



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΚΑΙ ΜΥΗΣ ΣΜΟΚΟΒΟΥ



Απόστολος Ι. Πυργιώτης

Επιβλέπων: Νικόλαος Μαμάσης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2021

Απόστολος Ι. Πυργιώτης

Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Copyright© Απόστολος Πυργιώτης, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών, διανομή, αναπαραγωγή, μετάφραση ή μετάδοση της παρούσας εργασίας εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό, υπό οποιαδήποτε μορφή και με οποιοδήποτε μέσο επικοινωνίας, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, χωρίς την προηγούμενη έγγραφη άδεια του συγγραφέα. Επιτρέπεται η αναπαραγωγή, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright© Apostolos Pyrgiotis, 2021

All Rights Reserved

Neither the whole nor part of this diploma thesis may be copied, stored in a retrieval system, distributed, reproduced, translated, or transmitted for commercial purposes, in any form or by any means now or hereafter know, electronic or mechanical, without the written permission from the author. Reproducing, storing, and distributing this thesis for non-profitable, educational or research purposes is allowed, without prejudice to reference to its source and to inclusion of the present text. Any queries in relation to the use of the present thesis for commercial purposes must be addressed to its author.

Approval of this diploma thesis by the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens (NTUA) does not constitute in any way an acceptance of the views if the author contained herein by the said academic organization (L. 5343/1932, art. 202).

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία σηματοδοτεί το πέρας των προπτυχιακών μου σπουδών στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, και το κλείσιμο ενός μεγάλου κύκλου. Και όπως μία παράσταση όταν ρίχνει την αυλαία της, έτσι στο τέλος θέλω και εγώ να ευχαριστήσω τα άτομα που υπήρξαν καθοριστικοί συντελεστές στην πορεία μου αυτή.

Αρχικά, την οικογένεια μου, τους γονείς μου Ιωάννη και Παναγιώτα, για τη ατέρμονη στήριξη τους, την πίστη τους στις δυνατότητες μου, την υπομονή τους και τις θυσίες τους για την ολοκλήρωση των σπουδών μου. Τις μικρές μου αδερφές, Λαμπρινή και Αγγελική, που αποτέλεσαν μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και ενθουσιασμού και τον αδερφό μου Γιώργο, με τον οποίο πλέον μετά τη συγκατοίκηση μας μπορώ να μοιραστώ τα πάντα.

Φυσικά ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω και στον επιβλέποντα της εργασίας κ. Νικόλαο Μαμάση, Αναπλ. Καθηγητή Ε.Μ.Π., για την ανάθεση ενός πολύ ενδιαφέροντος θέματος που συνδύασε ένα φράγμα, από τα πιο αξιοθαύμαστα έργα ενός πολιτικού μηχανικού, με τον τόπο μου και την επίδραση του σε αυτόν, την καθοδήγηση του και την εξαιρετική επικοινωνία και συνεργασία καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας.

Επίσης, δεν μπορώ να μην αναφερθώ και στον άνθρωπο που λειτουργεί μόνος του σχεδόν τον υδροηλεκτρικό σταθμό και με υποδέχτηκε σε αυτόν, τον κ. Βασίλειο Ντάφο. Πάντα ευγενικός, με όρεξη και μεράκι μου παρείχε ό,τι πληροφορίες χρειαζόμουν και με ξενάγησε στο έργο, τόσο κυριολεκτικά όσο και μεταφορικά με τις γνώσεις και την εμπειρία του.

Τέλος, με το πέρας της φοιτητικής μου ζωής ένα μεγάλο ευχαριστώ πηγαίνει στα άτομα που την γέμισαν, κάθε πτυχή της, μέσα και έξω από τη σχολή. Τους φίλους μου, που ήταν πάντα εκεί να με στηρίζουν, να με ακούνε, να λυπόμαστε αλλά κυρίως να γελάμε μαζί. Ο καθένας τους με τον δικό του τρόπο, άτομα που χαίρομαι ειλικρινά να τα έχω μέσα στη ζωή μου. Ή και μέσα στο σπίτι μου, όπως στην περίπτωση του Χριστόδουλου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το φράγμα Σμοκόβου ξεκίνησε σαν μία προσπάθεια διασφάλισης επαρκών ποσοτήτων νερού για την άρδευση του θεσσαλικού κάμπου. Μέσω της δημιουργίας του ταμιευτήρα και της κατασκευής των συναφών έργων, προέκυψε μία εν μέρει κάλυψη των αρδευτικών, υδρευτικών, ενεργειακών, αντιπλημμυρικών και τουριστικών αναγκών της περιοχής. Λαμβάνοντας υπόψη τους αρχικούς στόχους της μελέτης και μέσω της σύγκρισης του έργου με τη γειτονική λίμνη Πλαστήρα, εξετάζεται αν ανταποκρίνεται επαρκώς και όπως αναμένεται σε κάθε τομέα. Ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στην αποτίμηση λειτουργίας του ΜΥΗΣ Σμοκόβου, δεδομένης της σημασίας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σήμερα καθώς και το κόστος της επένδυσης του. Ακολουθήθηκε διαδικασία προσομοίωσης της λειτουργίας του σταθμού, με βάση τις προδιαγραφές του και τα δεδομένα παροχής από την ΔΕΗ Ανανεώσιμες. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν αφορούν τον υφιστάμενο σταθμό Σμόκοβο-1, τον υπό κατασκευή Σμόκοβο-2 και τον υπό μελέτη Σμόκοβο-4. Βασικό συμπέρασμα της αποτίμησης είναι η υπερδιαστασολόγηση του έργου, με ετήσιες εισροές αρκετά μικρότερες από τις εκτιμήσεις, και κατ' επέκταση την υπολειτουργία του αρδευτικού δικτύου και του υδροηλεκτρικού σταθμού. Η προσθήκη όμως των νέων σταθμών και της ύδρευσης στο σύστημα αναμένεται να επιφέρει την καλύτερη λειτουργία και κατ' επέκταση απόδοση του.

ABSTRACT

Smokovo Dam began as an effort to safeguard enough water for the irrigation of the thessalian plain. However, through the creation of its reservoir and the construction of the related projects, emerged a partial response for the irrigation, water supply, energy, flood protection and tourist needs of the region. Taking under consideration the initial objectives of its study and using the neighboring lake of Plastira as a comparison, it is examined whether it responds adequately and as expected in each area. Emphasis was given to the evaluation of the operation of the SHPS Smokovo, given the importance of renewable energy sources today as well as the cost of its investment. A simulation procedure was followed for the operation of the plant, based on its specifications and the data supplied from DEI Renewables. The results obtained refer to the existing station Smokovo-1, the under construction Smokovo-2 and the under study Smokovo-4. The main conclusion of the evaluation is the oversizing of the project, with annual water inflows much lower than the estimates, and by extension the under-functioning of the irrigation network and the hydroelectric power station. However, the addition of the new stations and the water supply facilities is expected to bring about better functionality to the system, and thus increase its efficiency.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iv
ABSTRACT	v
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	vi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	xi
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Αντικείμενο και σκοπός της εργασίας	1
1.2 Διάρθρωση της εργασίας	1
1.3 Θεσσαλία και τεχνητές λίμνες Σμοκόβου και Πλαστήρα	2
2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΩΝ ΥΔΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΜΟΚΟΒΟΥ	4
2.1 Περιφέρεια Θεσσαλίας	4
2.2 Θέση των έργων Σμοκόβου	5
2.3 Φυσικό υδατικό σύστημα	6
2.3.1 Υδατικό δυναμικό τεχνητής λίμνης Σμοκόβου	7
2.4 Σύστημα τεχνικών έργων	9
2.4.1 Φράγμα και Ταμιευτήρας	9
2.4.2 Υπερχειλιστής και σήραγγα αποστράγγισης	12
2.4.3 Σήραγγα εκτροπής	13
2.4.4 Σήραγγα προσαγωγής Λεονταρίου	15
2.4.5 Έργο Καταστροφής Ενέργειας (Ε.Κ.Ε.)	17
2.5 Υδροηλεκτρικό έργο Σμοκόβου	18
2.5.1 Υδροηλεκτρικός σταθμός παραγωγής Σμόκοβο-1	19
2.5.2 Υδροηλεκτρικός σταθμός παραγωγής Σμόκοβο-2	22
2.6 Άρδευση	23
2.7 Ύδρευση	25
2.8 Οικολογική παροχή	28
2.9 Αντιπλημμυρική προστασία	29

2.10 Αποκατάσταση Οδικού Δικτύου	30
2.11 Ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής.....	31
2.11.1 Ιαματικές Πηγές στην περιοχή	33
3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	35
3.1 Χρονικό λειτουργίας του υδραυλικού συστήματος Σμοκόβου	35
3.2 Στοιχεία από την λειτουργία του έργου	37
3.3 Προσομοίωση της λειτουργίας του ΜΗΥΣ Σμόκοβο-1.....	38
3.4 Προσομοίωση της λειτουργίας του ΜΥΗΣ Σμόκοβο-2.....	43
3.5 Προσομοίωση της λειτουργίας του ΜΗΥΣ Σμόκοβο-4.....	44
4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	46
4.1 Εισροές στον ταμιευτήρα	46
4.2 Λειτουργία του σταθμού Σμόκοβο-1	46
4.3 Επέκταση του συστήματος με τα Σμόκοβο-2 και Σμόκοβο-4.....	47
4.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη της περιοχής.....	48
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	50
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	52
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΠΑΡΟΧΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ.....	56
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΠΟ ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΚΑΙ ΤΟΕΒ	59
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΜΥΗΣ ΣΜΟΚΟΒΟΥ	60
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΣΜΟΚΟΒΟΥ.....	61

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1: Περιφέρεια Θεσσαλίας	4
Εικόνα 2.2: Διάταξη έργων συγκροτήματος Σμοκόβου.....	5
Εικόνα 2.3: Οι λεκάνες απορροής της τεχνητής λίμνης Σμοκόβου. Διακρίνεται και η ευρύτερη λεκάνη του Πηνειού με τους παραπόταμους του	6
Εικόνα 2.4: Οριζοντιογραφία Φράγματος Σμοκόβου	9
Εικόνα 2.5: Κεντρική Διατομή Φράγματος Σμοκόβου, Τομή Α - Α'	10
Εικόνα 2.6: Κατάντη όψη του φράγματος Σμοκόβου.....	10
Εικόνα 2.7: Φωτογραφία του ταμιευτήρα με στάθμη +363.36 m, απόθεμα 152 hm ³ και επιφάνεια 6.2 km ²	11
Εικόνα 2.8: Ο υπερχειλιστής και θέση του σε σχέση με το φράγμα. Η στέγη της υπερχείλισης βρίσκεται στα +375.0 m.....	12
Εικόνα 2.9: Το δυτικό αντέρεισμα του φράγματος από μακριά	12
Εικόνα 2.10: Έξοδος της σήραγγας αποστράγγισης, τα νερά από τα στραγγιστήρια συνεισφέρουν στην οικολογική παροχή.....	13
Εικόνα 2.11: Έμφραξη της σήραγγας εκτροπής με θυροφράγματα για την πρώτη πλήρωση του ταμιευτήρα.....	13
Εικόνα 2.12: Τα θυροφράγματα έμφραξης της σήραγγας εκτροπής	14
Εικόνες 2.13: Η έξοδος του εκκενωτή πυθμένα. Τα φερτά στη φωτογραφία προέρχονται από πρόσφατη καταιγίδα.....	14
Εικόνα 2.14: Η έξοδος της σήραγγας προσπέλασης των θυροφραγμάτων.....	15
Εικόνα 2.15: Μηκοτομή σήραγγας προσαγωγής νερού Λεονταρίου.....	15
Εικόνα 2.16: Ο πύργος υδροληψίας πριν την πλήρωση του ταμιευτήρα.....	16
Εικόνα 2.17: Η κορυφή του φρεάτος θυροφραγμάτων με το κτίριο ελέγχου.....	16
Εικόνα 2.18: Οι βαλβίδες καταστροφής ενέργειας	17
Εικόνα 2.19: Τα θυροφράγματα επικοινωνίας μεταξύ των θαλάμων και ο θάλαμος φόρτισης στο αριστερό τοίχωμα	18
Εικόνα 2.20: Τοποθεσία των μικρών υδροηλεκτρικών έργων κατά μήκος του αρδευτικού δικτύου	18
Εικόνα 2.21: Κάτοψη του ΜΥΗΣ Σμόκοβο-1	19
Εικόνα 2.22: Διακρίνονται οι Μονάδες 1 (μπροστά) και 2 (πίσω) του Σταθμού	20
Εικόνα 2.23: Σχηματική τομή στροβίλου τύπου Francis	21
Εικόνα 2.24: Τομή του ΜΥΗΣ Σμόκοβο-1.....	21

