

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

8ου ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΥΔΡΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ

Επιμέλεια Εκδοσης
Γ. Χριστοδούλου, Α. Στάμου, Αικ. Νάνου

**ΑΘΗΝΑ
19-21 Απριλίου 2000**

**ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ ΕΠΙΣΥΜΒΑΣΗΣ ΑΚΡΑΙΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ
ΡΟΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ
ΓΙΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ**

Διονυσία Παναγούλια¹ και Γιώργος Δήμου²

¹ Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,
Τομέας Υδατικών Πόρων – Υδραυλικών & Θαλάσσιων Έργων,
Ηρώων Πολυτεχνείου 5, Ζωγράφου 15780, Αθήνα
e-mail: dpanag@central.ntua.gr

² Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Βουτυρά 7, Βούλα 16673.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αναλύονται οι επισυμβάσεις γεγονότων πλημμύρας και χαμηλών ροών για σενάρια αύξησης θερμοκρασίας και αλλαγής κατακρημνίσματος που προσομοιώνουν την αλλαγή του κλίματος. Ορίζονται τόσο η ημέρα επισύμβασης πλημμύρας όσο και η ημέρα επισύμβασης χαμηλής ροής και με βάση αυτές προσδιορίζονται τα επεισόδια κατά την περίοδο μελέτης των πλημμυρικών και χαμηλών ροών. Και οι δύο προσομοιώσεις κλιματικής αλλαγής (15 υποθετικά και 2 GISS σενάρια) προβλέπουν πολυαριθμότερες επισυμβάσεις πλημμυρών και χαμηλών ροών. Για την πλημμύρα με τη μικρότερη οριακή τιμή οι επισυμβάσεις είναι περισσότερες από εκείνες για τη μεγαλύτερη τιμή πλημμύρας

**SENSITIVITY OF OCCURRENCE OF EXTREME FLOW
EVENTS TO GLOBAL CLIMATE CHANGE FOR
HYDROLOGICAL DESIGN**

Dionysia Panagoulia¹ and George Dimou²

¹ National Technical University of Athens, Department of Civil Engineering,
Division of Water Resources – Hydraulic and Maritime Engineering,
5 Iroon Polytechniou, 15780 Zographou, Athens, Greece
e-mail: dpanag@central.ntua.gr

² Dr civil engineer, 7 Voutyra, 16673 Voula, Athens, Greece

ABSTRACT

The sensitivity of occurrence of flood and low-flow events is analyzed for scenarios of temperature increase and precipitation change which simulate the global climate change. The flood and low-flow days are defined. Based on this definition (thresholds), the episodes over the consideration period for flood and low flows are determined. Both simulations of climate change (15 hypothetical and 2 GISS scenarios) resulted in more flood and low-flow occurrences. The lower flood threshold indicated more occurrences than the upper one, but the latter showed the greatest changes in these occurrences.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο άνθρωπος πάντοτε είχε να αντιμετωπίσει τις ιδιοτροπίες του καιρού και του κλίματος και τα σχετιζόμενα με αυτές προβλήματα των ακραίων υδρολογικών γεγονότων, δηλαδή πλημμύρες, χαμηλές ροές και ξηρασίες. Ωστόσο, πρόσφατες εμφανίσεις των ακραίων πλημμυρών σε περιοχές του πλανήτη που δεν είχαν εμπειρία σε τέτοια γεγονότα ή σε χώρες γειτονικές σε άλλες που υποφέρουν από χαμηλές ροές και ξηρασίες, έχουν αυξήσει την ανάγκη για πλήρη διερεύνηση τέτοιου είδους ακραίων γεγονότων.

Οι μεθοδολογίες βέλτιστης πολιτικής διαχείρισης και ελέγχου των ακραίων γεγονότων ροής, όπως είναι τα έμπειρα συστήματα, τα νευρωνικά προσομοιώματα και τα συστήματα στήριξης αποφάσεων, δεν έχουν φυσική δομή και υπόκεινται σε υψηλό βαθμό αβεβαιότητας [4]. Γιαντό το λόγο, οι περισσότερες προσπάθειες που αντιμετωπίζουν ακραία γεγονότα ροής εστιάζονται στην καλύτερη κατανόηση της φυσικής διαδικασίας του προβλήματος, δηλαδή τις συνιστώσες αιτία-αποτελέσματα.

