

Η Συμπεριφορά του Φράγματος Σμοκόβου

The Behaviour of Smokono Dam

ΝΤΟΥΝΙΑΣ, Γ. Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, ΕΔΑΦΟΣ Ε.Π.Ε.
ΔΕΔΕ, Β. Πολιτικός & Περιβαλλοντολόγος Μηχανικός MEng, ΕΔΑΦΟΣ Ε.Π.Ε.
ΝΤΑΛΗΣ, Δ. Γεωλόγος.
ΚΑΣΤΟΥΔΗΣ, Α. Πολιτικός Μηχανικός & Τοπογράφος Μηχανικός

ΠΕΡΙΛΗΨΗ : Το Φράγμα Σμοκόβου είναι λιθόρριπτο με ελαφρώς κεκλιμένο αργιλικό πυρήνα, μέγιστου ύψους 100m περίπου από τη στάθμη θεμελίωσης. Η κατασκευή του άρχισε το 1990 και ολοκληρώθηκε το 1995. Ο ταμιευτήρας παρέμεινε κενός μέχρι το 2002 οπότε και πληρώθηκε για πρώτη φορά, αφού ολοκληρώθηκαν τα απαραίτητα συνοδά έργα. Παρουσιάζεται η συμπεριφορά του φράγματος κατά την περίοδο ανάπαυσης και για διάστημα δύο ετών μετά την πρώτη πλήρωση. Εξετάζεται η απόκριση των πιεσομέτρων του πυρήνα, η εξέλιξη των καθιζήσεων, η εξέλιξη των διηθήσεων και η γενικότερη συμπεριφορά όπως εκφράσθηκε στα εγκατεστημένα όργανα παρακολούθησης.

ABSTRACT : Smokono Dam is an approximately 100m high rockfill dam with a slightly inclined clay core. Its construction began in 1990 and was completed in 1995. The reservoir remained empty until 2002 when it was impounded for the first time, once the necessary appertaining structures were completed. The behaviour of the dam during the rest period and during a two year period following its first impoundment is presented. The response of the core piezometers, the evolution of settlements and seepage are examined, as well as the overall behaviour as it was portrayed in the instruments installed.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Φράγμα Σμοκόβου κατασκευάστηκε στην περιοχή των κοινοτήτων Λουτροπηγής και Κτιμένης του Νομού Καρδίτσας, στη συμβολή των παραποτάμων του Ονόχωνου (Σοφαδίτης), Πενδάμη και Παπούσα με σκοπό την άρδευση 250 000 στρεμμάτων σε πεδινές περιοχές των Νομών Καρδίτσας, Φθιώτιδας και Λάρισας (Φωτ. 1, 2).

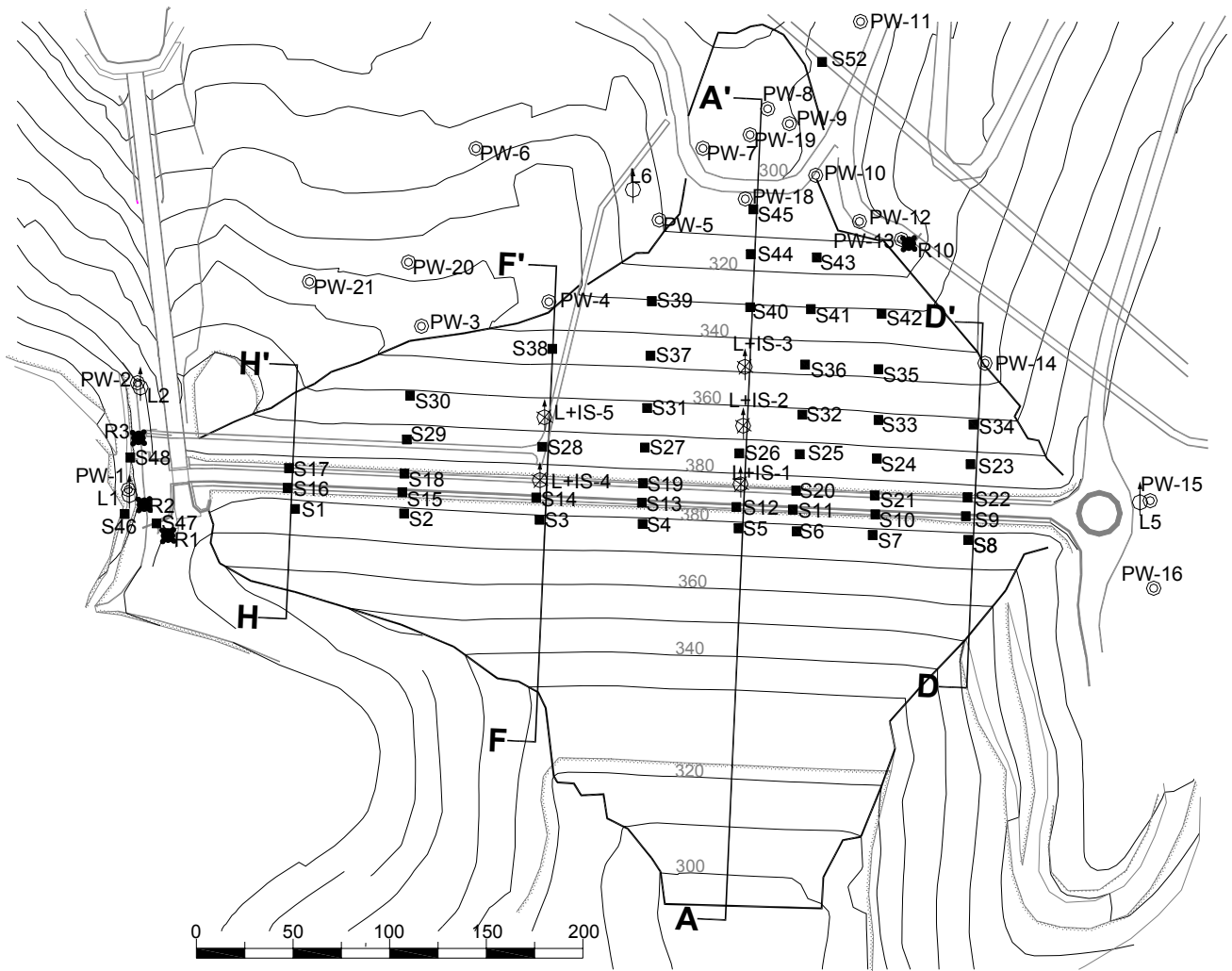
Το Φράγμα Σμοκόβου είναι λιθόρριπτο με κεκλιμένο αργιλικό πυρήνα, ύψους 100 m από τη θεμελίωση και συνολικού όγκου 3 500 000 m³. Η στέψη του φράγματος είναι στο υψόμετρο +382, έχει μήκος 460 m και πλάτος 11 m (Σχ. 1). Η κλίση των εξωτερικών παρειών του σώματος στήριξης, ανάντη και κατάντη, είναι 1:1.8 (κατ.:οριζ.). Η ανάντη παρειά του πυρήνα έχει κλίση 1:0.5 και η κατάντη 1:0.15 (Σχ. 2).



