγματα
- ✓ Χρόνοι ταξιδιού των πλημμυρικών κυμάτων μέχρι τα Ελληνικά σύνορα, που δημιουργούνται από το ξαφνικό άνοιγμα των θυροφραγμάτων
- ✓ Υπολογισμός της παραγόμενης ενέργειας για διάφορα σενάρια καθώς και των απωλειών ενέργειας λόγω αντιπλημμυρικής προστασίας

Υπάρχει αλλαγή στη διαχείριση των Βουλγαρικών φραγμάτων τα τελευταία χρόνια;

Η Βουλγαρική ιδιωτική εταιρία παραγωγής ρεύματος (η οποία είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση των μεγάλων Βουλγαρικών φραγμάτων) προσπαθεί “να μεγιστοποιήσει” την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, ακολουθώντας την απλουστευμένη αρχή της διατήρησης της στάθμης του νερού στον ταμιευτήρα πάνω από τη βάση του υπερχειλιστή, διατηρώντας κλειστά τα θυροφράγματα (μεγιστοποίηση ωφέλιμου ύψους πτώσεως και αποθηκευμένου όγκου νερού).

Όταν συμβαίνει μια ισχυρή βροχόπτωση στην υδρολογική λεκάνη του φράγματος και ενώ η στάθμη βρίσκεται ήδη στο ανώτατο επίπεδο, δημιουργείται κίνδυνος υπερπήδησης και ενδεχόμενης καταστροφής του.

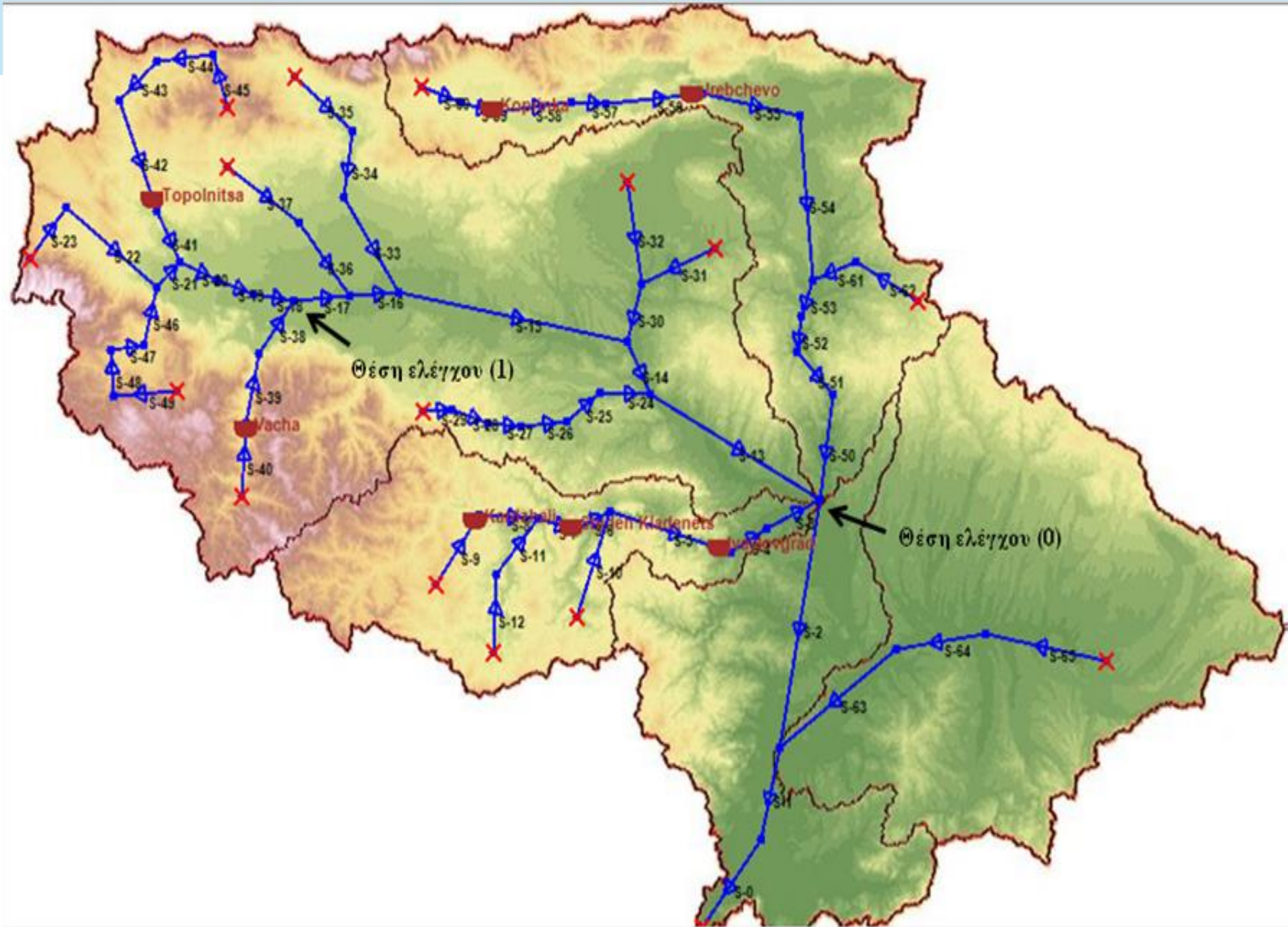
Τότε οι διαχειριστές του φράγματος για να αποφύγουν τον κίνδυνο, ανοίγουν απότομα τα θυροφράγματα.

ΜΕΡΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σενάριο Σ1:

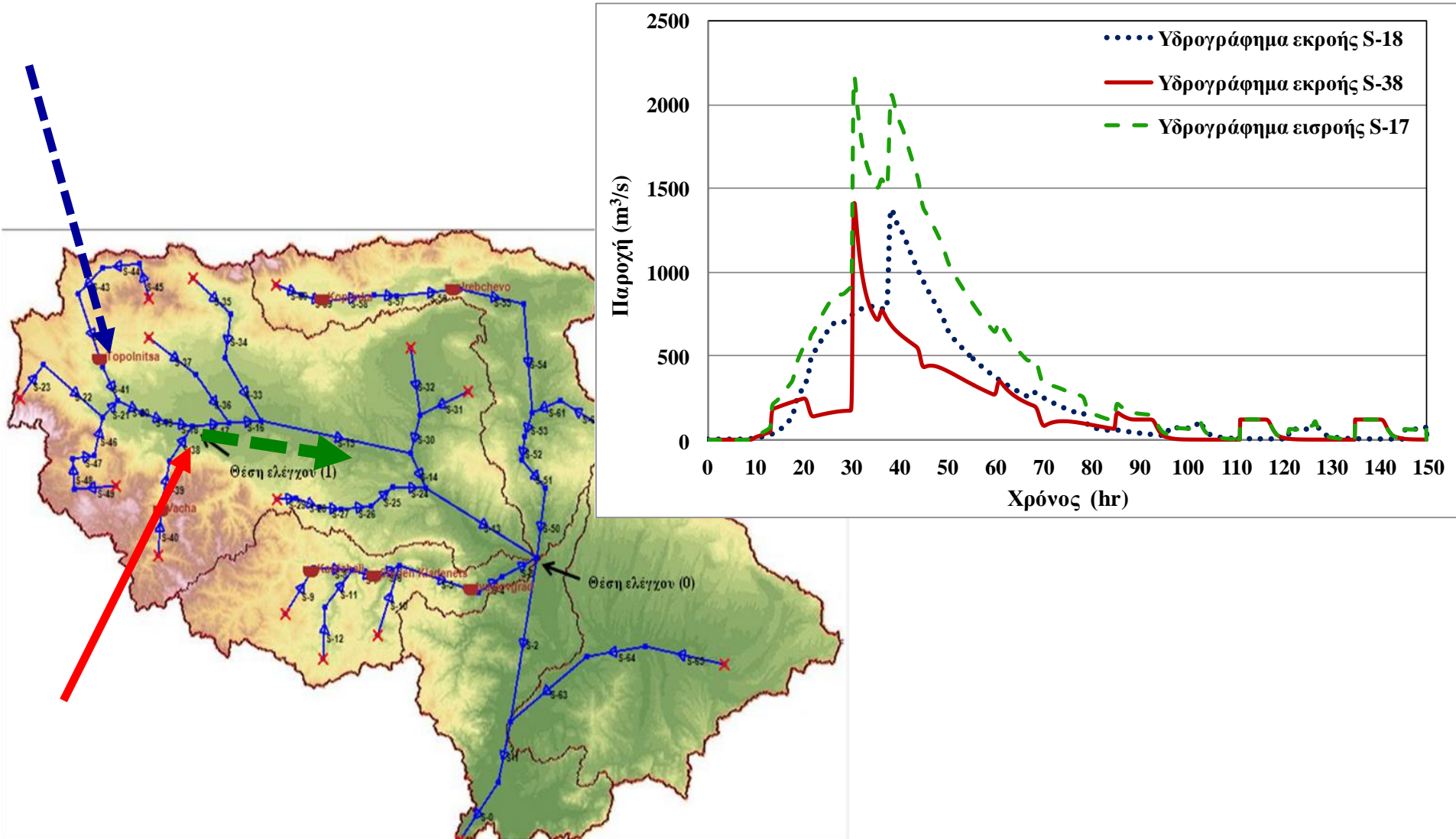
Έστω ότι κρατούνται κλειστά τα θυροφράγματα των υπερχειλιστών, ώστε να μεγιστοποιείται ο αποθηκευμένος όγκος νερού.