Ενώ τα συστήματα καιρού που προκαλούν αστραπιαίες πλημμύρες και χαμηλές ροές βρίσκονται ακόμη στη φάση της μελέτης-κατανόησης, οι επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου και οι άμεσες ανθρωπογενείς δραστηριότητες (αποψίλωση δασών, γεωργία, αστικοποίηση), όπως επίσης οι εξ αποστάσεως κλιματικές επιδράσεις (El Niño/Southern Oscillation phenomena), έχουν θεωρηθεί υπεύθυνες για επισυμβάσεις πλημμυρών [2]. Ωστόσο, κανένα από τα προσομοιώματα ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας (GCMs), ή από τα σχήματα αποκλιμάκωσή τους ή ακόμη και τα πολλά υποσχόμενα προσομοιώματα SVAT (Μεταφορά Ροών μεταξύ Εδάφους, Βλάστησης και Ατμόσφαιρας) [2], δεν είναι σε θέση να προσομοιώσουν και να προβλέψουν επακριβώς τέτοια καταστροφικά γεγονότα σε οποιαδήποτε χωρική ή χρονική κλίμακα.

Μέχρις ότου καταστεί δυνατό να οριστεί μια αξιόπιστη διασύνδεση μεταξύ των προσομοιωμάτων κλίματος, υδρολογίας και οικοσυστήματος, όσον αφορά τα γεγονότα πλημμύρας και χαμηλών ροών, η υδρολογική ανάλυση τέτοιων επεισοδίων είναι δυνατό να γίνεται με σενάρια παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Σύμφωνα με την άποψη αυτή, τα διαθέσιμα επιφανειακά μετεωρολογικά δεδομένα εισόδου στα υδρολογικά προσομοιώματα πρέπει να προσαρμοστούν (ρυθμιστούν) έτσι ώστε να ερμηνεύουν τα κλιματικά σενάρια που βασίζονται στις προβλέψεις των GCMs. Τέτοιες προβλέψεις είναι αυτές που προκύπτουν από τα GCMs για δυπλασιασμό του διοξειδίου του άνθρακα, ή εκείνα που προκύπτουν από την κλιματολογική βιβλιογραφία ως ένα εύρος από αληθοφανείς τιμές στις αλλαγές των μετεωρολογικών μεταβλητών (θερμοκρασία, κατακρήμνισμα, κλπ) [8, 9].

Αντικειμενικός στόχος αυτού του άρθρου είναι να αναλύσει την ευαισθησία της επισύμβασης γεγονότων πλημμύρας και χαμηλής ροής (ημέρες ανά έτος και επεισόδια για την περίοδο μελέτης) για ένα σύνολο από υποθετικά και μηνιαία GISS (Goddard Institute for Space Studies) προσομοιωμένα σενάρια κλιματικών αλλαγών. Μία εμβριθής κατανόηση επισυμβάσεων πλημμύρας και χαμηλής ροής κάτω από συνθήκες κλιματικής αλλαγής είναι μεγάλης σπουδαιότητας όσον αφορά το σχεδιασμό και τη διαχείριση των συστημάτων υδατικών πόρων.

2. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ – Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ

Ο Αχελώος ποταμός στην έξοδό του από την ορεινή λεκάνη της Μεσοχώρας στην Κεντρική Ελλάδα, επιλέχθηκε για την ανάλυση ευαισθησίας της επισύμβασης

πλημμύρας και χαμηλής ροής σε παγκόσμια κλιματική αλλαγή. Το βασικό κριτήριο για την επιλογή αυτή ήταν η γεωγραφική και υδρολογική σπουδαιότητα λόγω της μερικής εκτροπής του ποταμού για αρδευτικούς και υδροηλεκτρικούς σκοπούς. Το τμήμα του ποταμού που διασχίζει τη λεκάνη της Μεσοχώρας ρέει ελεύθερα (χωρίς εκτροπές ή άλλες ρυθμίσεις ροής).

Η έκταση της λεκάνης είναι περίπου 633 km² με μέσο ετήσιο κατακρήνισμα (ζυγισμένος μέσος όρος για τις υψομετρικές ζώνες) περίπου 1900mm και ισοδύναμο ύψος απορροής 1170mm [8, 9]. Το κλίμα της λεκάνης εξαρτάται από το υψόμετρο, δηλαδή ζεστά καλοκαίρια-ήπιοι χειμώνες στα χαμηλά υψόμετρα και ήπια καλοκαίρια - κρύοι χειμώνες στα υψηλά υψόμετρα. Το μέσο υψόμετρο είναι 1390m και το υδρολογικό καθεστώς της λεκάνης ελέγχεται από χιονόπτωση και τήξη χιονιού στα υψηλά υψόμετρα.