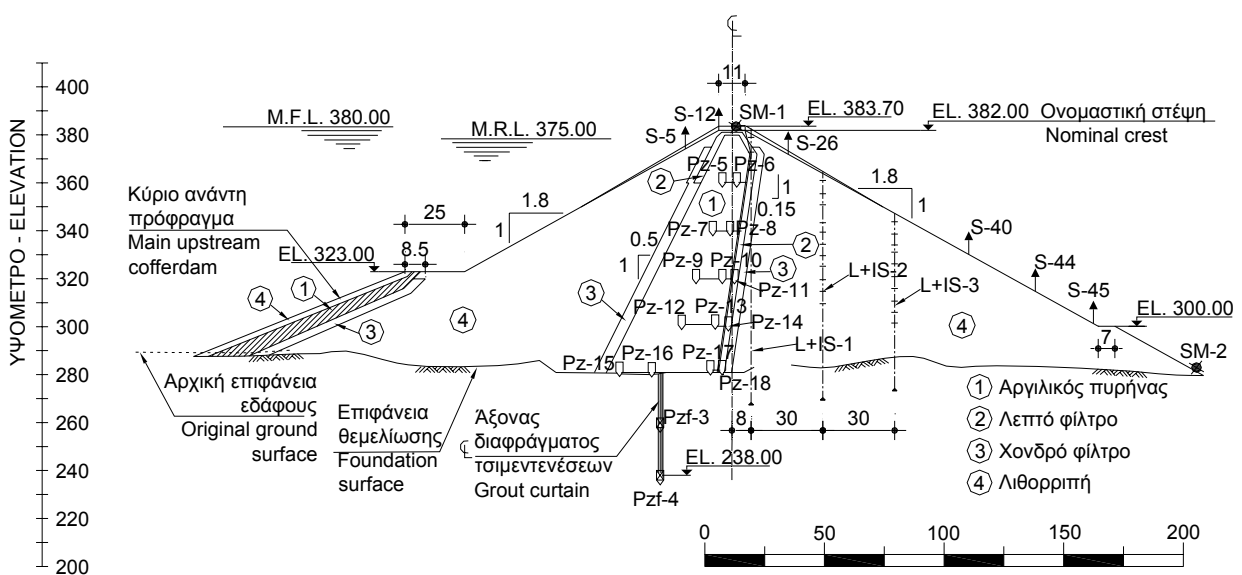
Φωτογραφία 1. Ανάντη άποψη φράγματος.
Photograph 1. Upstream view of the dam.



Φωτογραφία 2. Κατάντη άποψη φράγματος.
Photograph 2. Downstream view of the dam.



Σχήμα 1. Οριζοντιογραφία Φράγματος Σμοκόβου.
Figure 1. Plan view of Smokono Dam.



Σχήμα 2. Διατομή A-A'.
Figure 2. Section A-A'.

Ο ταμιευτήρας του φράγματος έχει έκταση 8 km² και ωφέλιμο όγκο ταμίευσης 200 000 000 m³. Η σήραγγα εκτροπής, που χρησιμοποιείται και ως εκκενωτής πυθμένα, βρίσκεται στο δεξιό αντέρεισμα. Ο υπερχειλιστής είναι μετωπικός, ανοιχτού τύπου, και βρίσκεται στο αριστερό αντέρεισμα. Η παροχέτευση του νερού προς τις αρδευόμενες περιοχές γίνεται μέσω της σήραγγας Λεονταρίου, διαμέτρου 3 m και μήκους 4170 m.

Λόγω ύπαρξης γεωλογικού ρήγματος στο αριστερό αντέρεισμα του φράγματος έχει κατασκευαστεί αποστραγγιστική σήραγγα, παράλληλα προς τον άξονα του φράγματος, για την ανακούφιση του αντερείσματος από τυχόν αυξημένες υδροστατικές πιέσεις.

Η κατασκευή του άρχισε το 1990 και ολοκληρώθηκε το 1995. Τα απαραίτητα συνοδά έργα που επέτρεψαν την έναρξη της κατάκλισης, ολοκληρώθηκαν το 2002. Η πρώτη κατάκλιση του ταμιευτήρα ξεκίνησε την 1η Ιουλίου 2002. Η διακύμανση της στάθμης για τα επόμενα 2 έτη παρουσιάζεται στο Σχήμα 4β.