Έστω η βροχή της 2/10/2005, καταγεγραμμένη σε 17 σταθμούς (από 6.4 mm έως 73.7 mm)



Ανοίγουν ξαφνικά τα θυροφράγματα Vacha και Topolnitsa.

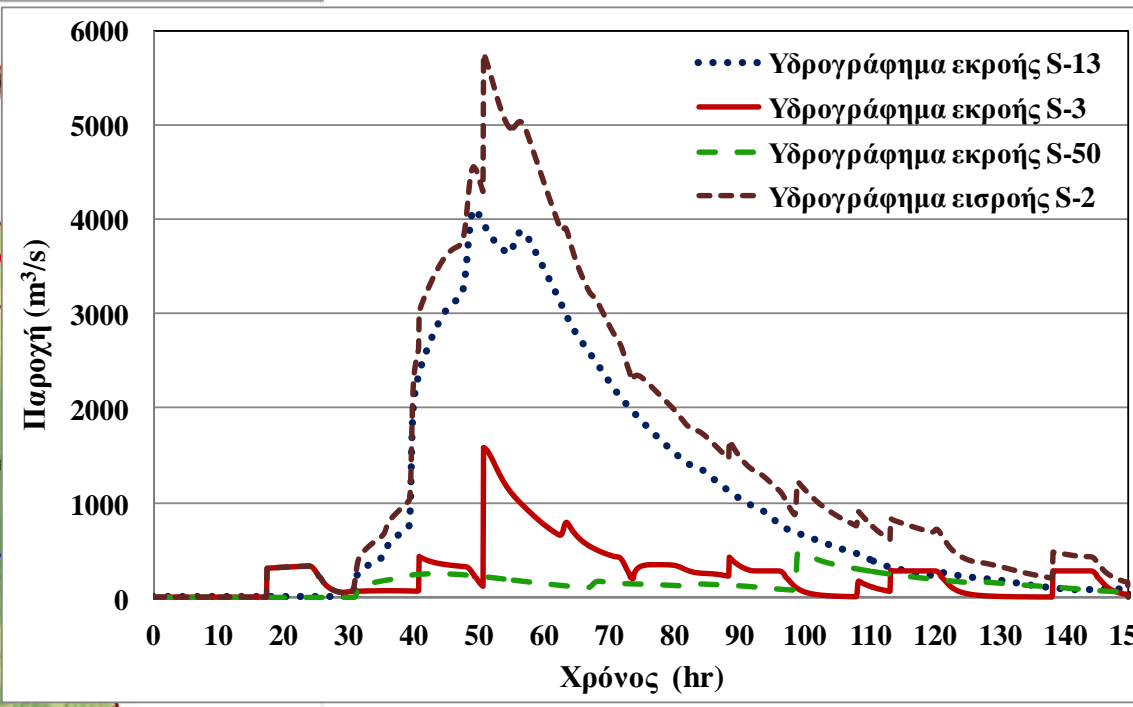
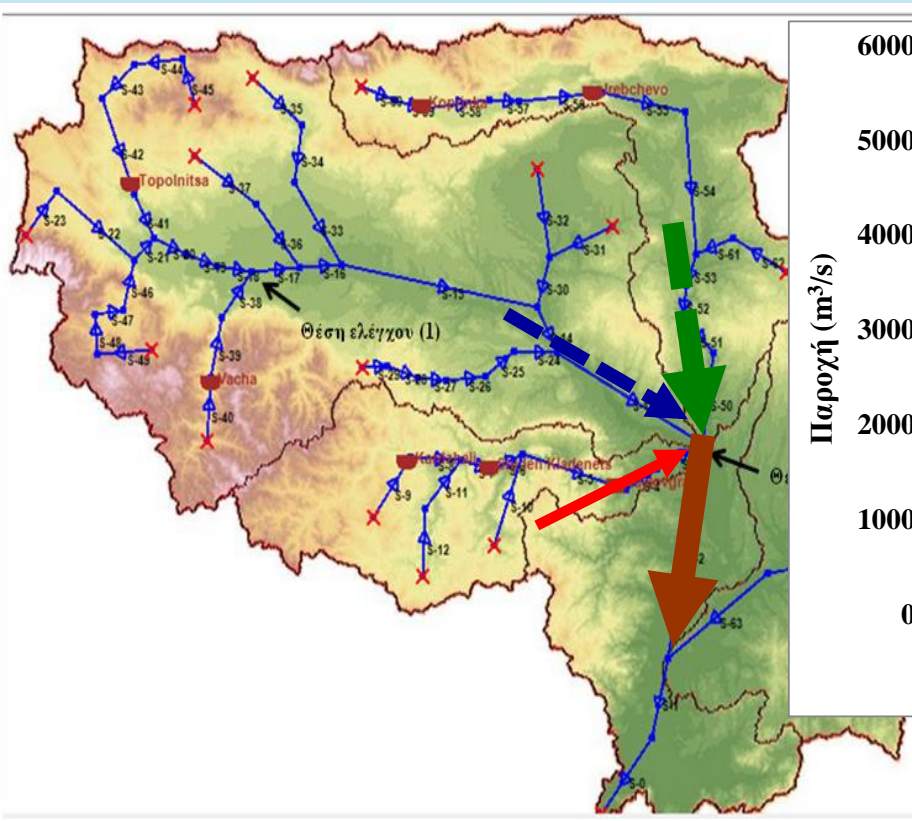
«Αθροίζονται» τα υδρογραφήματα και δημιουργούν παροχή αιχμής μετά τη συμβολή τους 2100 m³/s



Μετά τη συμβολή Maritsa, Tuntza, Άρδα δημιουργείται μια υψηλότερη πλημμυρική αιχμή της τάξεως των $5766 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ενεργειακό αποτέλεσμα (όφελος) της τάξεως των $45,892 \text{ MWh}$