Εικόνα 2.25: Διάταξη έργων ΜΗΥΣ Σμόκοβο-2.....	22
Εικόνα 2.26: Οι Ζώνες του αρδευτικού δικτύου.....	24
Εικόνα 2.27: Η λιμνοδεξαμενή χωρητικότητας 81 279 m ³ . Διακρίνεται το φρεάτιο στο εσωτερικό της και ο υπερχειλιστής.....	26
Εικόνα 2.28: Το Διυλιστήριο Πόσιμου Νερού, με την κατασκευή του να έχει σχεδόν ολοκληρωθεί.....	27
Εικόνα 2.29: Το ανάχωμα αποκατάστασης επικοινωνίας της Κτιμένης.....	30
Εικόνα 2.30: Το οδικό δίκτυο που κατασκευάστηκε γύρω από την τεχνητή λίμνη Σμοκόβου. Διακρίνονται τα δύο οδικά τμήματα 9.5 km (κόκκινο) και 11.5 km (κίτρινο).....	31
Εικόνα 2.31: Η ταβέρνα «Δροσοσταλιά»	32
Εικόνα 2.32: Η θέα από την βεράντα της «Δροσοσταλιάς»	32
Εικόνα 2.33: Η πισίνα του υδροθεραπευτηρίου των Λουτρών Σμοκόβου	33
Εικόνα 3.1: Σχηματική αναπαράσταση του ΜΥΗΣ και του ΕΚΕ. Το τμήμα με γκρι υπόβαθρο είναι υπό την διαχείριση της ΔΕΗ Ανανεώσιμες, το υπόλοιπο υπό το ΤΟΕΒ	36
Εικόνα 3.2: Σχηματική απεικόνιση του συστήματος Σμοκόβου.....	37
Εικόνα 3.3: Παράδειγμα από το ημερολόγιο του ΜΗΥΣ Σμόκοβο-1 για το έτος 2018.....	38
Εικόνα Α.1: Η πίσω πλευρά της Μονάδας 2 του Σμόκοβο-1. Διακρίνονται η θεμελίωση του στροβίλου, ο δίσκος σταθεροποίησης και η γεννήτρια.....	52
Εικόνα Α.2: Το ηλεκτρονικό σύστημα παρακολούθησης, καταγραφής δεδομένων και λειτουργίας του σταθμού (SCADA).	52
Εικόνα Α.3: Οι μετασχηματιστές για τις μονάδες του Σμόκοβο-1.	53
Εικόνα Α.4: Η βαλβίδα τύπου πεταλούδας που ρυθμίζει την παροχή νερού στο Σμόκοβο-1. 53	
Εικόνα Α.5: Η βόρεια όψη του υδροηλεκτρικού σταθμού Σμόκοβο-1.	54
Εικόνα Α.6: Η διώρυγα φυγής των υδροστροβίλων εν ώρα λειτουργίας. Στο βάθος διακρίνεται νέφος νερού από τη μεσαία βαλβίδα του Έργου Καταστροφής Ενέργειας.	54
Εικόνα Α.7: Η ανάντη όψη του φράγματος Σμοκόβου.....	55
Εικόνα Α.8: Ο ταμιευτήρας Σμοκόβου. Στο βάθος διακρίνεται η Τοπική Κοινότητα Κάτω Κτιμένης.....	55

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Εκτιμήσεις υδατικού δυναμικού τεχνητής λίμνης Σμοκόβου	8
Πίνακας 2.2: Όργανα παρακολούθησης φράγματος Σμοκόβου	11
Πίνακας 2.3: Χαρακτηριστικά υδροστροβίλων σταθμού Σμόκοβο-1.....	20
Πίνακας 2.4: Χαρακτηριστικά υδροστροβίλων σταθμού Σμόκοβο-2.....	23
Πίνακας 2.5: Οι εκτάσεις που αρδεύονται από την τεχνητή λίμνη Σμοκόβου	24
Πίνακας 2.6: Χαρακτηριστικά λιμνοδεξαμενής αποθήκευσης νερού.....	25
Πίνακας 2.7: Προτεινόμενη μηνιαία κατανομή της περιβαλλοντικής εκροής κατάντη του φράγματος Σμοκόβου.....	28

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Οι εισροές, εκροές και στάθμη στο τέλος της υγρής περιόδου κατά την λειτουργία του ταμιευτήρα.....	8
Σχήμα 3.1: Στάθμη και απόθεμα του ταμιευτήρα τα πρώτα έτη της λειτουργίας του.....	35
Σχήμα 3.2: Η ποσότητες νερού και παραγωγή ενέργειας για τα έτη λειτουργίας του έργου μέχρι τώρα.....	38
Σχήμα 3.3: Προσομοίωση της λειτουργίας των έργων Σμοκόβου.....	39
Σχήμα 3.4: Παροχές κατά την αρδευτική περίοδο 2018.....	40
Σχήμα 3.5: Παροχές κατά την αρδευτική περίοδο 2013.....	41
Σχήμα 3.6: Αθροιστικός όγκος νερού κατά την αρδευτική περίοδο 2013.....	41
Σχήμα 3.6: Βλάβες στις Μονάδες 1 & 2 για τα έτη λειτουργίας 2012 - 2020. Παράλληλα με τον αριθμό δίνεται και η χρονική διάρκεια για την οποία η κάθε Μονάδα ήταν εκτός λειτουργίας.....	42
Σχήμα 3.7: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τους σταθμούς Σμόκοβο-1 και Σμόκοβο-2.....	43
Σχήμα 3.8: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το σταθμό Σμόκοβο-4 και σύγκριση της με τους Σμόκοβο-1 και Σμόκοβο-2.....	44
Σχήμα 3.9: Μέση ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το σταθμό Σμόκοβο-4 σε σχέση με τη μέγιστη παροχή του στροβίλου του.....	45
Σχήμα Β.1: Παροχές από τα ημερολόγια λειτουργίας του σταθμού, 2012 έως 2014.....	56
Σχήμα Β.2: Παροχές από τα ημερολόγια λειτουργίας του σταθμού, 2015 έως 2017.....	57
Σχήμα Β.3: Παροχές από τα ημερολόγια λειτουργίας του σταθμού, 2018 έως 2020.....	58

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο και σκοπός της εργασίας

Η εξασφάλιση των ολοένα και αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών αποτελεί ένα διαχρονικό και μείζον πρόβλημα, καθώς η φθηνή και αξιόπιστη ενέργεια είναι η κινητήριος δύναμη της παγκόσμιας οικονομίας. Η υποχρέωση όμως για την προστασία και διατήρηση του περιβάλλοντος, εμποδίζει πλέον την αλόγιστη κατανάλωση των ρυπογόνων ορυκτών καυσίμων. Η ικανοποίηση και των δύο συνθηκών είναι ικανή μόνο με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την ταχύτατη ανάπτυξη τους, επιτυγχάνοντας εκμετάλλευση της φυσικής ροής της ενέργειας με υψηλές αποδόσεις, χωρίς την παραγωγή ρύπων.

Ένα δεύτερο πρόβλημα που έχει εμφανιστεί στο προσκήνιο, είναι η επάρκεια των υδάτινων πόρων. Η αβεβαιότητα στις προβλέψεις των καιρικών φαινομένων, και κυρίως των ακραίων διακυμάνσεών τους, κάνουν ιδιαίτερα δύσκολη την μακροπρόθεσμη εκτίμηση και εμφανή την ανάγκη για πρόληψη και έγκαιρη εξασφάλιση των απαιτούμενων ποσοτήτων νερού.

Το φράγμα Σμοκόβου κατασκευάστηκε κυρίως σαν λύση για το δεύτερο πρόβλημα, και συγκεκριμένα για την αντιμετώπιση των αρδευτικών αναγκών του δυτικού τμήματος του Θεσσαλικού κάμπου. Από το 1965 κρίθηκαν οι ανάγκες αυτές ως απαραίτητες για την ανάπτυξη της Θεσσαλίας, και έγινε αντιληπτό ότι θα έπρεπε να εξασφαλιστούν για μεγάλη χρονική περίοδο, δεδομένης της αναμενόμενης αύξησης των αρδευσιμων καλλιεργειών, του πληθυσμού και του βιομηχανικού τομέα. Αποτελεί ένα εκ των τεσσάρων φραγμάτων που περιλαμβάνονταν στην αρχική μελέτη και το μοναδικό που έχει υλοποιηθεί πλήρως.

Έχουν περάσει σχεδόν 20 χρόνια από την πλήρωση του ταμιευτήρα του, και στο χρονικό αυτό διάστημα το φράγμα Σμοκόβου έχει εξελιχθεί σε ένα έργο πολλαπλού σκοπού, συνεισφέροντας στην άρδευση, την ύδρευση, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την αντιπλημμυρική προστασία και την τουριστική ανάπτυξη της περιοχής. Κρίνεται λοιπόν σκόπιμο να γίνει ένας έλεγχος αποτίμησης της μέχρι τώρα λειτουργίας του, καθώς και του υδροηλεκτρικού σταθμού, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για το ίδιο το έργο, την μελλοντική πορεία του, αλλά και το συναφές φράγμα του Μουζακίου, στον ίδιο νομό, που αποτελεί μέλος του ίδιου σχεδίου και βρίσκεται στο στάδιο της προκαταρκτικής μελέτης.

1.2 Διάρθρωση της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία διαρθρώνεται σε 4 κεφάλαια και ακολουθεί η συνοπτική περιγραφή τους.

Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται ο σκοπός της εργασίας, η διάρθρωση της και γίνεται μία συνοπτική συσχέτιση του φράγματος Σμοκόβου με το φράγμα Πλαστήρα, με αναφορά στη σημασία των δύο έργων για την Θεσσαλία, καθώς πρόκειται για παραπλήσια έργα πολλαπλού

σκοπού στην ίδια περιοχή.

Στο Κεφάλαιο 2 περιγράφονται αναλυτικά η περιοχή και τα έργα Σμοκόβου. Αναφέρεται η θέση του φράγματος και οι λόγοι που οδήγησαν στην επιλογή της, η υδρολογική δίαιτα των υδατορευμάτων που το τροφοδοτούν και το υδατικό δυναμικό του ταμιευτήρα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται εκτενώς όλα τα επιμέρους έργα του συστήματος, με τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και φωτογραφίες. Γίνεται λεπτομερής αναφορά στο υδροηλεκτρικό έργο, στην άρδευση και την ύδρευση, την οικολογική παροχή και την αντιπλημμυρική προστασία που παρέχει. Ακόμα, παρατίθεται και η επίδραση του στην ανάπτυξη της περιοχής.