Η πτώση της στάθμης οφείλεται στην παροχέτευση νερού μέσω της περιβαλλοντικής παροχής το 2003 και 2004 και μέσω της σήραγγας Λεονταρίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες του 2004.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΝ

Το Φράγμα Σμοκόβου αποτελείται από τέσσερις κύριες ζώνες (Σχ. 2). Ο πυρήνας, Ζώνη 1, κατασκευάστηκε από αργιλοαμμώδεις αλουβιακές αποθέσεις μέσης έως χαμηλής πλαστικότητας της λεκάνης κατάκλισης. Το λεπτό φίλτρο, Ζώνη 2, και το χονδρό φίλτρο, Ζώνη 3, κατασκευάστηκαν με κοσκίνισμα και θραύση των αμμοχαλικών της κοίτης. Η λιθορριπή, Ζώνη 4, κατασκευάστηκε από τους οφιολίθους (περιδοτίτες) που αποτελούν το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής. Έχει ευρεία κοκκομετρική διαβάθμιση και πληρωμένη δομή. Στον

Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι διαθέσιμες γεωτεχνικές παράμετροι των υλικών του φράγματος.

Στο σώμα του φράγματος τοποθετήθηκαν τριάντα ηλεκτρικά πιεσομετρικά κύτταρα δονούμενης χορδής (Pz) εκ των οποίων τα οκτώ στο κατάντη φίλτρο και τα υπόλοιπα στον πυρήνα. Άλλα έξι ηλεκτρικά πιεσομετρικά κύτταρα τοποθετήθηκαν στη θεμελίωση του φράγματος (Pzf) και επτά ακόμη στην αποστραγγιστική σήραγγα (PzD).

Είκοσι φρέατα παρατήρησης της στάθμης των υπογείων υδάτων (PW) εγκαταστάθηκαν στα πρηνή πάνω από την είσοδο του υπερχειλιστή, στα αντερείσματα και στον κατάντη πόδα του φράγματος.

Για τον έλεγχο ανάπτυξης τυχόν εφελκυσμού στον πυρήνα τοποθετήθηκαν πέντε γραμμικά μηκυνσιόμετρα (ELS) παράλληλα στον άξονα του φράγματος κοντά στην επαφή του πυρήνα με τα αντερείσματα (Σχ. 3).

Τοποθετήθηκαν πέντε στήλες μέτρησης πλευρικής και κατακόρυφης μετακίνησης (L+IS). Επίσης τοποθετήθηκαν τέσσερα κλισιόμετρα (L) στα αντερείσματα. Τα όργανα αυτά παρουσίασαν προβλήματα έμφραξης και δεν έδωσαν αξιολογήσιμες μετρήσεις.

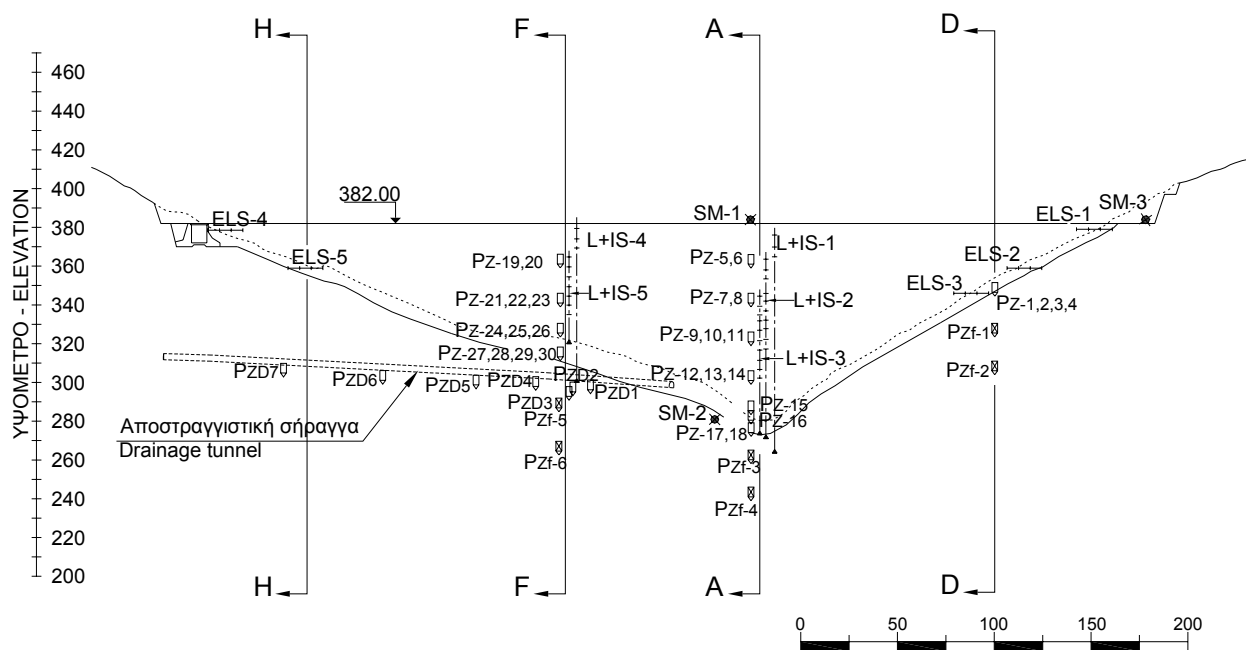
Για τον έλεγχο των επιφανειακών μετακινήσεων τοποθετήθηκαν πενήντα πέντε βάρθα ελέγχου επιφανειακών μετακινήσεων (S) στο ανάντη πρηνές, στη στέψη, στο κατάντη πρηνές, στο αριστερό αντέρεισμα και στην έξοδο της σήραγγας εκτροπής.

Τρεις επιταχυνσιογράφοι καταγραφής ισχυρής δόνησης (SM) τύπου SSA2 εγκαταστάθηκαν στη στέψη, στον πόδα και στο αριστερό αντέρεισμα.

Τέλος κατασκευάστηκε διάταξη συλλογής και μέτρησης των συνολικών διηθήσεων αμέσως κατάντη του φράγματος και στην έξοδο της στραγγιστικής σήραγγας του αριστερού αντερείσματος.