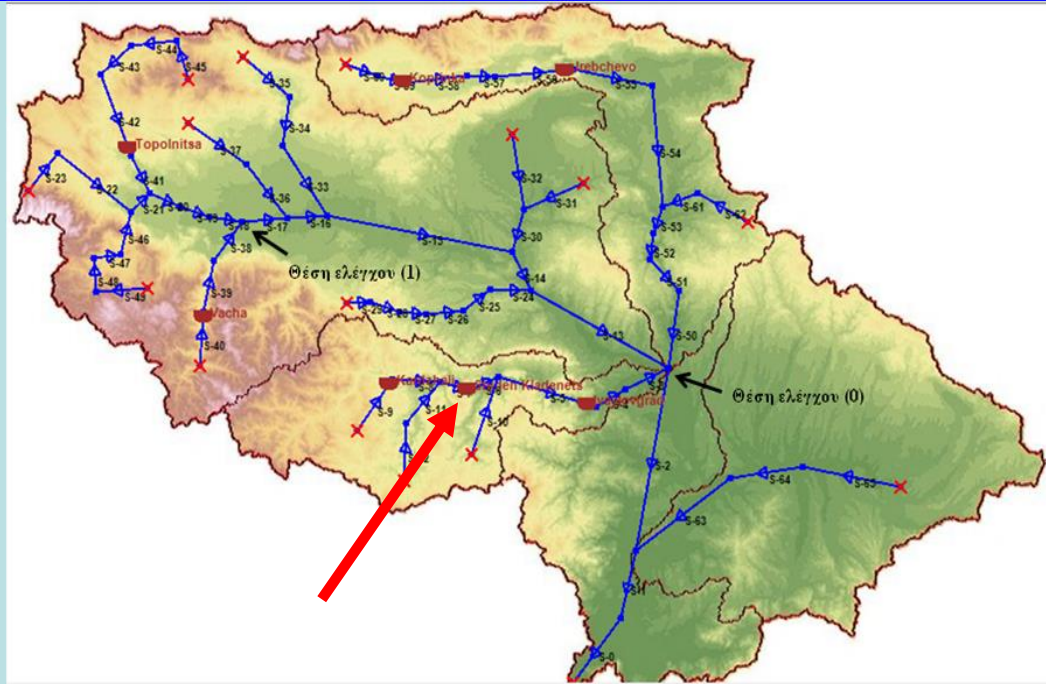
Αν δεν υπήρχαν καθόλου φράγματα, για την ίδια βροχή, θα προέκυπτε πλημμυρική αιχμή ίση με $5364 \text{ m}^3/\text{s}$, δηλαδή κατά $402 \text{ m}^3/\text{s}$ μικρότερη



Σενάριο Σ2:

Υποβιβάζεται η στάθμη του ταμιευτήρα του φράγματος Student Kladenets (επί του Άρδα) κατά 5.0 m, που με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υδροστροβίλων του αντιστοιχεί σε

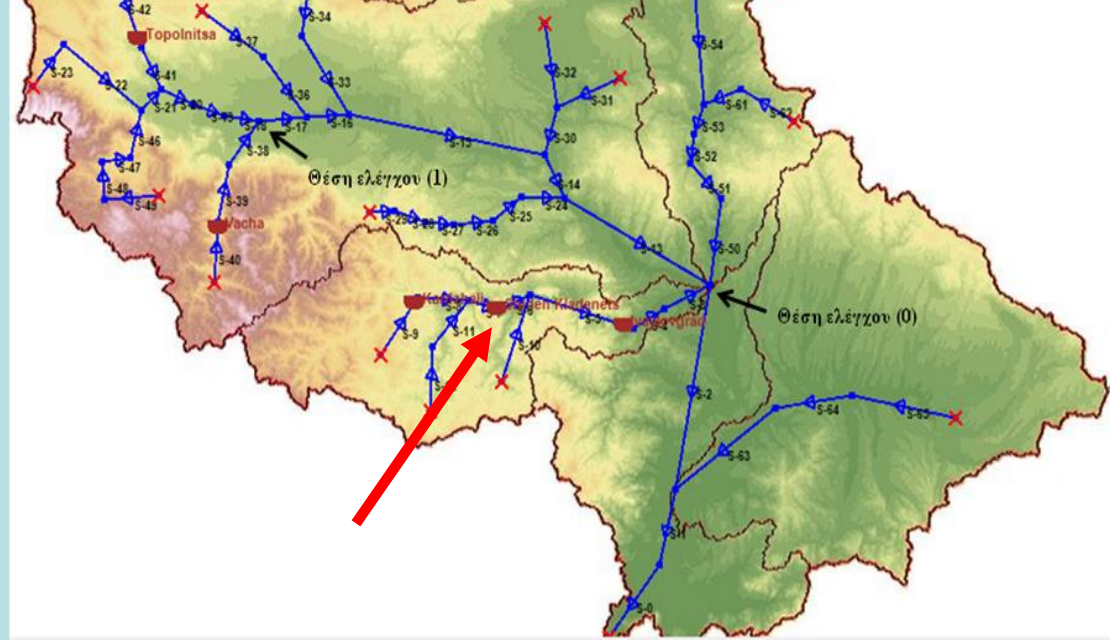
24ωρη παραγωγή ενέργειας για περίπου 3 μέρες πριν αρχίσει η βροχή και 8ωρη ηθελημένη παραγωγή ενέργειας στη συνέχεια κατά τη διάρκεια του πλημμυρικού επεισοδίου.