Η προσέγγιση της εννοιολογικής υδρολογικής προσομοίωσης υιοθετήθηκε στη συγκεκριμένη μελέτη για την αναπαραγωγή της απορροής της μετρίου μεγέθους λεκάνης. Χρησιμοποιήθηκαν δύο υδρολογικά προσομοιώματα. Το προσομοίωμα της τήξης του χιονιού που χρησιμοποιήθηκε, αναπτύχθηκε από τον Eric Anderson (US National Weather Service Hydrologic Research Laboratory) [1] και έχει ελεγχθεί σε ορεινές λεκάνες στις Δυτικές Ηνωμένες Πολιτείες, τις χώρες της Μεσογείου και αλλού. Περιγράφει την αλλαγή στην αποθήκευση νερού και θερμότητας στη χιονοστιβάδα, βασίζόμενο σε εξάωρα διαστήματα δεδομένων κατακρημνίσματος και θερμοκρασίας.

Το προσομοίωμα εκτίμησης εδαφικής υγρασίας που αναπτύχθηκε από τους Burnash *et al.* [3] και έχει ευρύτατα χρησιμοποιηθεί. Είναι προσδιοριστικό, συγκεντρωμένης παραμέτρου εννοιολογικό προσομοίωμα που αναλυτικά υπολογίζει τη ροή της εδαφικής υγρασίας μεταξύ πέντε ζωνών αποθήκευσης. Η μεταφορά του νερού μεταξύ των ζωνών εδαφικής υγρασίας ρυθμίζει την απόκριση της απορροής. Τα δεδομένα εισόδου στο προσομοίωμα της απορροής είναι τα αποτελέσματα (έξοδοι) του προσομοιώματος τήξης χιονιού «ημερήσιο νερό βροχής και τήξης» και η μέση μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή, που στη συγκεκριμένη μελέτη εκτιμήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο Penman [10] και επιμερίστηκε από το προσομοίωμα εδαφικής υγρασίας σε ημερήσια διαστήματα.

Το προσομοίωμα τήξης χιονιού εφαρμόστηκε κάνοντας χρήση της μεθοδολογίας των υψομετρικών ζωνών. Η λεκάνη διαιρέθηκε σε τρεις υψομετρικές ζώνες (περίπου 30% της όλης έκτασης για κάθε μία από τις άνω και μεσαία ζώνη και 40% για την κάτω ζώνη). Χρησιμοποιήθηκαν έντεκα σταθμοί κατακρημνίσματος και τρεις σταθμοί θερμοκρασίας. Το μέσο ύψος κατακρημνίσματος (MAP) εκτιμήθηκε ως το μέσο ζυγισμένο αποτέλεσμα του προσομοιώματος τήξης για τις τρεις υψομετρικές ζώνες (με βάρος ανάλογο προς την έκταση της υψομετρικής ζώνης). Το MAP στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε ως δεδομένο εισόδου στο προσομοίωμα εκτίμησης εδαφικής υγρασίας.

Τα προσομοιώματα ρυθμίστηκαν απλά και οι παράμετροι τους (για τη 15ετή περίοδο της μελέτης) προέκυψαν ακολουθώντας τη διαδικασία «δοκιμής-εκτίμησης σφάλματος», που εκτελέστηκε συγχρόνως και για τα δύο προσομοιώματα.

Τα τυπικά μηνιαία σφάλματα προσομοίωσης (μηνιαίες διαφορές μεταξύ προσομοιωμένης και μετρημένης απορροής), εκπεφρασμένα ως ποσοστά της μετρημένης απορροής, ήταν της τάξης του 10-15% (για τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο έφθασαν το 23%). Η ανάλυση σφάλματος της ημερήσιας απορροής, όπως και του όγκου απορροής τριών ημερών έδωσε καλή αναπαραγωγή της μετρημένης ημερήσιας απορροής [7].

8ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης

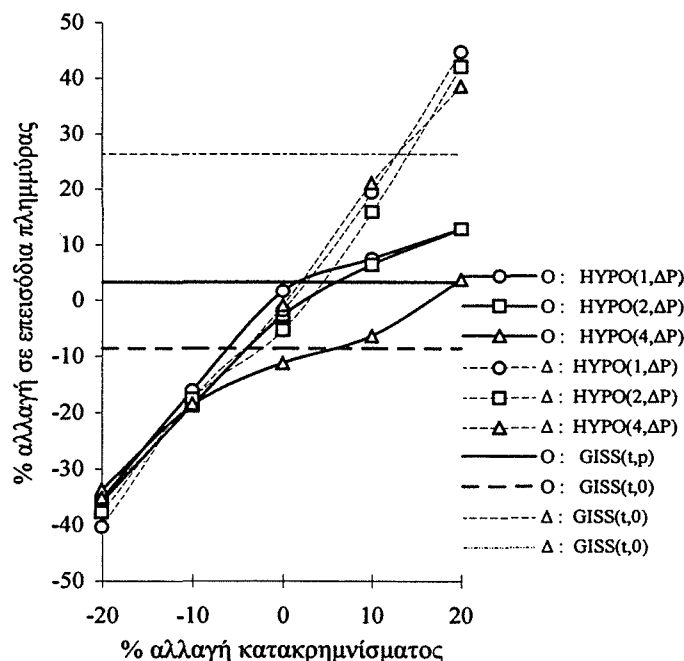
Τα ιστορικά δεδομένα εισόδου ρυθμίστηκαν για κλιματική αλλαγή η οποία προσομοιώθηκε για:

- (α) δεκαπέντε υποθετικά σενάρια κωδικοποιημένα ως $\text{HYPO}(\Delta T, \Delta P)$, όπου ΔT η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1, 2 and 4 °C και ΔP η αλλαγή στο ύψος κατακρημνίσματος κατά 0, ± 10 και ± 20 % [9], και
- (β) Δύο GISS προκύψαντα μηνιαία σενάρια, το ένα με αλλαγές στο ύψος του κατακρημνίσματος και στη θερμοκρασία, κωδικοποιημένο ως $\text{GISS}(t, p)$, και το άλλο μόνο με αλλαγές θερμοκρασίας, κωδικοποιημένο ως $\text{GISS}(t, 0)$ [8].

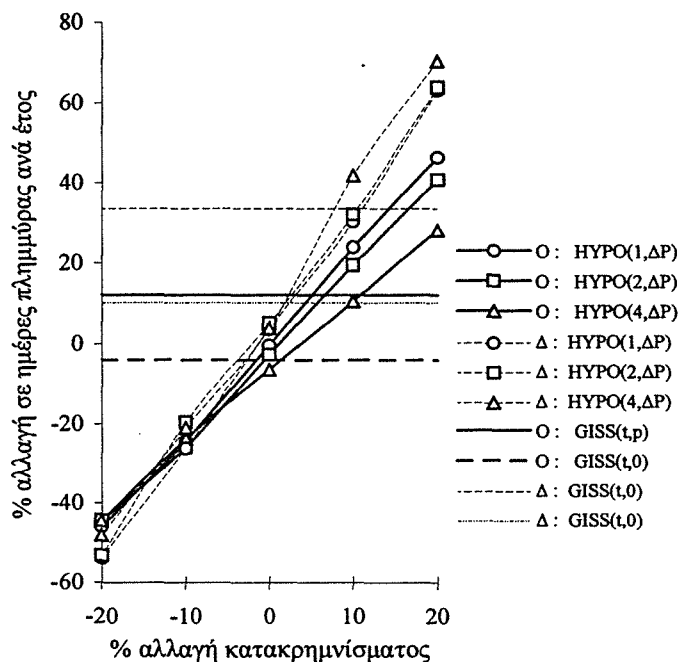
3. ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΡΟΗΣ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Δύο οριακές τιμές υιοθετήθηκαν για να οριστεί η ημέρα επισύμβασης πλημμύρας: η ημέρα με τη διπλάσια και την τριπλάσια μέση μακροχρόνια ημερήσια απορροή [5]. Για την ημέρα επισύμβασης χαμηλής ροής, ορίστηκε μία οριακή τιμή που αντιστοιχούσε στο τέταρτο της μέσης μακροχρόνιας ημερήσιας απορροής.