Πίνακας 1. Μέσες τιμές γεωτεχνικών παραμέτρων.
Table 1. Average geotechnical parameters,

Υλικό	γ _d (kN/m ³)	w (%)	LL (%)	PI	γ _{d max} (kN/m ³)	W _{opt} (%)	d <	d <	d <	k	c'	φ'
							25 mm (%)	4,6 mm (%)	0.075 mm (%)			
Ζώνη 1	17	18	38.8	21.6	17.3	17.3	-	85.0	44.9	1.1x10 ⁻⁵	10	25
Ζώνη 2	-	-	-	-	-	-	-	53.7	2.5	-	0	38
Ζώνη 3	-	-	-	-	-	-	-	26.1	-	-	0	38
Ζώνη 4	-	-	-	-	-	-	21.4	-	-	0.3	0	42



Σχήμα 3. Τομή κατά μήκος του άξονα του φράγματος κοιτάζοντας προς τα κατάντη.
Figure 3. Profile along dam looking downstream.

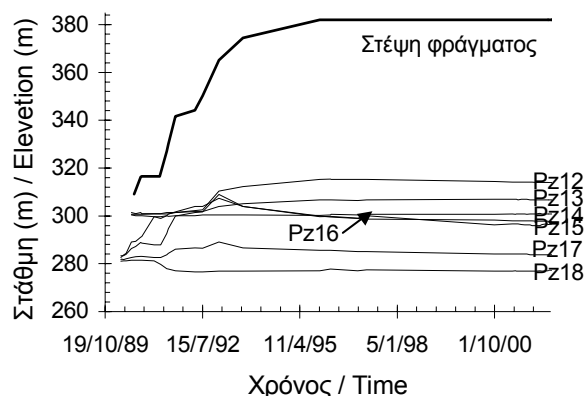
3. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

3.1 Πιέσεις πόρων στο φράγμα (Pz)

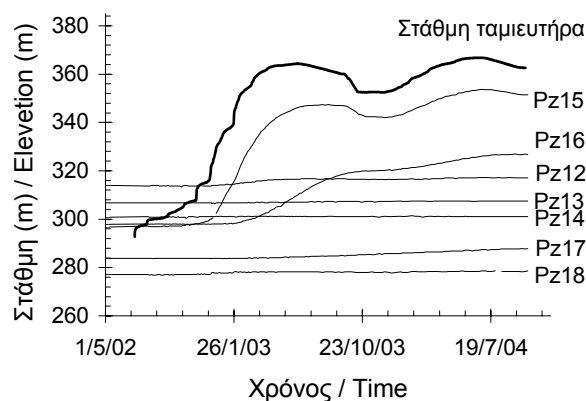
Τα πιεσόμετρα στον πυρήνα έδειξαν διαφορετική απόκριση ανάλογα με τη θέση τους και το ύψος υπερκειμένων. Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται ως τυπική η εξέλιξη των μετρήσεων σε πιεσόμετρα της Διατομής A-A'. Η τυπική συμπεριφορά των πιεσομέτρων κατά την κατασκευή και την επακόλουθη ανάπαυση συνίσταται στα ακόλουθα:

α) Αμέσως μετά την τοποθέτηση έδειξαν μη-δενικές ή αρνητικές πιέσεις πόρων (μύζηση/suction). Αυτό είναι φυσιολογικό για μερικούς κορεσμένα εδάφη μικρής σχετικά υδροπερατότητας.

β) Κατά την πρόοδο της κατασκευής και με την αύξηση της πίεσης των υπερκειμένων αναμένονταν η ανάπτυξη θετικών πιέσεων πόρων. Η ανάπτυξη των πιέσεων πόρων για αστράγγιστη φόρτιση καθορίζεται συνήθως από τον συντελεστή B (Skempton, 1954), ο οποίος εξαρτάται από τον αρχικό βαθμό κορεσμού, την κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού και τα όρια Atterberg. Μέχρι ονομαστική πίεση υπερκειμένων ($\gamma \cdot h$) 1500 kN/m^2 περίπου δεν αναπτύχθηκαν πιέσεις πόρων. Αυτό οφείλεται πιθανότατα σε πολύ χαμηλό βαθμό κορεσμού κατά την διάστρωση του πυρήνα, δεδομένου ότι η κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού και τα όρια Atterberg υποδεικνύουν υψηλότερο B (Bishop & Henkel, 1962).



α) Κατασκευή και ανάπαυση.
a) Construction and rest period.



β) Πλήρωση και λειτουργία.
b) Impoundment and operation.

Σχήμα 4. Πιεσόμετρα διατομής A-A'.
Figure 4. Piezometers at section A-A'.

γ) Από πίεση υπερκειμένων 1500 kN/m^2 και άνω περίπου αναπτύχθηκαν θετικές πιέσεις πόρων μέχρι το πέρας της κατασκευής. Μετά παρατηρήθηκε αργή μείωση των πιέσεων πόρων που οφειλόταν στη στερεοποίηση του πυρήνα. Ο ρυθμός μείωσης ήταν μικρός, γεγονός που υποδεικνύει χαμηλή υδροπερατότητα.

Τα πιεσόμετρα που τοποθετήθηκαν στο κατάντη λεπτό φίλτρο (Ζώνη 3) έδειξαν μηδενικές ή ελαφρώς αρνητικές πιέσεις πόρων όπως ανεμμένο.

Κατά την πλήρωση του ταμιευτήρα και την επακόλουθη διακύμανση της στάθμης του οι πιέσεις πόρων στον πυρήνα μεταβάλλονται συνήθως λόγω των ακόλουθων διεργασιών:

i) Ταχεία απόκριση λόγω της επιβολής του εξωτερικού φορτίου του νερού που εξαρτάται από την μεταβολή των ολικών τάσεων και την παράμετρο B.

ii) Αργή προσαρμογή των πιέσεων πόρων στο μακροπρόθεσμο δίκτυο ροής. Αυτό προκαλεί στερεοποίηση όταν οι μακροχρόνιες πιέσεις είναι χαμηλότερες από τις τρέχουσες ή διόγκωση όταν είναι υψηλότερες.

iii) Αύξηση των πιέσεων λόγω προοδευτικού κορεσμού με διείσδυση ενός "μετώπου" ύγρανσης κατά την πρώτη άνοδο της στάθμης. Η διεργασία αυτή δύσκολα διαχωρίζεται από την (ii). Μετά τον κορεσμό η απόκριση στις μεταβολές της πίεσης του ταμιευτήρα είναι σημαντικά ταχύτερη λόγω της αύξησης του συντελεστή B.

iv) Σε περιπτώσεις πολύ χαμηλής υδροπερατότητας δεν αποκαθίσταται ποτέ μακροχρόνιο δίκτυο ροής δεδομένου ότι ο απαιτούμενος χρόνος είναι μεγάλος και η στάθμη μεταβάλλεται σημαντικά κάθε έτος. Οι πιέσεις πόρων παρακολουθούν τότε τις αυξομειώσεις στη στάθμη του ταμιευτήρα με σημαντική υστέρηση.