Στο Κεφάλαιο 3 περιλαμβάνονται οι προσομοιώσεις των υδροηλεκτρικών σταθμών Σμόκοβο 1, Σμόκοβο 2 και Σμόκοβο 4 που έγιναν. Αρχικά δίνονται οι απαραίτητες πληροφορίες για το χρονικό λειτουργίας του σταθμού και στοιχεία για τον τρόπο και το λόγο της μέχρι τώρα διαχείρισης του. Ακολουθούν οι τεχνικές που ακολουθήθηκαν για την προσομοίωση του κάθε σταθμού, η μεθοδολογία και οι εξισώσεις, ενώ γίνεται επεξήγηση της λογικής για κάθε απόφαση που πάρθηκε. Παρουσιάζονται και διαγραμματικά ορισμένα από τα αποτελέσματα που προέκυψαν, με την ολοκληρωμένη αναφορά τους να γίνεται στο Παράρτημα Β.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 4 περιέχονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Αυτά αφορούν τη λειτουργία του ταμιευτήρα, του υδροηλεκτρικού σταθμού Σμόκοβο 1, την πιθανή μελλοντική λειτουργία των σταθμών Σμόκοβο 2 και Σμόκοβο 4 και την επίδραση του συνολικού έργου στην ευρύτερη περιοχή. Επίσης, γίνονται και ορισμένες συνοπτικές προτάσεις για την βελτίωση του έργου και της περιοχής.

1.3 Θεσσαλία και τεχνητές λίμνες Σμοκόβου και Πλαστήρα

Η ύπαρξη της τεχνητής λίμνης Σμοκόβου μερικές φορές αγνοείται και από τους ίδιους τους κατοίκους του νομού Καρδίτσας, και αυτό γιατί επισκιάζεται από την ευρέως γνωστή λίμνη Πλαστήρα. Η κατασκευή του φράγματος Πλαστήρα ολοκληρώθηκε το 1960 στη θέση «Κακαβάκια» και ξεκίνησε η πλήρωση του ταμιευτήρα της. Η ιδέα για τη θέση της λίμνης συνελήφθη από το στρατηγό Νικόλαο Πλαστήρα που καταγόταν από την περιοχή, σαν απάντηση στα προβλήματα ύδρευσης της Καρδίτσας και άρδευσης του θεσσαλικού κάμπου, καθώς και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Προέκυψε όμως και μία ακόμα θετική επίδραση της λίμνης Πλαστήρα στην περιοχή, και αυτή ήταν η δημιουργία ενός πανέμορφου σκηνικού. Ήδη από τις αρχές της δεκαετίας τους 1980 ξεκίνησε η ανακάλυψη του φυσικού κάλλους από τον συνδυασμό του ορεινού και ημιορεινού τοπίου με την υδάτινη παρουσία από τους παραθεριστές. Ακολούθησαν δεκάδες επενδύσεις, με δημόσια και ιδιωτική πρωτοβουλία, και η τελική μετατροπή της σε έναν πλέον περιζήτητο τουριστικό προορισμό. Πρόκειται ίσως για την πιο τουριστικά αξιοποιημένη λίμνη της Ελλάδας.

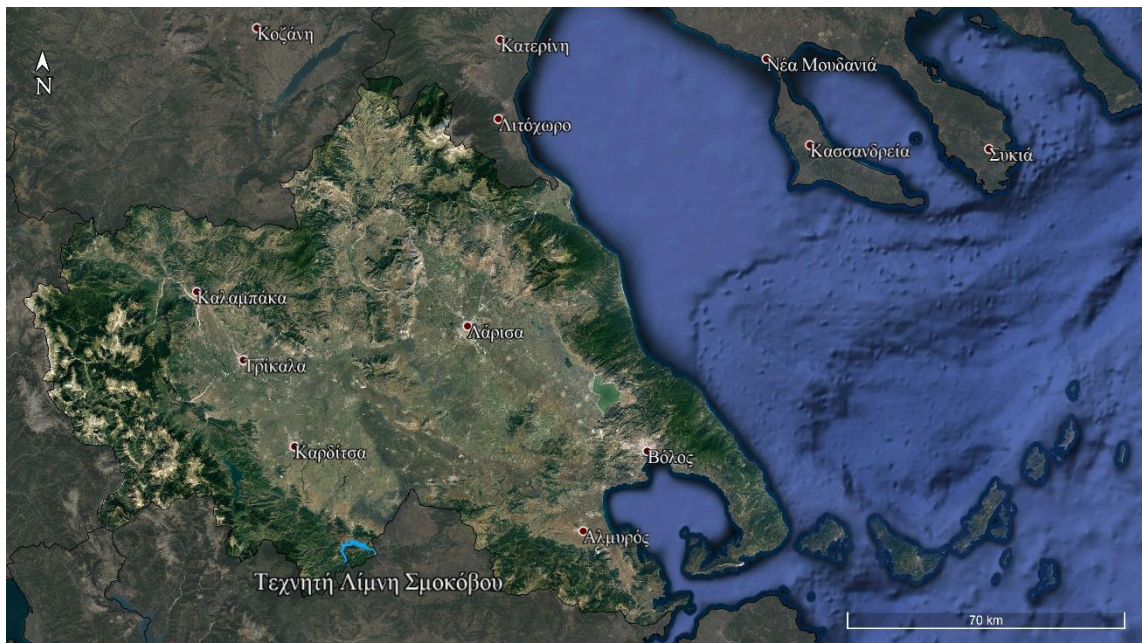
Η σημασία της λίμνης Πλαστήρα είναι λοιπόν αδιαμφισβήτητη για την θεσσαλική πεδιάδα, έχοντας επιστρέψει στον τόπο δύο και τρεις φορές τα όποια κόστη για την δημιουργία της. Ανάλογες προσδοκίες υπήρχαν και για τη λίμνη Σμοκόβου. Παρότι πρωταρχικός στόχος της ήταν η κάλυψη των αρδευτικών αναγκών, από την πλήρωση της το 2002 είχε ξεκινήσει η εκπόνηση των προμελετών για την υδρευτική και υδροηλεκτρική αξιοποίηση της, ενώ αναμενόταν και τουριστική έκρηξη παρόμοια με την γειτονική λίμνη Πλαστήρα.

Είναι φανερή η σπουδαιότητα και των δύο αυτών λιμνών τόσο για το νομό Καρδίτσας, όσο και για ολόκληρο το θεσσαλικό κάμπο και την Ελλάδα, αφού βρίσκονται στην καρδιά της. Δύο μεγάλα έργα πολλαπλού σκοπού που έχουν συμβάλει στην βελτίωση όλων των τομέων που συσχετίζονται. Με έναν αθροιστικό όγκο νερού περί τα 500 hm³, έχουν αναλάβει την άρδευση σχεδόν 475 000 στρεμμάτων, ενώ παρέχουν έως και 80 000 m³/d πόσιμο νερό. Ταυτόχρονα παράγουν 210 GWh ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως και διασφαλίζουν τις περιοχές κατάντη του κάθε φράγματος από πλημμυρικά γεγονότα. Τέλος, με την συνεισφορά τους στην προβολή του νομού και της περιφέρειας σφραγίζεται η καθοριστική επίδραση και αξία τους για τη Θεσσαλία.

2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΩΝ ΥΔΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΜΟΚΟΒΟΥ

2.1 Περιφέρεια Θεσσαλίας

Τα έργα του συγκροτήματος Σμοκόβου βρίσκονται στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιφέρειας Θεσσαλίας (Εικόνα 2.1). Η περιφέρεια Θεσσαλίας βρίσκεται στο κέντρο της Ελλάδας, καταλαμβάνοντας το κεντρικό και ανατολικό τμήμα του ηπειρωτικού κορμού της, και είναι μία από τις 13 περιφέρειες της. Χωρικά αποτελεί το 10.6% (14 036 km²) της συνολικής έκτασης της χώρας και κατοικείται από το 6.8% του πληθυσμού (732 762 κάτοικοι, ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2011).



Εικόνα 2.1: Περιφέρεια Θεσσαλίας
(Πηγή: Google Earth Pro, Geodata.gov.gr)

Διοικητικά η Θεσσαλία χωρίζεται σε πέντε περιφερειακές ενότητες (πρώην νομούς), Λάρισα, Καρδίτσα, Τρικάλων, Μαγνησίας και Σποράδων. Μαζί με τις περιφερειακές ενότητες Βοιωτίας, Εύβοιας, Ευρυτανίας, Φθιώτιδας και Φωκίδας της Στερεάς Ελλάδας βρίσκονται υπό την επίβλεψη της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Θεσσαλίας - Κεντρικής Ελλάδας με έδρα την πόλη της Λάρισας.

Το έδαφος της περιφέρειας χαρακτηρίζεται ως 45% ορεινό, 36% πεδινό και 17% ημιορεινό. Ο ορεινός όγκος της περιλαμβάνει στα ανατολικά τις κορυφές του Ολύμπου (2 917 m), της Όσσης (1 978 m) και του Πηλίου (1 610 m), ενώ στα δυτικά καταλαμβάνεται από μεγάλο μέρος της οροσειράς της Πίνδου, με πολλές κορυφές πάνω από τα 1 900 m όπως το Βουτσικάκι (2 154 m). Παρά την υπεροχή του ορεινού τοπίου το όνομα της Θεσσαλίας είναι συνδεδεμένο με τον κάμπο της. Η θεσσαλική πεδιάδα είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος κάμπος της χώρας, με έκταση 5 053 km². Χωρίζεται σε ανατολική και δυτική από τα όρη Χαλκηδόνιο (κορυφή 1 054 m) και Τίτανος (κορυφή 693 m), αλλά διαρρέεται ολόκληρη από τον Πηνειό και τους

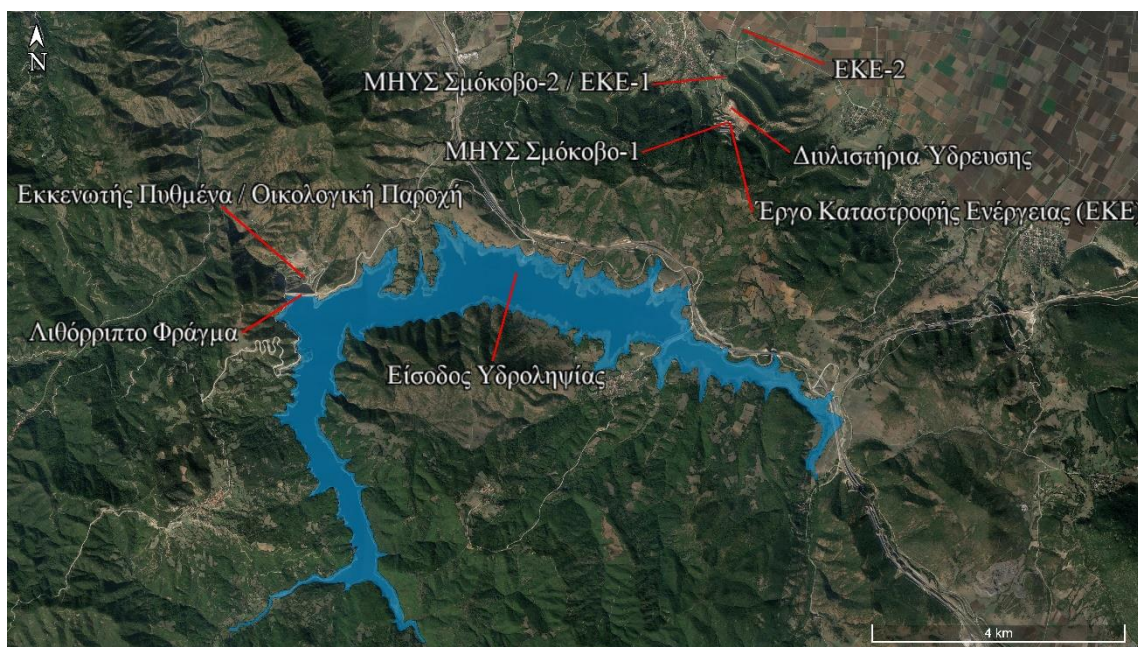
παραπόταμους του.