Για όλες τις οριακές τιμές και σύμφωνα με τη θεωρία «των δρόμων απόκλισης» (runs theory) η επισύμβαση της πλημμύρας και της χαμηλής ροής προσδιορίστηκαν με τον υπολογισμό του αριθμού των επεισοδίων πλημμύρας και χαμηλής ροής για την περίοδο που εξετάζεται. Για τις επιλεγμένες οριακές τιμές (διπλάσια και τριπλάσια μέση μακροχρόνια ημερήσια απορροή 0,66cm και 0,98 cm αντίστοιχα για τα πλημμυρικά γεγονότα και ένα τέταρτο της μέσης μακροχρόνιας ημερήσιας απορροής 0,082 cm για



Σχήμα 1. Μέσος αριθμός επεισοδίων πλημμύρας συναρτήσει αλλαγών κατακρημνίσματος



Σχήμα 2. Μέσος αριθμός ημερών πλημμύρας ανά έτος συναρτήσει αλλαγών κατακρημνίσματος.

τα γεγονότα χαμηλής ροής), η απόκριση των ακραίων επεισοδίων έχει προσομοιωθεί για περίοδο 15 ετών και για 18 εναλλακτικά κλίματα (15 HYPO, 2 GISS και τη βασική κατάσταση-ιστορικά δεδομένα).

Η μέση τιμή για την περίοδο των 15 ετών των ακραίων επεισοδίων σε ποσοστιαίες αλλαγές απεικονίζονται στα Σχ. 1-4 για όλα τα όρια. Για τις επισυμβάσεις πλημμύρας το κάτω όριο (0,66cm) έχει συμβολιστεί με Ο και το άνω όριο (0,98 cm) με Δ. Η ερμηνεία των Σχημάτων αυτών δίνεται στη συνέχεια.

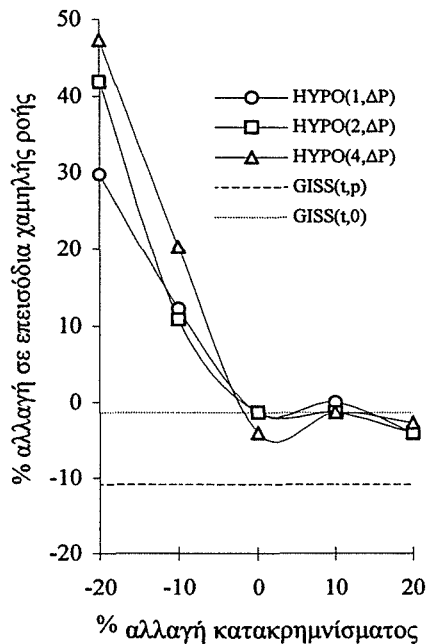
3.1 Επεισόδια πλημμύρας

Τα επεισόδια πλημμύρας (Σχήμα 1) αυξήθηκαν ελαφρά για αυξημένου κατακρημνίσματος HYPO κλίματα και τα GISS(t, p) κλίματα για το άνω όριο, ενώ αυξήθηκαν σημαντικά για αυξημένου κατακρημνίσματος HYPO σενάρια και το GISS(t, p) σενάριο για το άνω όριο. Η αύξηση της θερμοκρασίας άφησε σχεδόν αμετάβλητες τις επισυμβάσεις πλημμύρας για μειωμένου κατακρημνίσματος HYPO σενάρια και για τα δύο όρια και μείωσε σημαντικά τις επισυμβάσεις πλημμύρας για τα αυξημένου κατακρημνίσματος HYPO σενάρια για το κάτω όριο όπως και για το HYPO ($\Delta T, 20$) του άνω ορίου. Το κάτω όριο έδωσε περισσότερα πλημμυρικά επεισόδια από όσα το άνω όριο, αλλά το τελευταίο έδωσε τις μεγαλύτερες αλλαγές στον αριθμό των επισυμβάσεων.

3.2 Ημέρες πλημμύρας ανά έτος

Ο μέσος αριθμός των ημερών πλημμύρας ανά έτος για τα δύο όρια και για όλα τα εναλλακτικά κλίματα παρουσιάζεται στο Σχήμα 2. Αν και η αύξηση του κατακρημνίσματος αύξησε τον αριθμό των ημερών πλημμύρας και για τις δύο οριακές τιμές, η αύξηση της θερμοκρασίας άφησε σχεδόν ανεπηρέαστο τον αριθμό αυτό για τα κλίματα με μείωση του κατακρημνίσματος.