Στο Φράγμα Σμοκόβου κατά την περίοδο της πρώτης σημαντικής ανόδου της στάθμης (έως το Μάρτιο 2003) για χρονικό διάστημα τεσσάρων μηνών περίπου από την έναρξη της κατάκλισης δεν παρατηρήθηκε πουθενά άνοδος πιέσεων. Μετά το πρώτο αυτό διάστημα τα πιεσόμετρα της κατώτερης στοιβάδας, που βρίσκονται πολύ κοντά στην επιφάνεια θεμελίωσης, έδειξαν προοδευτικά άνοδο. Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται η μεταβολή των πιέσεων στη Διατομή A-A'. Στην κατώτερη στοιβάδα, πρώτο αποκρίθηκε το Pz15, ακολούθησε μετά δύο μήνες το Pz16 και μετά πέντε μήνες το Pz17. Στη συνέχεια, το Pz15 παρακολουθεί ταχέως τις αυξομειώσεις του ταμιευτήρα, το Pz16 με υστέρηση και το Pz17 καθόλου, συνεχίζοντας όμως να αυξάνει πολύ αργά.

Από τα πιεσόμετρα των ανώτερων στοιβάδων επηρεάστηκε μόνο το Pz12.

Παρόμοια εικόνα δημιουργήθηκε και στις υπόλοιπες ενοργανομένες διατομές.

Συμπεραίνεται ότι αρχικώς δεν παρατηρήθηκαν αυξήσεις οφειλόμενες στη διεργασία (i). Η σημαντική υστέρηση που παρατηρήθηκε οφείλεται πιθανότατα στον χαμηλό βαθμό κορεσμού και στον χρόνο που απαιτήθηκε για την διείσδυση του μετώπου ύγρανσης, διεργασίες (ii) και (iii). Τα πιεσόμετρα της κατώτερης στοιβάδας επηρεάζονται περισσότερο λόγω της μικρής απόστασής τους από την επιφάνεια θεμελίωσης. Από τα ανωτέρω συμπεραίνεται ότι η υδροπερατότητα της θεμελίωσης είναι σημαντικά υψηλότερη από αυτή του πυρήνα. Οι πιέσεις που αναπτύσσονται στην κατώτερη στοιβάδα είναι συμβατές με την ανάπτυξη του μακροχρόνιου δικτύου ροής. Η σημαντικά μειωμένες πιέσεις στα πιεσόμετρα μετά την κουρτίνα τσιμεντενώσεων υποδεικνύουν επαρκή στεγανότητα.

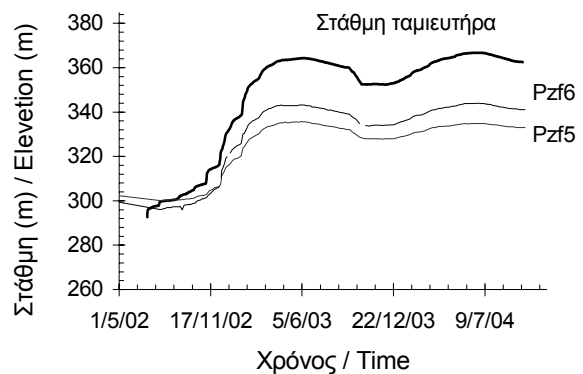
Δεν παρατηρήθηκε άνοδος στάθμης στα πιεσόμετρα που είναι τοποθετημένα στην κατάντη ζώνη του φίλτρου.

Από τις μέχρι τώρα μετρήσεις η συμπεριφορά του πυρήνα κρίνεται φυσιολογική και δεν υποδεικνύει κανένα πρόβλημα.

3.3 Πιέσεις πόρων στη θεμελίωση (Pzf)

Κατά την περίοδο ανάπαυσης του φράγματος (πριν την κατάκλιση) παρατηρήθηκε μία διακύμανση των πιέσεων στα πιεσόμετρα της θεμελίωσης, η οποία επηρεαζόταν από την εποχή του έτους και τις υδρολογικές συνθήκες.

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζονται οι πιέσεις στα πιεσόμετρα της θεμελίωσης της διατομής F-F' του αριστερού αντερείσματος, Pzf5 και Pzf6.



Σχήμα 5. Πιεσόμετρα διατομής F-F' (περίοδος πλήρωσης και λειτουργίας).

Figure 5. Piezometers at section F-F' (impoundment and operation period).

Τα πιεσόμετρα αποκρίθηκαν άμεσα στην πίεση του ταμιευτήρα και καταγράφουν πιέσεις που αντιστοιχούν σε πιεσομετρική στάθμη 20 με 30 m χαμηλότερη από αυτή του ταμιευτήρα.

Παρότι οι συνθήκες δεν είναι ομοιόμορφες, έλεγχοι στις πιέσεις της θεμελίωσης δείχνουν συμβατότητα με το αναμενόμενο δίκτυο ροής.