Σαν κύριο χαρακτηριστικό ο κάμπος έχει καθορίσει και την οικονομική κατεύθυνση της Θεσσαλίας. Κύριες ασχολίες αποτελούν η γεωργία και η κτηνοτροφία, με περίπου το 1/3 του πληθυσμού να απασχολούνται άμεσα ή έμμεσα από αυτό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ισχυρή παρουσία της στην πρωτογενή παραγωγή της χώρας, με πρωτιές στην παραγωγή σίτου, κριθαριού και βαμβακιού, και την εκτροφή άνω των 3 000 000 ζώων (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2009).

2.2 Θέση των έργων Σμοκόβου

Η τεχνητή λίμνη Σμοκόβου ανήκει στην περιφερειακή ενότητα Καρδίτσας, συγκεκριμένα βρίσκεται στο Δήμο Σοφάδων, στη θέση «Παλιοσταλός», στην περιοχή των κοινοτήτων Λουτροπηγής και Κτιμένης, στα σύνορα με την περιφερειακή ενότητα Φθιώτιδας. Η κατασκευή του φράγματος έγινε λίγο μετά την συμβολή δύο υδατορευμάτων, του Παπούσα ή Ρεντινιώτη και του Πενδάμη ή Ονόχωνου, τα οποία σχηματίζουν τον ποταμό Σοφαδίτη.

Η πλειοψηφία των έργων που απαρτίζουν το σύμπλεγμα Σμοκόβου βρίσκονται πλησίον της λίμνης. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.2, κατάντη του φράγματος βρίσκεται η απόληξη του εκκενωτή πυθμένα με την οικολογική παροχή. Ανάντη, περίπου στο κέντρο της λίμνης εντοπίζεται η είσοδος για την σήραγγα υδροληψίας, η έξοδος της οποίας είναι 4 km βορειοανατολικά στην τοπική κοινότητα Λεονταρίου. Η έξοδος είναι συνδεδεμένη με το Έργο Καταστροφής Ενέργειας και τον υδροηλεκτρικό σταθμό Σμόκοβο-1. Μετά την αξιοποίηση της ενέργειας του το νερό διατίθεται για ύδρευση ή άρδευση.

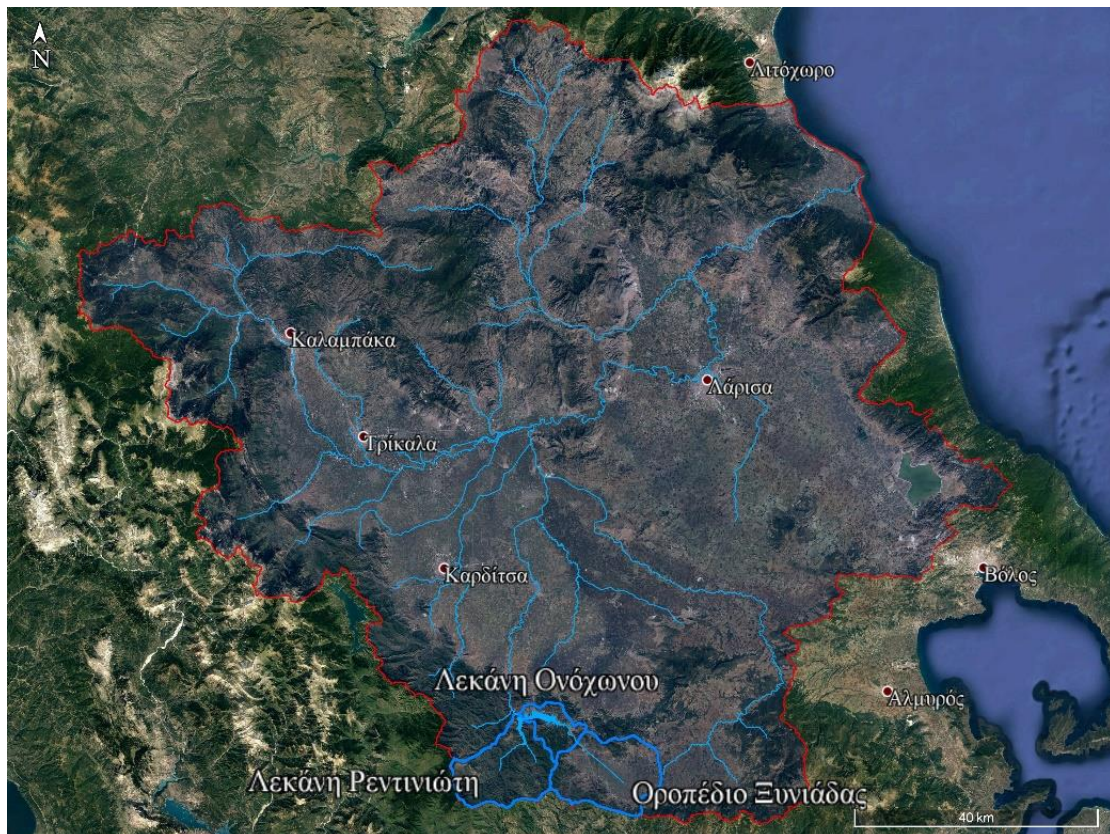


Εικόνα 2.2: Διάταξη έργων συγκροτήματος Σμοκόβου
(Πηγή: Google Earth Pro, Geodata.gov.gr)

2.3 Φυσικό υδατικό σύστημα

Ο ποταμός Σοφαφίτης απαρτίζει την κύρια συνιστώσα της τεχνητής λίμνης Σμοκόβου, αξιοποιώντας το μεγαλύτερο τμήμα από τον όγκο νερού του. Αποτελεί παραπόταμο του Ενιπέα και μέσω αυτού καταλήγει στον Πηνειό, του οποίου ολόκληρη σχεδόν η Θεσσαλία αποτελεί τη λεκάνη απορροής (Εικόνα 2.3). Δημιουργείται από τρία βασικά υδατορεύματα, το Ρεντινιώτη, τον Ονόχωνο και τον Σμοκοβίτη. Έχει λεκάνη απορροής με έκταση περίπου 500 km² και μέσο υψόμετρο 675 m.

Η λεκάνη απορροής της τεχνητής λίμνης Σμοκόβου αποτελεί τμήμα αυτής της ευρύτερης λεκάνης απορροής του Σοφαδίτη. Η έκταση της είναι 382 km². Περιλαμβάνει δύο από τα υδατορεύματα που τον σχηματίζουν, τον Ρεντινιώτη και τον Ονόχωνο, και τις αντίστοιχες λεκάνες απορροής τους, οι οποίες διακρίνονται στην Εικόνα 2.3. Το εναπομείναν τμήμα είναι η λεκάνη απορροής του τρίτου υδατορεύματος, του Σμοκοβίτη, με έκταση 118 km² και δεν συνεισφέρει άμεσα στο υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα.



Εικόνα 2.3: Οι λεκάνες απορροής της τεχνητής λίμνης Σμοκόβου. Διακρίνεται και η ευρύτερη λεκάνη του Πηνειού με τους παραπόταμους του
(Πηγή: Google Earth Pro, Geodata.gov.gr)

Εκ των δύο υδατορευμάτων που απορρέουν στην τεχνητή λίμνη Σμοκόβου, ο Ρεντινιώτης έχει τη μεγαλύτερη υδροφορία και διατηρεί μόνιμη ροή όλο το χρόνο, αν και η θερινή παροχή είναι αρκετά μειωμένη σε σχέση με τη χειμερινή. Η υπολεκάνη του έχει έκταση 150 km² και μέσο υψόμετρο 743 m. Η λεκάνη έχει μεγάλη ύψη βροχής (πάνω από 1 000 mm σε ετήσια βάση),

ετήσια απορροή 400 mm (με υπερετήσιο συντελεστή απορροής έως 40%) και απώλειες της τάξης του 60% λόγω της κυριαρχίας της δασώδους βλάστησης (Κουτσογιάννης κ.ά., 2008β, σ. 40).

Μικρότερη είναι η συμβολή του Ονόχωνου στον ταμιευτήρα, παρά την τροφοδοσία του τόσο από τα νερά της δικής του λεκάνης απορροής όσο και από την αποστράγγιση του οροπεδίου της Ξυνιάδας. Μία κύρια αποστραγγιστική τάφρος συλλέγει τα επιφανειακά νερά του οροπεδίου και μία τεχνητή χωμάτινη διώρυγα τα διοχετεύει στον Ονόχωνο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η συνολική απορρέουσα επιφάνεια να φτάνει τα 232 km² και να έχει ένα μέσο υψόμετρο 543 m. Να σημειωθεί ότι κατά την αρδευτική περίοδο γίνεται έμφραξη της τάφρου με πρόχειρα υλικά, με συνέπεια ο ταμιευτήρας να μην τροφοδοτείται από τις εκροές του οροπεδίου. Σε σχέση με αυτή του Ρεντινιώτη χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλότερα ύψη βροχής (570 mm, σε μέση ετήσια βάση) και πολύ χαμηλότερο συντελεστή απορροής, μόλις 22%, σε μέση ετήσια βάση (Κουτσογιάννης κ.ά., 2008β, σ. 40).

2.3.1 Υδατικό δυναμικό τεχνητής λίμνης Σμοκόβου

Οι ιδιαιτερότητες των επιμέρους λεκανών απορροής της τεχνητής λίμνης Σμοκόβου δυσκόλεψαν εξ αρχής την εκτίμηση του υδατικού δυναμικού που θα είχε διαθέσιμο. Οι διαφορές στα ύψη βροχής, στη μορφολογία και ειδικά στον συντελεστή απορροής που προέκυψαν από μετέπειτα μελέτες, δεν ήταν φανερές εξ αρχής. Σε συνδυασμό με τα ελλιπή υδρολογικά στοιχεία της εποχής οδήγησαν σε μεγάλες αποκλίσεις από εκτίμηση σε εκτίμηση.