Τα σενάρια HYPO χωρίς μεταβολή του κατακρημνίσματος και για τα δύο όρια καθώς και το σενάριο GISS(*t*,0) για το κάτω όριο δεν επηρέασαν σημαντικά τις ημέρες επισύμβασης πλημμύρας. Επίσης, η αύξηση της θερμοκρασίας ελάττωσε τον αριθμό των ημερών πλημμύρας για τα σενάρια με αύξηση της θερμοκρασίας για το κάτω όριο και αύξησε αυτόν ελαφρά για τα σενάρια με αύξηση του κατακρημνίσματος για το άνω όριο. Επιπλέον, το κάτω όριο έδειξε μεγαλύτερο αριθμό ημερών πλημμύρας από ότι το άνω όριο αν και το δεύτερο παρουσίασε τις μεγαλύτερες αλλαγές στον αριθμό ημερών πλημμύρας.



Σχήμα 3. Μέσος αριθμός επεισοδίων χαμηλής ροής συναρτήσει αλλαγών κατακρημνίσματος.

3.3 Επεισόδια χαμηλής ροής

Το Σχήμα 3 δείχνει περισσότερα επεισόδια χαμηλής ροής για μείωση του κατακρημνίσματος και παρόμοια συμπεριφορά για μηδενική μεταβολή ή αύξηση του κατακρημνίσματος για όλα τα HYPO και GISS(*t*,0) σενάρια. Η αύξηση της θερμοκρασίας αύξησε τις ημέρες επισύμβασης χαμηλής ροής για τα μειωμένου κατακρημνίσματος κλίματα, ενώ δεν επηρέασε εκείνα με αυξημένο κατακρημνισμό. Η ουδέτερη απόκριση των επεισοδίων χαμηλής ροής σε αύξηση του κατακρημνίσματος μπορεί να αποδοθεί στην υδρολογία της λεκάνης και τις ιδιότητες του εδάφους όπως επίσης στις προηγούμενες συνθήκες ενεργού βροχόπτωσης αφού οι χαμηλές ροές στη λεκάνη της Μεσοχώρας τείνουν να εμφανίζονται αργά το καλοκαίρι μετά από παρατεταμένες ξηρές περιόδους.

3.4 Ημέρες χαμηλής ροής ανά έτος

Ο μέσος αριθμός των ημερών χαμηλής ροής ανά έτος για όλα τα εναλλακτικά κλίματα φαίνεται στο Σχήμα 4. Τα σενάρια HYPO (1, 20) και HYPO (2, 20) έδωσαν ελαφρά μικρότερο αριθμό ημερών χαμηλής ροής. Όλα τα σενάρια μειωμένου κατακρημνί-

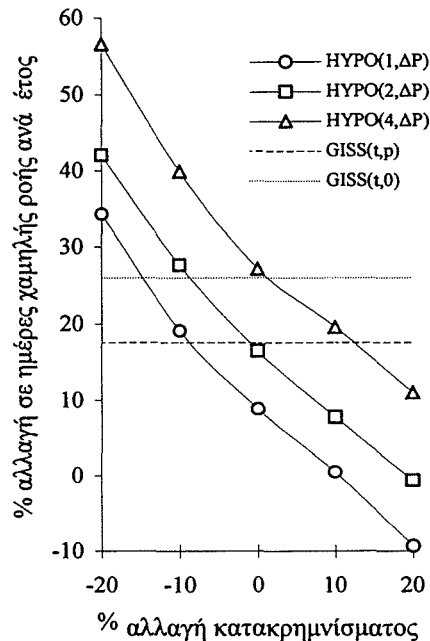
σματος και αυξημένης θερμοκρασίας αύξησαν προοδευτικά τον αριθμό των ημερών χαμηλής ροής. Μεταξύ των δύο σεναρίων GISS το σενάριο GISS($t,0$) έδωσε περισσότερες ημέρες με χαμηλή ροή, ενώ μεταξύ των HYPO και GISS σεναρίων τα HYPO(1,-10) HYPO(2,0) και HYPO(4,10) σενάρια προσέγγισαν το σενάριο GISS(t,p).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την παρούσα μελέτη συμπεραίνεται ότι τα γεγονότα πλημμύρας και χαμηλής ροής που εξετάστηκαν με όρους επισύμβασης επηρεάζονται κυρίως από τις αλλαγές κατακρημνίσματος και δευτερευόντως από την αύξηση της θερμοκρασίας οι οποίες προσομοιώνονται με υποθετικά και GISS κλίματα. Παρά τον δευτερεύοντα ρόλο η αύξηση της θερμοκρασίας έγινε η αιτία ώστε τα γεγονότα πλημμύρας να ανταποκριθούν ασυνεπώς μεταξύ των δύο οριακών τιμών ιδιαίτερα για τα μειωμένου κατακρημνίσματος κλίματα και για την άνω οριακή τιμή οποία εκφράζει τις πλέον ακραίες πλημμύρες.