Ως αποτέλεσμα προκύπτει παροχή αιχμής 4564 m³/s στη θέση ελέγχου (0) στην Ανδριανούπολη, δηλαδή σημαντικά μικρότερη σε σχέση με του σεναρίου Σ1, που ήταν 5766 m³/s.

Το ενεργειακό αποτέλεσμα (όφελος) είναι ελαφρώς μικρότερο σε σχέση με το σενάριο βάσης Σ1

Υποβιβάζεται η στάθμη του ταμιευτήρα του φράγματος Student Kladenets (επί του Άρδα) κατά 5.0 m, που με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υδροστροβίλων του αντιστοιχεί σε



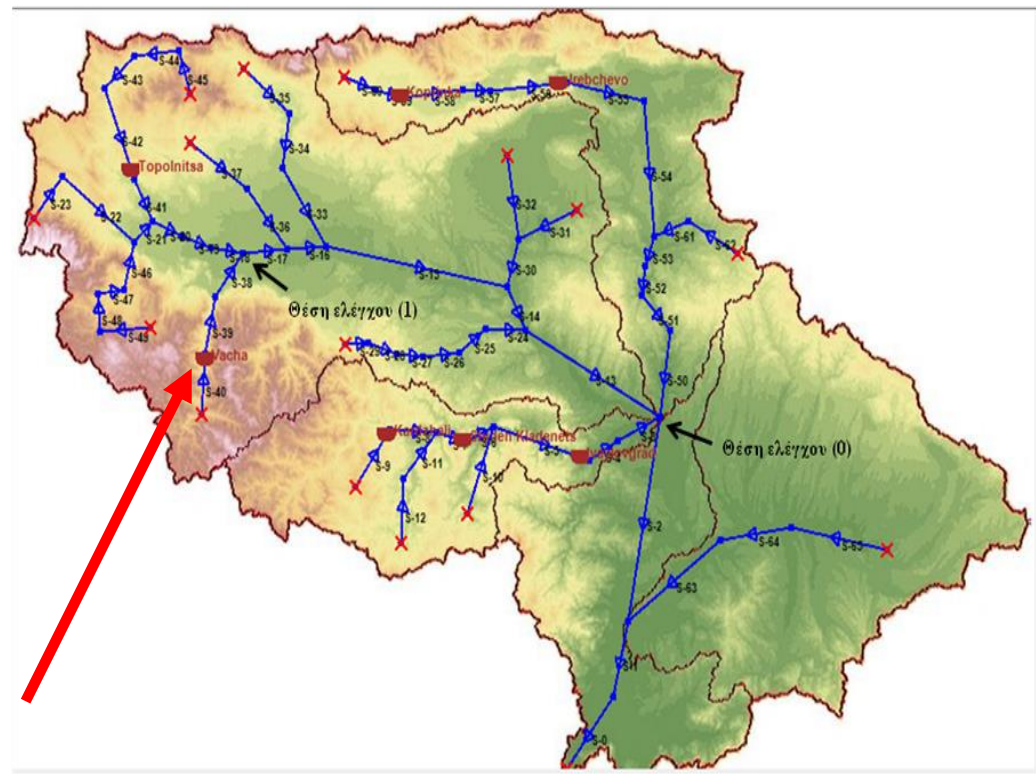
24ωρη παραγωγή ενέργειας για περίπου 3 μέρες πριν αρχίσει η βροχή και 24ωρη ηθελημένη παραγωγή ενέργειας στη συνέχεια κατά τη διάρκεια του πλημμυρικού επεισοδίου.