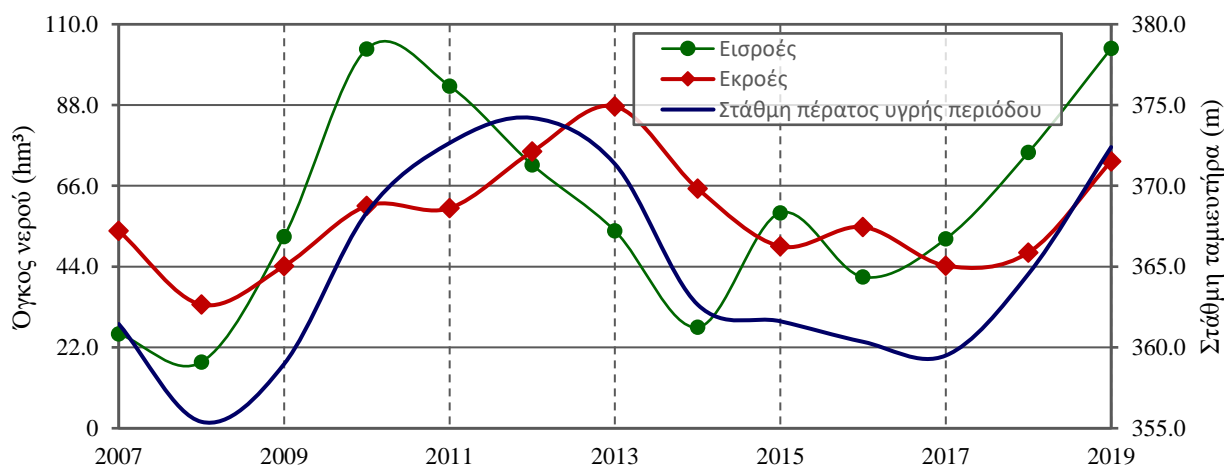
Σχεδόν όλες οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν υπολόγισαν μεγέθη για την μέση ετήσια απορροή και απόληψη μεγαλύτερα από την πραγματικότητα. Οι απλοποιήσεις που έγιναν στα υδρολογικά δεδομένα και η αναξιοπιστία των ίδιων των δεδομένων οδήγησαν σε υπερδιαστασολόγηση του έργου, περιμένοντας έως και 71% μεγαλύτερη ποσότητα νερού στον ταμιευτήρα από την πραγματική (ELECTROWATT, 1970). Αξιοσημείωτο είναι ότι στα 18 χρόνια λειτουργίας του έργου η μέγιστη καταγεγραμμένη στάθμη είναι στα +374.52 m, μετά από μία ιδιαίτερα πλούσια υδρολογική χρονιά (2011-2012), ενώ η στέψη της υπερχειλίσεως είναι στα +375.0 m, ήτοι ο ταμιευτήρας δεν έχει υπερχειλίσει ποτέ.

Χρειάστηκε να περάσουν πάνω από 40 χρόνια από την πρώτη μελέτη που εκπονήθηκε για να υπολογιστεί το υδατικό δυναμικό που ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Ο υπολογισμός έγινε από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο το 2007 στα πλαίσια μια μελέτης που ανατέθηκε στον Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων από την ΕΥΔΕΠ Θεσσαλίας με τίτλο «Διερεύνηση Σεναρίων Διαχείρισης του ταμιευτήρα Σμοκόβου». Έγινε χρήση του λογισμικού ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ για την δημιουργία συνδυαστικού μοντέλου της επιφανειακής και υπόγειας υδρολογίας της περιοχής, το οποίο βαθμονομήθηκε με τα δεδομένα των προγενέστερων μελετών καθώς και νέα μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα (Κουτσογιάννης κ.ά., 2008β, σ. 29). Στο Πίνακα 2.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι διαφορετικές εκτιμήσεις που έγιναν ανά τα έτη για το δυναμικό του ταμιευτήρα.

Πίνακας 2.1: Εκτιμήσεις υδατικού δυναμικού τεχνητής λίμνης Σμοκόβου
(Πηγή: Κουτσογιάννης κ.ά., 2008α)

Μελέτη:	Έτος:	Μέση ετήσια εισροή (hm ³):
ΕΥΠΑΛΙΝΟΣ	1965	160.0
ELECTROWATT	1968	129.0
ELECTROWATT	1970	178.0
ΥΔΡΟΜΕΤ κ.ά.	1982	175.3
ΥΔΡΟΤΕΚ	1992	171.1
ΕΥΔΕ Αχελούου και ΥΔΡΟΕΞΥΓΙΑΝΤΙΚΗ	1995	165.2
Συμπληρωματικής μελέτης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της εκτροπής του Αχελούου προς τη Θεσσαλία (κανονικό σενάριο)	2001	174.4
Συμπληρωματικής μελέτης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της εκτροπής του Αχελούου προς τη Θεσσαλία (δυσμενές σενάριο)	2001	160.2
Διερεύνηση Σεναρίων Διαχείρισης του ταμιευτήρα Σμοκόβου	2007	104.1

Η εκτίμηση των Κουτσογιάννης κ.ά. είναι αρκετά συντηρητική σε σύγκριση με τις προγενέστερες, αλλά η λειτουργία του ταμιευτήρα έδειξε ότι και αυτή αποτελεί αισιόδοξο σενάριο σε σχέση με την πραγματικότητα. Μετά το 2007 γινόταν τακτική μέτρηση της στάθμης, οπότε και του αποθέματος του ταμιευτήρα. Με τα στοιχεία αυτά η διαχείριση του έργου σύνταξε έγκυρο πίνακα εκροών και εισροών συναρτήσει του χρόνου για τον ταμιευτήρα. Η έναρξη λειτουργίας του υδροηλεκτρικού σταθμού συνεισέφερε στην εγκυρότητα των αποτελεσμάτων, καθώς η ΔΕΗ έκανε δική της καταγραφή των εκροών από την διάταξη του Έργου Καταστροφής Ενέργειας και του Σμόκοβο-1. Οι μετρήσεις αυτές φαίνονται στο Σχήμα 2.1 που ακολουθεί.



Σχήμα 2.1: Οι εισροές, εκροές και στάθμη στο τέλος της υγρής περιόδου κατά την λειτουργία του ταμιευτήρα
(Πηγή: Σανούδος, 2020)

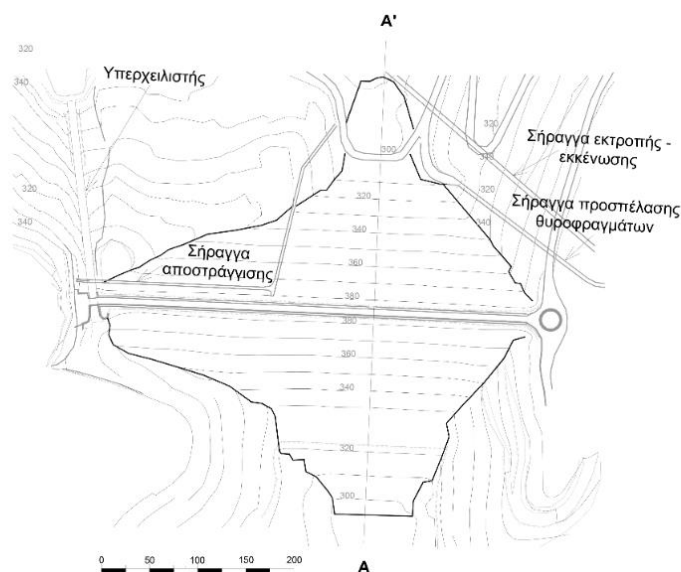
Γίνεται ξεκάθαρο γιατί ακόμα και η πλέον έγκυρη εκτίμηση χαρακτηρίστηκε αισιόδοξη. Σε διάστημα καταγραφής 13 ετών, μόλις 2 φορές επιτεύχθηκαν εισροές κοντά στα 104 hm³, τις

χρονιές 2013 και 2019. Αξιοσημείωτο είναι ότι το 2007 και 2014 οι εισροές ήταν περίπου 25 hm³, ενώ το 2008 αποτελεί τη χειρότερη χρονιά μέχρι στιγμής, με μόλις 18 hm³ (17% των αναμενόμενων εισροών). Στο Σχήμα 2.1 επίσης φαίνεται και η στάθμη μετά το πέρα της υγρής περιόδου και πριν την έναρξη της αρδευτικής, που είναι και η μέγιστη τιμή της κάθε χρονιάς.

2.4 Σύστημα τεχνικών έργων

2.4.1 Φράγμα και Ταμιευτήρας

Ο σχηματισμός του ταμιευτήρα της τεχνητής λίμνης Σμοκόβου πραγματοποιήθηκε με την κατασκευή λιθόρριπτου φράγματος όγκου 3 530 000 m³ και ύψους από τη θεμελίωση 104 m, με αργιλικό πυρήνα κεκλιμένο προς τα ανάντη. Το μήκος της στέψης του είναι 456 m και το πλάτος της 11 m, ενώ η κατασκευή της έγινε σε τραπεζοειδές σχήμα με άκρα στα +382.0 m και κεντρικό σχήμα στα +384.0 m, σαν προληπτικό μέτρο για τις καθιζήσεις. Η φύση της κατασκευής, όπως σε και άλλα λιθόρριπτα φράγματα, δεν επέτρεψε την κατασκευή των συνοδευτικών έργων στο κυρίως σώμα του. Τα έργα αυτά όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4 είναι τοποθετημένα στα αντερείσματα του έργου, με εξαίρεση την σήραγγα αποστράγγισης.

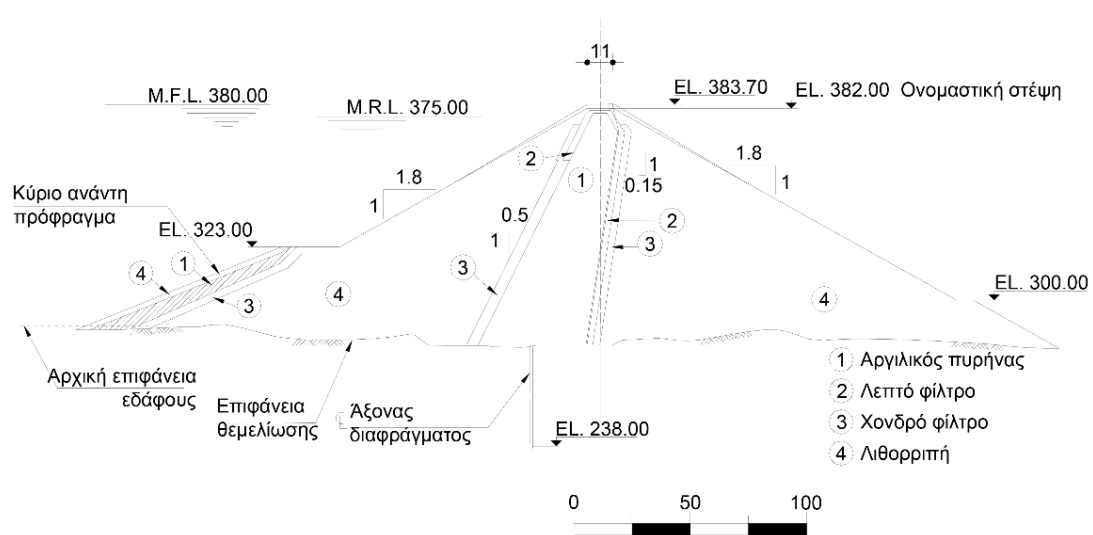


Εικόνα 2.4: Οριζοντιογραφία Φράγματος Σμοκόβου
(Πηγή: Καραβοκύρης κ.ά., 2008)

Στον συνολικό όγκο του φράγματος περιλαμβάνεται και το πρόφραγμα. Κατασκευάστηκε για την εκτροπή των νερών κατά την κατασκευή του κυρίως φράγματος, έχει υψόμετρο στέψης +323.0 m και όγκο 350 000 m³. Η σύσταση του είναι παρόμοια με αυτή του κυρίως φράγματος. Πρόκειται για λιθοριπτή με αργιλική ζώνη στο ανάντη πρηνές για την μείωση της υδατοπερατότητας, η οποία συνοδεύεται με χονδρό φίλτρο.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.5 το Φράγμα Σμοκόβου απαρτίζεται από τέσσερις κύριες ζώνες. Η Ζώνη 1 είναι ο αργιλικός πυρήνας, κατασκευασμένος από αργιλοαμμώδεις και αλουβιακές αποθέσεις από την λεκάνη κατάκλυσης. Σχεδιάστηκε με πάχος 50% του υδραυλικού φορτίου

στη μέγιστη διατομή και με ένα μεταβατικό τμήμα πλάτους 5 m ανάντη. Οι μετέπειτα ζώνες, 2 και 3, αποτελούν το λεπτό και χονδρό φίλτρο αντίστοιχα, και προήλθαν από κοσκίνισμα και θραύση των αμμοχάλικων της κοίτης. Τελευταία είναι η Ζώνη 4, η λιθορριπή, επίσης κατασκευασμένη από τη γεωλογία της περιοχής και συγκεκριμένα από οφιόλιθους (Ντουνιάς κ.ά., 2006).