Ο αριθμός των επεισοδίων χαμηλής ροής παρουσίασε ουδέτερη απόκριση στη συζευγμένη αύξηση κατακρημνίσματος και θερμοκρασίας. Η πολύπλοκη αυτή συμπεριφορά θα μπορούσε να οφείλεται στην έλλειψη μιας ισχυρής απεικόνισης των πλημμυρικών και χαμηλών ροών από τα προσομοιώματα, την ομοιόμορφη εφαρμογή της κλιματικής αλλαγής και κυρίως στη διαδικασία εμφάνισης του κατακρημνίσματος, δηλαδή τη δομή της ακολουθίας των υγρών και ξηρών ημερών [7] η οποία παρέμεινε σταθερή για όλα τα κλιματικά σενάρια. Έχοντας λάβει υπόψη τους περιορισμούς που απαίτησαν οι υποθέσεις που έγιναν μπορούν να δοθούν τα παρακάτω γενικά συμπεράσματα:

- Ο αριθμός των επεισοδίων πλημμύρας αυξανόταν για τα κλίματα με αυξημένο κατακρημνισμό, ενώ η αυξημένη θερμοκρασία μείωσε τις επισυμβάσεις πλημμύρας για την κάτω οριακή τιμή και επηρέασε τυχαία εκείνα της άνω οριακής τιμής.
- Ο αριθμός των επεισοδίων χαμηλής ροής αυξήθηκε μόνο για κλίματα με χαμηλό κατακρημνισμό. Η αύξηση ήταν μεγαλύτερη για τα αυξημένης θερμοκρασίας σενάρια.
- Οι σημαντικές διαφορές στα αριθμητικά αποτελέσματα μεταξύ των κλιματικών περιπτώσεων αποδόθηκε στην ευρεία διακύμανση των αλλαγών στις κλιματικές αλλαγές.



Σχήμα 4. Μέσος αριθμός ημερών χαμηλής ροής συναρτήσει αλλαγών κατακρημνίσματος.

5. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Anderson, E.A., 1973, US National Weather Service river forecast system. Snow accumulation and ablation model, NOAA Technical Memorandum NWS HYDRO 17.
2. BAHC Core Project Office, 1993, Biospheric Aspects of the Hydrological Cycle, Report N° 27, Institut fur Meteorologie, Freie Universitat, Berlin.
3. Burnash, R.J.C., Ferral, R.L. and Macquire, R.A., 1973, A generalized streamflow simulation system conceptual modelling for digital computers, US National Weather Service, Sacramento, California, USA.
4. Kundzewicz, Z.W., Rosbjerg, D., Simonovic, S.P. and Takeuchi, K., 1993, Extreme hydrological events in perspective, *Proc. of Extreme Hydrological Events: Precipitation, Floods and Droughts*, IAHS Publ. N° 213, pp. 1-7.
5. Panagoulia, D. and Dimou, G., 1997, Sensitivity of flood events to global climate change, *Journal of Hydrology*, Vol. 191, pp. 208-222.
6. Panagoulia, D., 1995, Assessment of daily catchment precipitation in mountainous regions for climate change interpretation, *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 40(3), pp. 331-350.
7. Panagoulia, D., 1992, Hydrological modelling of a medium-sized mountainous catchment from incomplete meteorological data, *Journal of Hydrology*, Vol. 137(1-4), pp. 279-310.
8. Panagoulia, D., 1992, Impacts of GISS-modelled climate changes on catchment hydrology, *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 37(2), pp. 141-163.
9. Panagoulia, D., 1991, Hydrological response of a medium-sized mountainous catchment to climate changes, *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 36(6), pp. 525-547.
10. Veihmeyer, F.J., 1964, Evapotranspiration, Chapter 11', in: *Handbook of Applied Hydrology* (ed. V.T. Chow) McGraw Hill, New York, USA.