Ως αποτέλεσμα προκύπτει ακόμα μικρότερη παροχή αιχμής $4400 \text{ m}^3/\text{s}$ στη θέση ελέγχου (0) στην Ανδριανούπολη.

Το ενεργειακό αποτέλεσμα (όφελος) είναι μεγαλύτερο από όλα τα προηγούμενα.

Σενάριο Σ4:

Επιλέγεται 24ωρη παραγωγή ενέργειας 3 μέρες πριν αρχίσει η βροχή αλλά και κατά τη διάρκεια του πλημμυρικού επεισοδίου με στόχο τον υποβιβασμό της στάθμης του ταμιευτήρα του φράγματος Vacha.



Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν τα καλύτερα από όλες τις προηγούμενες περιπτώσεις, καθώς η παροχή αιχμής μειώθηκε περαιτέρω σε 3965 m³/s στη θέση ελέγχου (0) στην Ανδριανούπολη, και το ενεργειακό αποτέλεσμα (όφελος) αυξήθηκε ακόμα περισσότερο.

➤ Γίνεται φανερή η σημασία της ορθολογικής διαχείρισης των φραγμάτων σε συνδυασμό με έγκαιρη πρόβλεψη και προσομοίωση τόσο για τον μετριασμό ή αποφυγή πλημμυρών όσο και για την παραγωγή ενέργειας.

➤ Συντονίζοντας τις ενέργειες εκτόνωσης των φραγμάτων είναι δυνατό, όχι μόνο να ελαττωθούν οι πλημμυρικές αιχμές, αλλά πολλές φορές ακόμα και να αυξηθεί το οικονομικό όφελος.

➤ Στα παραπάνω σενάρια εργασίας επιχειρήθηκε εναλλακτικός χειρισμός σε ένα κάθε φορά φράγμα, και όπως προέκυψε, είναι δυνατό να βελτιωθεί σημαντικά το τελικό αποτέλεσμα.

➤ Βέβαια το πρόβλημα των κατάλληλων χειρισμών σε κάθε φράγμα, ώστε να προκύψει μέγιστο οικονομικό όφελος και αποφυγή πλημμυρών δεν είναι καθόλου απλό, καθώς γίνεται αντιληπτός ο τεράστιος αριθμός συνδυασμών χειρισμού των φραγμάτων.

➤ Όμως η βέλτιστη λύση βρίσκεται σε έναν από τους παραπάνω συνδυασμούς ενεργειών, πρέπει να αναζητηθεί με έναν συστηματικό – μαθηματικό τρόπο, και αναμένεται να είναι εξαιρετικά επωφελής.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ: Λύση στις ήπιες δράσεις (non-structural measures) αντιπλημμυρικής προστασίας

❖ Πρόγνωση πλημμύρας και κατάλληλη διαχείριση

- Είναι πολύ σημαντική και μπορεί να μας γλυτώσει από πολλές πλημμύρες
- Για την περίπτωση του διακρατικού ποταμού Έβρου, η δράση της ορθολογικής διαχείρισης των φραγμάτων σε συνδυασμό με έγκαιρη πρόγνωση και προσομοίωση βροχόπτωσης – απορροής βρέθηκε ότι σε ακραία μετεωρολογικά επεισόδια (ισχυρή βροχόπτωση) είναι δυνατό με κατάλληλη διαχείριση των φραγμάτων να μετριαστούν ή ακόμα και να αποφευχθούν πλημμύρες κατάντη, χωρίς (πιθανότατα) οικονομικές απώλειες στην παραγωγή ενέργειας.