Εικόνα 2.5: Κεντρική Διατομή Φράγματος Σμοκόβου, Τομή Α - Α' (Πηγή: Καραβοκύρης κ.ά., 2008)

Να σημειωθεί όπως διακρίνεται στην Εικόνα 2.6 η επένδυση του ανάντη πρανού του φράγματος με ογκόλιθους διαμέτρου 1 m, καθώς και η τοποθέτηση των πιο χονδρόκοκκων υλικών στο κατάντη πρανές του σώματος στήριξης. Σαν αποτέλεσμα όλων των παραπάνω, το φράγμα έχει αναγνωριστεί για την κοκκομετρική διαβάθμιση και τη πληρωμένη δομή του (Καραβοκύρης κ.ά., 2008).



Εικόνα 2.6: Κατάντη όψη του φράγματος Σμοκόβου (Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 30.10.2020)

Επίσης, στο σώμα του φράγματος έχει τοποθετηθεί και πληθώρα από όργανα για την παρακολούθησή του, τα οποία περιλαμβάνονται στον Πίνακα 2.2. Οι μετρήσεις που

προέκυψαν εξετάσθηκαν κατά την επαναξιολόγηση του έργου και επιβεβαίωσαν την καλή συμπεριφορά του φράγματος. Χαμηλές καθιζήσεις και καθόλου μετακινήσεις στη στέψη, φυσιολογικές στάθμες στα φρέατα παρακολούθησης και ελάχιστη ανάπτυξη πίεσης πόρων στον πυρήνα ήταν τα κυριότερα συμπεράσματα. Επίσης, σαν επιπρόσθετο μέτρο για την ολοκληρωμένη εποπτεία του φράγματος κρίθηκε σημαντική η κατασκευή διάταξης συλλογής και μέτρησης των συνολικών διηθήσεων δια του φράγματος και της θεμελίωσης, λίγο κατάντη του πόδα του. Η διάταξη αυτή θα συμβάλει και στην έγκαιρη διάγνωση τυχόν διαρροών.

Πίνακας 2.2: Όργανα παρακολούθησης φράγματος Σμοκόβου
(Πηγή: Ντουνιάς κ.ά., 2006)

Είδος οργάνου:	Ποσότητα:
Ηλεκτρικά πιεσομετρικά κύτταρα δονούμενης χορδής	49
Φρέατα παρατήρησης της στάθμης υπόγειων υδάτων	20
Γραμμικά μηκυσιόμετρα	5
Στήλες μέτρησης κατακόρυφης και πλευρικής μετακίνησης	5
Κλισιόμετρα	4
Βάθρα ελέγχου επιφανειακών μετακινήσεων	55
Επιταχυνσιογράφοι ισχυρής δόνησης	3

Όσον αφορά τον ίδιο τον ταμιευτήρα, η ανώτατη στάθμη λειτουργίας είναι στα +375.0 m, στο χείλος της υπερχειλίσης, και η κατώτατη στάθμη στα +330.0 m από το κατώφλι του πύργου υδροληψίας. Στην ανώτατη στάθμη το νερό καταλαμβάνει έκταση 8.4 km². Η ωφέλιμη χωρητικότητα του ταμιευτήρα υπολογίστηκε στα 237.6 hm³ μετά από την δημιουργία επίκαιρης καμπύλης στάθμης - αποθέματος από τους Κουτσογιάννης κ.ά. (2008α, σ. 24), ενώ ο νεκρός όγκος εκτιμήθηκε στα 28.4 hm³. Έχοντας σαν παράδειγμα την Εικόνα 2.7 με δεδομένο τη στάθμη του ταμιευτήρα στα +363.36 m, με χρήση των επικαιροποιημένων καμπύλων προκύπτει το απόθεμα του ταμιευτήρα περίπου 152 hm³ και η επιφάνεια του 6.2 km².



Εικόνα 2.7: Φωτογραφία του ταμιευτήρα με στάθμη +363.36 m, απόθεμα 152 hm³ και επιφάνεια 6.2 km²
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 16.12.2020)

2.4.2 Υπερχειλιστής και σήραγγα αποστράγγισης

Στο δυτικό αντέρεισμα του φράγματος βρίσκεται ο υπερχειλιστής. Η θέση του επιλέχθηκε για να εδράζεται πάνω σε «υγιή βράχο», μετά από ερευνητικές γεωτρήσεις. Η μεγάλη αντοχή των πετρωμάτων της περιοχής επέτρεψαν και τον σχεδιασμό σχετικά μικρής λεκάνης καταστροφής ενέργειας. Αποτελείται από μία ανοιχτή διώρυγα διαστάσεων 8 x 3 m, κλίσης 51.75% και συνολικού μήκους 252.79 m, από τα οποία τα 97.34 m είναι το έργο εισόδου, τα 121.37 m συνιστούν την κύρια διώρυγα και τα 34.08 m το έργο αναπήδησης και τη λεκάνη καταστροφής ενέργειας. Η είσοδος του υπερχειλιστή φαίνεται στις Εικόνες 2.8 & 2.9 μετωπικά και από τα πλάγια.



Εικόνα 2.8: Ο υπερχειλιστής και θέση του σε σχέση με το φράγμα. Η στέψη της υπερχειλίσης βρίσκεται στα +375.0 m
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 30.10.2020)



Εικόνα 2.9: Το δυτικό αντέρεισμα του φράγματος από μακριά
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 30.10.2020)

Επίσης, από το δυτικό αντέρεισμα ξεκινάει και η σήραγγα αποστράγγισης, η έξοδος της οποίας διακρίνεται στην Εικόνα 2.10. Κατασκευάστηκε λόγω ύπαρξης γεωλογικού ρήγματος στο αντέρεισμα με στόχο την ανακούφιση από τις υδροστατικές πιέσεις των υπόγειων υδάτων. Παράλληλα όμως λόγω της θέσης της επιτρέπει την πρόσβαση στην κουρτίνα των τσιμεντενέσεων. Με τον τρόπο αυτό γίνεται δυνατή η άμεση αντιμετώπιση οποιουδήποτε

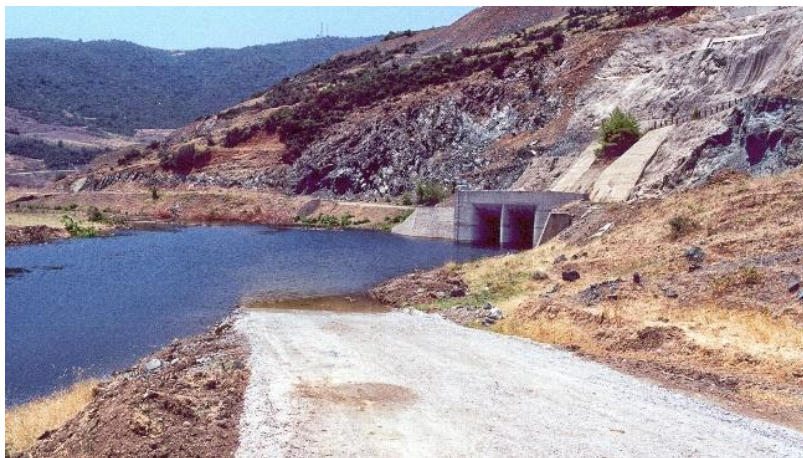
προβλήματος διαρροής κατά την λειτουργία του ταμιευτήρα, καθώς και η ενίσχυση της ίδιας της κουρτίνας αν κριθεί απαραίτητο. Η ύπαρξη της σήραγγας πλησίον του αργιλικού πυρήνα δημιούργησε προβληματισμούς για τυχόν ανάπτυξη υψηλών υδραυλικών κλίσεων. Έγιναν εργασίες για τον καθαρισμό των αποστραγγιστικών γεωτρήσεων, καθώς και τοποθέτηση νέων πιεσόμετρων εντός γεωτρήσεων.



Εικόνα 2.10: Έξοδος της σήραγγας αποστράγγισης, τα νερά από τα στραγγιστήρια συνεισφέρουν στην οικολογική παροχή
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 30.10.2020)

2.4.3 Σήραγγα εκτροπής

Το έργο της σήραγγας εκτροπής δημοπρατήθηκε το 1984 και η κατασκευή της ολοκληρώθηκε το 1992. Έχει μήκος 615 m και πεταλοειδή διατομή διαμέτρου 5 m από σπλισμένο σκυρόδεμα. Η είσοδος της βρίσκεται σε υψόμετρο +292.0 m, ενώ η έξοδος της σε υψόμετρο +279.0 m. Ο σχεδιασμός της έγινε με πλημμυρική παροχή αιχμής 1 080 m³/s και ανάντη στάθμη 320.50 m, η οποία αποχετεύεται από την σήραγγα με μέγιστη παροχή 335 m³/s (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2002).



Εικόνα 2.11: Έμφραξη της σήραγγας εκτροπής με θυροφράγματα για την πρώτη πλήρωση του ταμιευτήρα
(Πηγή: Σπυριδώνης, 2002)



Εικόνα 2.12: Τα θυροφράγματα έμφραξης της σήραγγας εκτροπής
(Πηγή: Σπυριδώνης, 2002)

Για πλήρωση του ταμιευτήρα πραγματοποιήθηκε έμφραξη της σήραγγας με θυροφράγματα, γερμανικής κατασκευής, όπως φαίνεται στις Εικόνες 2.11 & 2.12. Προηγήθηκε η αλλαγή λειτουργίας της από σήραγγα εκτροπής σε εκκενωτή πυθμένα με την δημιουργία στομίου σε υψόμετρο +322.0 m πάνω από την αρχική είσοδο της σήραγγας. Ο εκκενωτής συμβάλει στη σήραγγα με γωνία 45° στο υψόμετρο +293.93 m, έχει μήκος 40 m και διατομή κυκλικής διαμέτρου 4 m. Ο χρόνος εκκένωσης του ταμιευτήρα υπολογίζεται σε 20 έως 30 μέρες. Η διάταξη περιλαμβάνει ακόμα τον θάλαμο των θυροφραγμάτων εκκένωσης και την σήραγγα προσπέλασης τους. Ο θάλαμος διαστάσεων 10.50 x 6.0 x 10.50 m περιέχει τα θυροφράγματα με διαστάσεις 2.0 x 2.50 m, ενώ υπάρχουν και δύο βαλβίδες για την οικολογική παροχή διαμέτρου 300 mm. Η σήραγγα προσπέλασης συμβάλει με την εκκένωσης στο θάλαμο των θυροφραγμάτων, έχει μήκος 220 m και είναι πεταλοειδής διατομής διαμέτρου 4 m. Στις Εικόνες 2.13 & 2.14 διακρίνονται η έξοδος της και η έξοδος του εκκενωτή πυθμένα στο ανατολικό αντέρεισμα του φράγματος.