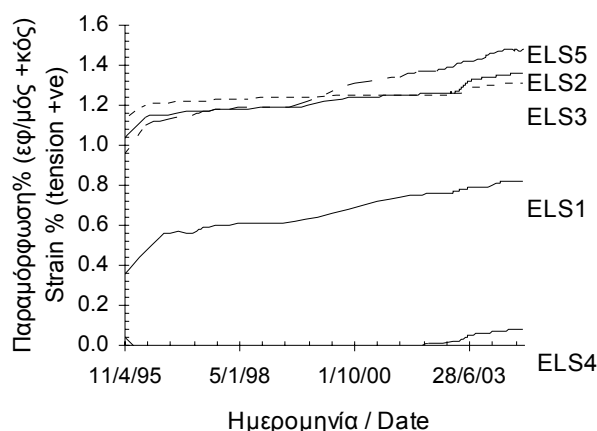
3.4 Πιέσεις πόρων στα αντερείσματα (PW)

Οι πιέσεις των ηλεκτρικών πιεσομέτρων της σήραγγας αποστράγγισης είναι χαμηλές και δεν επηρεάστηκαν από των μεταβολή στη στάθμη του ταμιευτήρα κατά την πλήρωση. Αυτό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι συνολικές εκροές της σήραγγας επηρεάζονται από τη στάθμη του ταμιευτήρα, υποδεικνύει ότι η στραγγιστική σήραγγα μειώνει επαρκώς τις πιέσεις και δεν απαιτείται περαιτέρω διάνοιξη στραγγιστικών οπών.

Η στάθμη των ανοιχτών πιεσομέτρων των αντερείσμάτων και του κατάντη πόδα παρουσιάζει έντονη ετήσια διακύμανση λόγω των βροχοπτώσεων ενώ δεν υπάρχει καμιά ένδειξη επηρεασμού τους από τον ταμιευτήρα. Για παράδειγμα αναφέρονται τα PW1 (βάθος 26 έως 46 m), PW15 (βάθος 14 έως 42 m) και PW11 (βάθος 3 έως 20 m).

3.6 Γραμμικά μηκυνσιόμετρα (ELS)

Τα μηκυνσιόμετρα έδειξαν μικρές εφελκυστικές παραμορφώσεις κατά την κατασκευή του φράγματος και κατά τα επόμενα 5 έτη (Σχ. 6). Οι τελευταίες μετρήσεις πριν την έναρξη της κατάκλισης έδειχναν τάση σταθεροποίησης των εσωτερικών εφελκυστικών παραμορφώσεων.



Σχήμα 6. Γραμμικά μηκυνσιόμετρα.
Figure 6. Linear strain gauges.

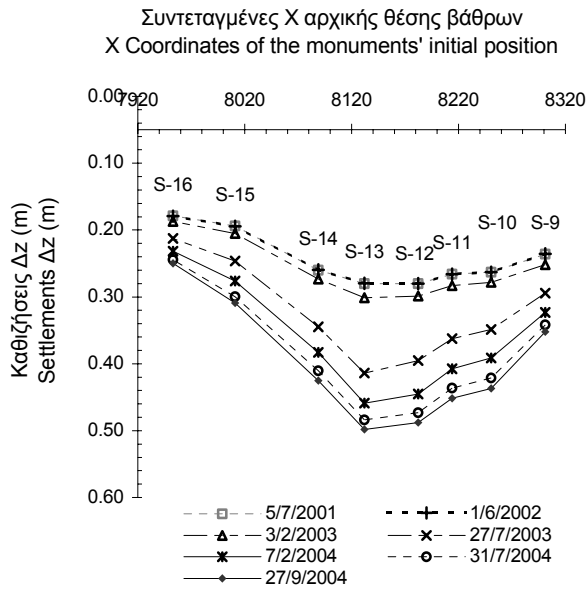
Τα πρώτα δύο έτη πλήρωσης του ταμιευτήρα (2003 & 2004) τα μηκυνσιόμετρα ELS1 έως ELS5 έδειξαν αύξηση των εφελκυστικών παραμορφώσεων κατά 0.065%, 0.094%, 0.055%, 0.077% και 0.077% αντιστοίχως. Συνεχίζεται μια πολύ μικρή αλλά επιβραδυνόμενη αύξηση των παραμορφώσεων, συμβατή και με τις γενικότερες παραμορφώσεις του φράγματος.

3.8 Καθιζήσεις (S)

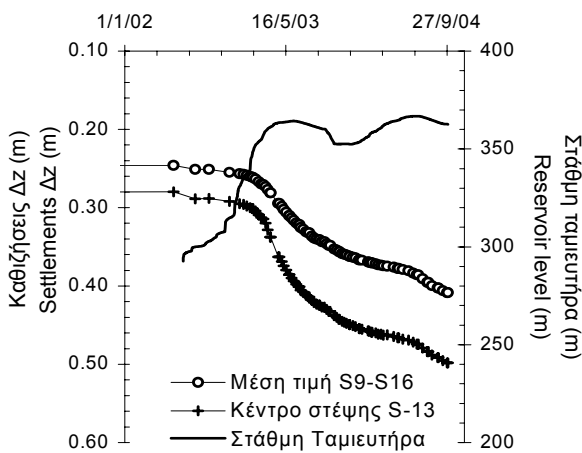
Οι μάρτυρες επιφανειακών μετακινήσεων έδειξαν, μετά το πέρας της κατασκευής, καθίζηση στη στέψη και πλευρική εξάπλωση εγκάρσια προς τον άξονα. Η μέγιστη καθίζηση στη στέψη του φράγματος μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής ήταν 0.28 m. Όσον αφορά την πλευρική εξάπλωση, η κατάντη παρειά του φράγματος κινήθηκε προς τα κατάντη με μέγιστη μετακίνηση 0.07m. Η ανάντη παρειά κοντά στη στέψη παρουσίασε μικρή πλευρική μετακίνηση με κάποια βάθρα να δείχνουν μικρή κίνηση προς τα κατάντη και άλλα βάθρα να τείνουν προς τα ανάντη.

Στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται η κατανομή των καθιζήσεων στη στέψη σε διάφορες χρονικές στιγμές ενώ στο Σχήμα 8 παρουσιάζεται η εξέλιξη των καθιζήσεων στη στέψη. Από την έναρξη της πλήρωσης του ταμιευτήρα (Ιούλιος 2002) έως τα τέλη Οκτωβρίου 2004 η μέγιστη καθίζηση στη στέψη ήταν 22 cm. Η μέγιστη συνολική καθίζηση στη στέψη από το πέρας της κατασκευής μέχρι τα τέλη Οκτωβρίου 2004 ήταν 50cm. Παρατηρήθηκε επίσης πλευρική εξάπλωση κατά τα δύο έτη της πλήρωσης. Η μέγιστη οριζόντια μετακίνηση που έδειξαν τα ανάντη βάθρα της στέψης ήταν 5 cm προς τα ανάντη και τα κατάντη βάθρα της στέψης περί τα 6 cm προς τα ανάντη. Η μέγιστη πλευρική μετακίνηση στην ανώτερη σειρά των βάθρων της ανάντη παρειάς (S1 έως S9) ήταν 3cm προς τα ανάντη και σε αυτά της κατάντη παρειάς (S23 έως S29) ήταν 1 cm προς τα κατάντη.

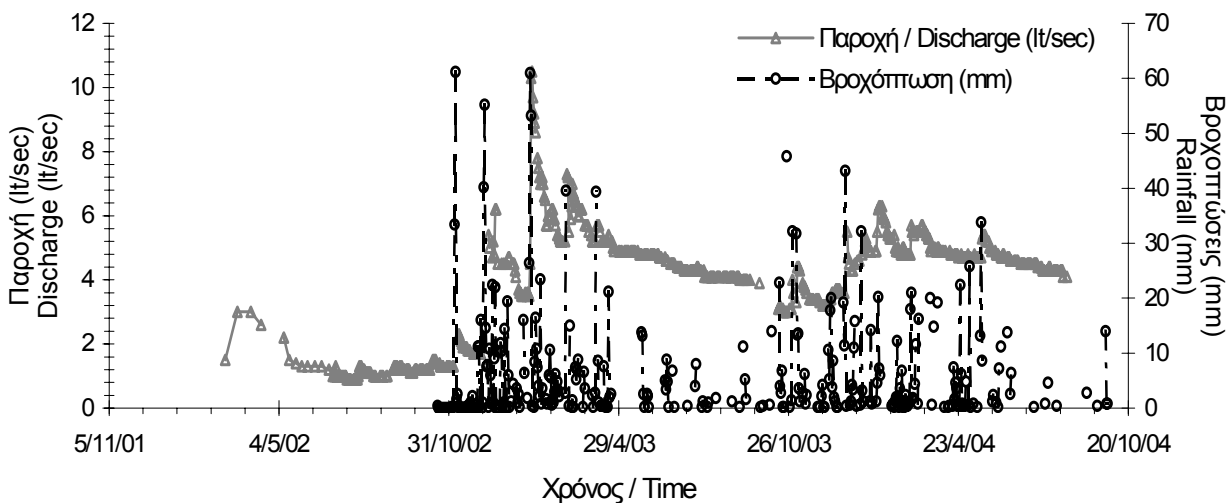
Οι καθιζήσεις στη στέψη παρουσίασαν αρχικά σημαντική επιτάχυνση κατά την άνοδο της στάθμης του ταμιευτήρα. Η μέγιστη επιτάχυνση παρατηρήθηκε στις 7/3/2003 όταν η στάθμη του ταμιευτήρα ήταν στο +357.08 και διάρκεσε μέχρι τα τέλη περίπου του Απριλίου 2003. Στη συνέχεια, η στάθμη διατηρήθηκε περίπου σταθερή επί μακρόν και οι καθιζήσεις επιβραδύνθηκαν.



Σχήμα 7. Καθιζήσεις στέψης.
Figure 7. Settlement of the crown.



Σχήμα 8. Χρονική εξέλιξη καθιζήσεων στέψης.
Figure 8. Evolution of settlements of the crown.



Σχήμα 9. Μετρήσεις διηθήσεων: κατάντη πόδας φράγματος.
Figure 9. Seepage measurements: downstream dam toe.

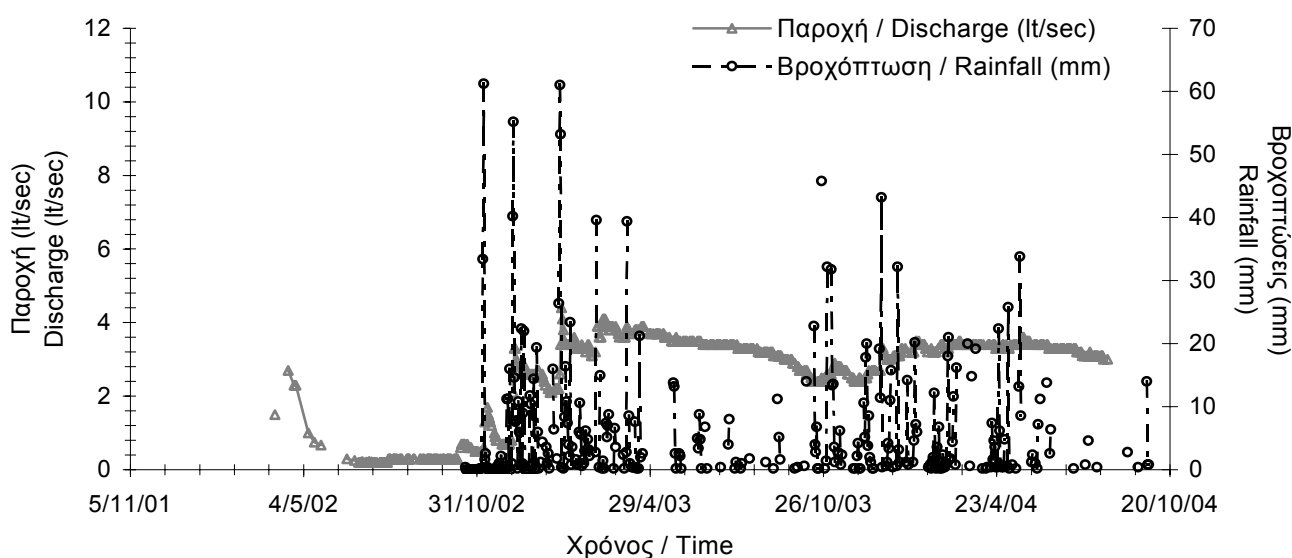
Μια νέα επιτάχυνση παρατηρήθηκε την Άνοιξη του 2004. Οι καθιζήσεις συνεχίζονται αργά με μια ελαφρά τάση επιβράδυνσης. Οι μέγιστες καθιζήσεις ήταν περίπου 10 cm για το διάστημα 07/2002 έως 07/2003 και περίπου 5 cm για το διάστημα 07/2003 έως 07/2004. Το μέγεθος των καθιζήσεων και ο ρυθμός δεν είναι ανησυχητικά.