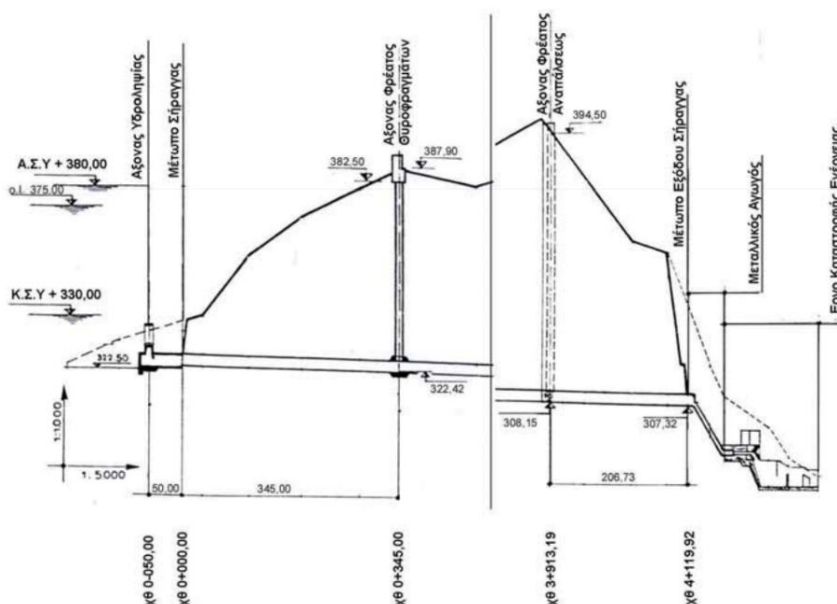
Εικόνες 2.13: Η έξοδος του εκκενωτή πυθμένα. Τα φερτά στη φωτογραφία προέρχονται από πρόσφατη
καταιγίδα
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 30.10.2020)



Εικόνα 2.14: Η έξοδος της σήραγγας προσπέλασης των θυροφραγμάτων
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 30.10.2020)

2.4.4 Σήραγγα προσαγωγής Λεονταρίου

Η σήραγγα Λεονταρίου είναι το κατεξοχήν έργο για την παροχή νερού προς το αρδευτικό δίκτυο της περιοχής, ενώ είναι υπό κατασκευή και εγκαταστάσεις για την επεξεργασία νερού και χρήση του για ύδρευση. Η σχεδίαση της έγινε με βάση δεδομένα που έδωσε η ΔΕΗ για να κατασκευαστεί ένα μικρό υδροηλεκτρικό που να αξιοποιεί το διαθέσιμο ύψος πτώσης. Έχει μέγιστη παροχή λειτουργίας $25 \text{ m}^3/\text{s}$ και κατά μήκος κλίση 0.004 . Η κατασκευή της έγινε σε δύο στάδια, με την πρώτη δημοπράτηση να γίνεται το 1990 και να ολοκληρώνεται το 1997. Περιλάμβανε τα έργα της εκσκαφής και διαμόρφωσης των μετώπων εισόδου και εξόδου, τη διάνοιξη της σήραγγας με τα σχετικά μέτρα προσωρινής αντιστήριξης, τη διάνοιξη και επένδυση του φρέατος θυροφραγμάτων, καθώς και την επένδυση της σε μήκος $2\,256 \text{ m}$. Η σήραγγα παραδόθηκε ολόκληρη το 2002, με τη δεύτερη εργολαβία που είχε δημοπρατηθεί το 1998 (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2002).



Εικόνα 2.15: Μηκοτομή σήραγγας προσαγωγής νερού Λεονταρίου
(Πηγή: ΔΕΗ, 2005)

Η σήραγγα προσαγωγής που απεικονίζεται στην Εικόνα 2.15 μπορεί να χωριστεί στα εξής

τιμήματα:

- (α) Πύργος υδροληψίας: φαίνεται στην Εικόνα 2.16, είναι κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα, έχει ύψος 12 m και εσωτερική διάμετρο 7.30 m. Διαθέτει πλάκα επικαλύψεως στην κορυφή του, ενώ η εισροή του νερού γίνεται περιμετρικά μέσα από χαλύβδινες εσχάρες, με την Κατώτατη Στάθμη Υδροληψίας (Κ.Σ.Υ.) να βρίσκεται στα +330.0 m. Στη βάση του πύργου υπάρχει άνοιγμα 2 x 3 m, που είναι μόνιμα κλειστό με μεταλλικό θυρόφραγμα κατά το στάδιο της υδροληψίας. Η κορυφή του πύργου είναι στα +334.0 m και η βάση του στα +322.50 m.



Εικόνα 2.16: Ο πύργος υδροληψίας πριν την πλήρωση του ταμιευτήρα
(Πηγή: Σπυριδώνης, 2002)

- (β) Κλειστός αγωγός υδροληψίας: ενώνει τη βάση του πύργου υδροληψίας με το μέτωπο εισόδου της σήραγγας. Έχει μήκος 45 m, ψευδοκυκλική διατομή διαμέτρου 3 m και είναι κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- (γ) Φρέαρ θυροφραγμάτων: ο άξονας του βρίσκεται σε απόσταση 345 m από την είσοδο της σήραγγας, έχει εξωτερική διάμετρο 6 m και ύψος 65 m από τον πυθμένα της σήραγγας. Διαθέτει δύο θυροφράγματα, διαστάσεων 2 x 2 m, εκ των οποίων το ένα χρησιμοποιείται για την διακοπή της ροής και το άλλο σαν εφεδρικό ασφαλείας σε περίπτωση διακοπής της ροής λόγω εκκένωσης της σήραγγας. Ο ηλεκτρομηχανικός εξοπλισμός μαζί με τα όργανα χειρισμού και λειτουργίας των θυροφραγμάτων είναι τοποθετημένα σε κτίριο στην κορυφή του φρέατος, το οποίο φαίνεται στην Εικόνα 2.17.



Εικόνα 2.17: Η κορυφή του φρέατος θυροφραγμάτων με το κτίριο ελέγχου
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 16.12.2020)

- (δ) Κυρίως σήραγγα: έχει συνολικό μήκος 4 120 m, από τα οποία τα 3 913 m αποτελούν σήραγγα οπλισμένου σκυροδέματος πεταλοειδούς διατομής 3 x 3 m, και τα υπόλοιπα 207 m αγωγό Φ3000, ανάμεσα στο μέτωπο εξόδου και το φρέαρ αναπάλσεως.
- (ε) Φρέαρ αναπάλσεως: το κέντρο του φρέατος βρίσκεται σε απόσταση 207 m ανάντη του μετώπου εξόδου της σήραγγας και σε απόσταση 9.50 m από τον άξονα της. Έχει εσωτερική διάμετρο 11 m, ύψος 88 m και η σύνδεση του με την σήραγγα γίνεται με μικρό συνδετήριο κλάδου διαμέτρου 2.50 m. Ο πύργος αναπάλσεως έχει διπλό ρόλο, (α) σε περίπτωση απότομης διακοπής της ροής στους στροβίλους προστατεύει τη σήραγγα από υδραυλικό πλήγμα και (β) δεν επιτρέπει την είσοδο αέρα στον κλειστό αγωγό κατάντη ο οποίος βρίσκεται υπό πίεση (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1997).
- (στ) Κλειστός αγωγός πίεσης: ξεκινάει από το μέτωπο εξόδου της σήραγγας, έχει μήκος 54 m και διάμετρο Φ2500, και καταλήγει στον Υδροηλεκτρικό Σταθμό και το Έργο Καταστροφής Ενέργειας (Ε.Κ.Ε.). Η σύνδεσή του γίνεται μέσω διακλάδωσης σε τρεις μικρότερους αγωγούς με το Ε.Κ.Ε., και με βαλβίδα τύπου πεταλούδας με τον Υδροηλεκτρικό Σταθμό.

2.4.5 Έργο Καταστροφής Ενέργειας (Ε.Κ.Ε.)

Το Έργο Καταστροφής Ενέργειας βρίσκεται υπό την διαχείριση του Τοπικού Οργανισμού Εγγείων Βελτιώσεων (Τ.Ο.Ε.Β.) Θεσσαλίας και πλέον λειτουργεί συμπληρωματικά του Υδροηλεκτρικού Σταθμού, όταν είναι αυξημένες οι απαιτήσεις για άρδευση. Συνδέεται με τον χαλύβδινο κλειστό αγωγό πίεσης μέσω τριών μικρότερων αγωγών που καταλήγουν στη διάταξη της Εικόνας 2.17, ήτοι 3 ρυθμιζόμενες βαλβίδες καταστροφής ενέργειας (2Φ1300 και 1Φ500). Κατάντη των βαλβίδων βρίσκεται η λεκάνη ηρεμίας, η οποία αποτελείται από δύο θαλάμους διαστάσεων 18 x 18 m. Η επικοινωνία μεταξύ των θαλαμών γίνεται μέσω θυροφραγμάτων, ενώ ο ανάντη θάλαμος διαθέτει υπερχειλιστή μήκους 15 m. Εφαπτόμενος στον ανάντη θάλαμο και συνδεδεμένος μέσω υπερχειλιστή είναι επίσης ο θάλαμος φόρτισης, απεικονιζόμενος στην Εικόνα 2.19, ο οποίος καταλήγει σε κλειστό αγωγό Φ1800 για την τροφοδότηση του αρδευτικού δικτύου. Σε περίπτωση αυξημένου όγκου νερού είναι δυνατό το άνοιγμα των θυροφραγμάτων και η διόδευση του νερού μέσω δύο αγωγών Φ1200 που συμβάλουν στον Φ1800 (ΔΕΗ Ανανεώσεις, 2009).



Εικόνα 2.18: Οι βαλβίδες καταστροφής ενέργειας
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 13.03.2020)



Εικόνα 2.19: Τα θυροφράγματα επικοινωνίας μεταξύ των θαλάμων και ο θάλαμος φόρτισης στο αριστερό τοίχωμα
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 13.03.2020)

2.5 Υδροηλεκτρικό έργο Σμοκόβου

Η Διεύθυνση Υδροηλεκτρικής Παραγωγής (Δ.Υ.Η.Π.) της ΔΕΗ σαν τεχνικός σύμβουλος επίβλεψης μελέτησε το έργο του φράγματος Σμοκόβου και δημιούργησε μία πρόταση για την ενεργειακή αξιοποίηση του. Η πρόταση αυτή απαρτιζόταν από τέσσερα μικρά υδροηλεκτρικά έργα που θα αξιοποιούσαν τον όγκο νερού που θα χρησιμοποιούνταν ούτως ή άλλως για άρδευση και οικολογική παροχή.



Εικόνα 2.20: Τοποθεσία των μικρών υδροηλεκτρικών έργων κατά μήκος του αρδευτικού δικτύου
(Πηγή: Θανόπουλος, 2008)

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.20, τα τρία μικρά υδροηλεκτρικά θα τοποθετούνταν κατά μήκος του αρδευτικού δικτύου, εκμεταλλευόμενα το ύψος πτώσης ανάμεσα στις δεξαμενές, ενώ η

θέση του τέταρτου που δεν απεικονίζεται θα ήταν στην έξοδο της σήραγγας εκτροπής, κατάντη του φράγματος. Η αρχική πρόταση προέβλεπε το Σμόκοβο-1 στην έξοδο της σήραγγας προσαγωγής Λεονταρίου. Με εγκατεστημένη ισχύ 11 MW και ύψος πτώσης έως 88.3 m θα είχε τη δυνατότητα παραγωγής 30 GWh ετησίως. Η διαφορά ύψους μεταξύ της τροφοδοτικής λεκάνης ηρεμίας (υψόμετρο +288.0 m) και της στάθμης νερού στην είσοδο του έργου ρύθμισης υδροληψία άρδευσης (υψόμετρο +229.80 m) θα επέτρεπε την κατασκευή του μικρού ΥΗΕ Σμόκοβο-2. Τοποθετημένο πριν την είσοδο του έργου ρύθμισης, θα είχε εγκατεστημένη ισχύ 5.6 MW, μέγιστη παροχή 13.6 m³/s και θα παράγει 11.50 GWh ετησίως.