Η καθίζηση που έχει ήδη συμβεί μετά την κατασκευή είναι το 0.5% του συνολικού ύψους του φράγματος, τιμή αποδεκτή για τον τύπο του φράγματος (Soydemir & Kjærnsli, 1975; Kjærnsli et al, 1992). Η υπερύψωση που έχει κατασκευασθεί για την αντιμετώπιση των καθιζήσεων είναι 2 m (2% του ύψους).

Οι καθιζήσεις αναμένεται να συνεχισθούν, με μειωμένο ρυθμό, καθ' όλη τη ζωή του έργου.

3.9 Μετρήσεις διηθήσεων

Στο Σχήμα 9 παρουσιάζονται οι μετρήσεις των συνολικών διηθήσεων στη διάταξη κατάντη του πόδα του φράγματος. Παρουσιάζονται μαζί και στοιχεία βροχοπτώσεων. Η βασική παροχή του 2003 και 2004 έχει αυξηθεί σημαντικά σε σχέση με την αντίστοιχη παροχή του 2002, ως συνέπεια της πλήρωσης του ταμιευτήρα. Η παροχή του Οκτωβρίου του 2003 ήταν 3.2 lt/sec ενώ του Οκτωβρίου του 2002 ήταν 1.3 lt/sec περίπου. Η παροχή παρουσιάζει διακύμανση ανάλογα με τις βροχοπτώσεις, δεδομένου ότι στη διάταξη μέτρησης καταλήγουν και τα στραγγίσματα των αντερεισμάτων. Οι παροχές που μετρήθηκαν θεωρούνται απολύτως ικανοποιητικές για το μέγεθος του φράγματος.



Σχήμα 10. Μετρήσεις διηθήσεων: είσοδος σήραγγας αποστράγγισης.
Figure 10. Seepage measurements: drainage tunnel entrance.

Στο Σχήμα 10 παρουσιάζονται οι μετρήσεις των συνολικών διηθήσεων της στραγγιστικής σήραγγας του αριστερού αντερείσματος. Η βασική παροχή του 2003 και 2004 έχει αυξηθεί σημαντικά σε σχέση με την αντίστοιχη παροχή του 2002, ως συνέπεια της πλήρωσης του ταμιευτήρα. Η παροχή του Οκτωβρίου του 2003 ήταν 2.5 lt/sec ενώ του Οκτωβρίου του 2002 ήταν 0.5 lt/sec περίπου. Η παροχή παρουσιάζει διακύμανση ανάλογα με τις βροχοπτώσεις. Οι παροχές που μετρήθηκαν θεωρούνται εύλογες για το μέγεθος του φράγματος.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την παρακολούθηση του φράγματος Σμοκόβου κατά τα πρώτα δύο έτη της πλήρωσης του ταμιευτήρα προκύπτει ότι η συμπεριφορά του είναι φυσιολογική για τον τύπο και το μέγεθός του. Η παρακολούθηση πρέπει να συνεχιστεί με έμφαση στις μετρήσεις των καθιζήσεων της στέψης, των πιέσεων πόρων και των συνολικών διηθήσεων.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κύριος του έργου είναι το ΥΠΕΧΩΔΕ (ΕΥΔΕ Σμοκόβου, ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ). Η μελέτη του έργου έγινε από την ELECTRO-WATT. Το φράγμα κατασκευάστηκε από την «Κ/Ξ ΤΕΓΚ Α.Ε. - ΠΑΝΤΕΧΝΙΚΗ Α.Ε. - Κ.Ι. ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ

Α.Ε.». Τα έργα της έμφραξης και πλήρωσης μελετήθηκαν από την Κ/Ξ Knight Piezold Ltd, Καραβοκύρης & Συν/τες ΕΠΕ και ΕΔΑΦΟΣ ΕΠΕ που ήταν και Τεχνικοί Σύμβουλοι της ολοκλήρωσης και της κατάκλυσης του έργου. Τα έργα έμφραξης κατασκευάστηκαν από την «ΧΑΡΙΛΑΟΣ ΤΟΛΗΣ Α.Τ.Ε.Β.Ε.» και την «Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε.-ΤΡΙΓΩΝΟΝ Α.Ε.Β.Τ.Τ.Ε.». Την επίβλεψη της έμφραξης είχε η ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ. Ευχαριστούμε όλους για τη συνεργασία.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bishop, A. W. and Henkel, D. J. (1962), "The measurement of soil properties in the Triaxial Test", Edward Arnold Ltd., London, 2nd Edition.
- Kjærnsli, B., Valstad, T. and Hoeg, K. (1992), "Rockfill Dams - Design and Construction", Norwegian Institute of Technology, Division of Hydraulic Engineering.
- Skempton, A. W. (1954), "The pore pressure coefficient A and B", Geotechnique, Vol.4, p.143-147.
- Soydemir, C. and Kjærnsli, B. (1975), "A treatise on the performance of rockfill dams with unyielding foundations in relation to the design of Storvass Dam", Report 53203, Norwegian Geotechnical Institute.