Η επίτευξη της μέγιστης αξιοποίησης του διαθέσιμου ενεργειακού φορτίου θα επιτυγχανόταν με την κατασκευή και τρίτου μικρού ΥΗΕ, του Σμόκοβο-3. Με την τοποθέτηση του στο υψόμετρο των +148.0 m, εικαζόταν ότι θα μπορούσε να αποδώσει έως 10.2 GWh ανά έτος εκμεταλλεύσιμο μόνο τις υπερχειλίσσεις κατά την διάρκεια του χειμώνα και το νερό του αρδευτικού δικτύου που δεν χρησιμοποιείται. Τέλος, μία μικρή μονάδα παραγωγής θα μπορούσε να κατασκευαστεί στο θάλαμο θυροφραγμάτων της σήραγγας εκτροπής. Χρησιμοποιώντας την οικολογική παροχή το Σμόκοβο-4 με εγκατεστημένη ισχύ 0.8 MW θα παρήγαγε 4 GWh ετησίως.

Η υφιστάμενη κατάσταση του υδροηλεκτρικού έργου απέχει αρκετά από τη πρόταση για τη πλήρη ενεργειακή εκμετάλλευση του ταμιευτήρα Σμοκόβου που κατατέθηκε το 2005. Καθένα από τα τέσσερα μικρά υδροηλεκτρικά βρίσκεται σε διαφορετική φάση και με αλλαγές από τον αρχικό σχεδιασμό του. Ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή του Σμόκοβο-1 που είναι ολοκληρωμένο και βρίσκεται σε λειτουργία, και του Σμόκοβο-2 που είναι στη φάση θεμελίωσης. Όσον αφορά το Σμόκοβο-3, η κατασκευή του ακυρώθηκε σαν μη επικερδές έργο, ενώ το Σμόκοβο-4 έχει παραμείνει στο στάδιο της μελέτης.

2.5.1 Υδροηλεκτρικός σταθμός παραγωγής Σμόκοβο-1

Η κατασκευή του σταθμού ξεκίνησε το 2005 και ολοκληρώθηκε το 2008. Ανάδοχος του έργου ήταν η ελληνική Κοινοπραξία ΔΟΜΟΚΑΤ ΑΤΕ σε συνεργασία με την ισπανική ALSTOM HYDRO ESPAÑA SL. Η ελληνική εταιρία ανέλαβε τις εγκαταστάσεις και η ισπανική προμήθευσε τους στροβίλους και το ηλεκτρολογικό εξοπλισμό του σταθμού.



Εικόνα 2.21: Κάτοψη του ΜΥΗΣ Σμόκοβο-1
(Πηγή: ΔΕΗ, 2005)

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.21, ο σταθμός κατασκευάστηκε σε επαφή με την βόρεια πλευρά του Ε.Κ.Ε. και εκβάλλει σε διώρυγα φυγής ορθογωνικής διατομής. Η σύνδεση της διώρυγας φυγής με τη λεκάνη του Ε.Κ.Ε. για να διοχετευτεί το νερό στο δίκτυο γίνεται μέσω ενός υπερχειλιστή με ρυθμιζόμενες δοκούς έμφραξης (ΔΕΗ, 2005). Η σύνδεση του ΥΗΣ με την σήραγγα προσαγωγής Λεονταρίου πραγματοποιείται με επέκταση του χαλύβδινου αγωγού Φ2500 μετά τη διακλάδωση προς το Ε.Κ.Ε. και την τοποθέτηση βάνας με πεταλούδα.

Ο Σταθμός κατασκευάστηκε με τρεις υποδοχές για υδροστρόβιλους, δύο μεγάλης δυναμικότητας και έναν μικρότερης. Στην παρούσα φάση έχει γίνει εγκατάσταση δυο στρόβιλων, οι οποίοι διακρίνονται στην Εικόνα 2.22, ενός μεγάλου και ενός μικρού με συνολική παροχή λειτουργίας 13.5 m³/s.



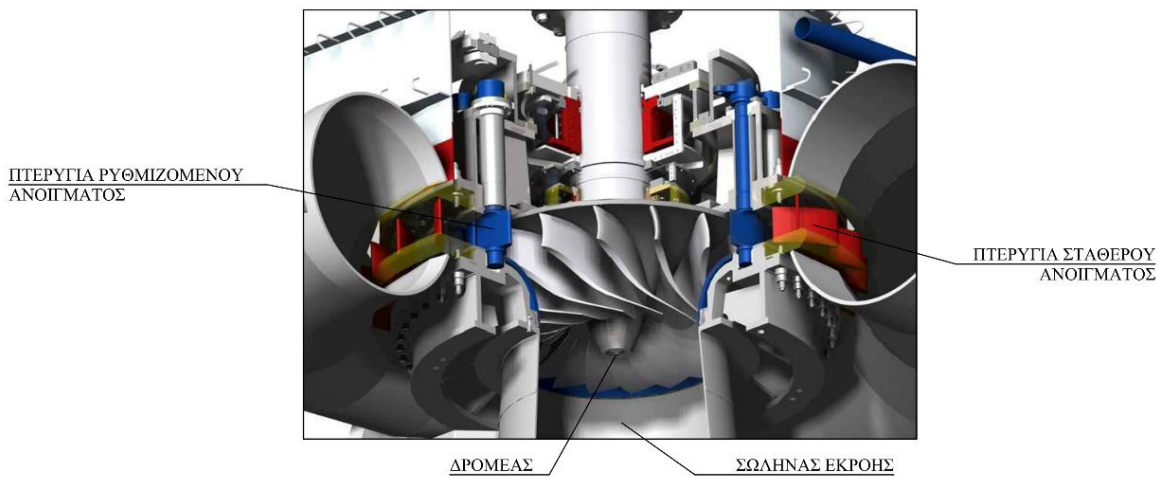
Εικόνα 2.22: Διακρίνονται οι Μονάδες 1 (μπροστά) και 2 (πίσω) του Σταθμού
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 13.03.2020)

Πρόκειται για δύο υδροστρόβιλους τύπου Francis οριζόντιου άξονα. Οι υδροστρόβιλοι τύπου Francis είναι οι πιο ευρέως διαδεδομένοι στρόβιλοι για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, διότι μπορούν να αξιοποιήσουν ύψος πτώσης από 40 έως 600 m και καλύπτουν μία παροχή ισχύος από 1 MW έως 700 MW. Αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του κάθε υδροστρόβιλου παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3.

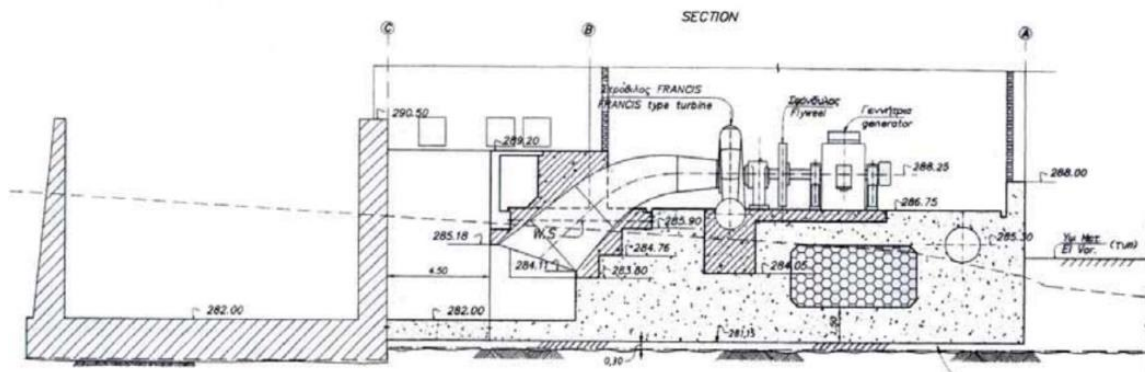
Πίνακας 2.3: Χαρακτηριστικά υδροστρόβιλων σταθμού Σμόκοβο-1

Χαρακτηριστικά:	Μονάδα 1	Μονάδα 2
Στρόβιλος:	Τύπου Francis οριζόντιου άξονα	
Ισχύς Στρόβιλου:	3.357 MW	7.362 MW
Μέγιστη παροχή νερού:	4.2 m ³ /s	9.3 m ³ /s
Μέγιστη πτώση:	88.3 m	86.3 m
Ελάχιστη πτώση:	46.1 m	
Υψόμετρο άξονα:	286.25 m	288.25 m
Στροφές:	750 rpm	428.57 rpm
Ισχύς γεννήτριας:	3.6 MVA	7.9 MVA
Συντελεστής ισχύος:	0.9	
Μετασχηματιστής:	3600 kVA	7950 kVA

Στο κέντρο ενός τυπικού στροβίλου Francis βρίσκεται ο δρομέας. Τα πτερύγια του δρομέα έχουν ένα ιδιαίτερο σχήμα, είναι λεπτά στο άνω μέρος και καταλήγουν σε ένα σχήμα που θυμίζει κουβά προς τα κάτω. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, όταν ρέει το νερό από μέσα, να δημιουργείται ζώνη χαμηλής και υψηλής πίεσης, ασκώντας στον δρομέα δύναμη άνωσης. Επίσης, το σχήμα στο κάτω μέρος εκμεταλλεύεται την ωστική δύναμη του νερού που προσπίπτει. Τόσο η ανωστική όσο και η ωστική δύναμη περιστρέφουν τον δρομέα και επιτρέπουν την εκμετάλλευση σχεδόν ολόκληρου του δυναμικού του νερού, επιτυγχάνοντας αποδόσεις έως και 95% σε ιδανικές συνθήκες. Στην Εικόνα 2.23 διακρίνονται τα επιμέρους στοιχεία ενός στροβίλου τύπου Francis, τα οποία περιγράφονται και αναλυτικά στη συνέχεια, ενώ στην Εικόνα 2.24 φαίνεται πως είναι τοποθετημένη η διάταξη στην περίπτωση του Σμόκοβο-1.



Εικόνα 2.23: Σχηματική τομή στροβίλου τύπου Francis
(Πηγή: voith.com)



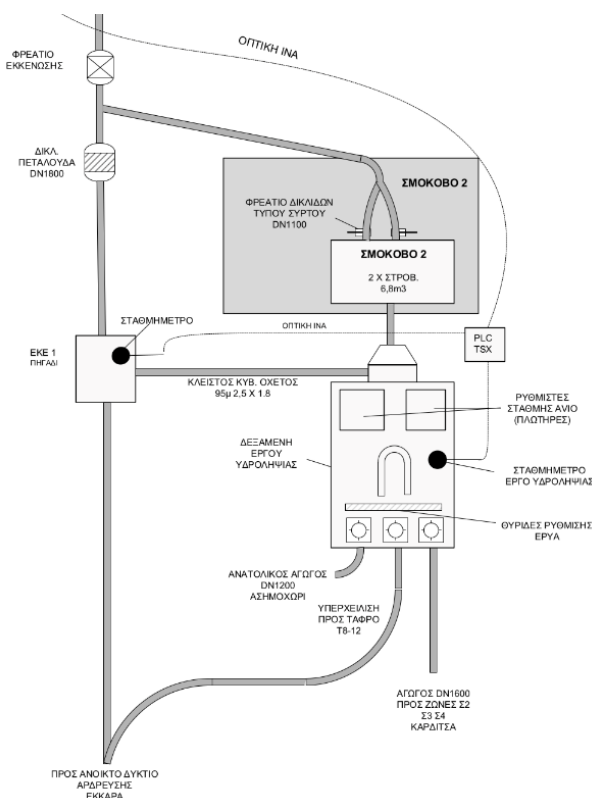
Εικόνα 2.24: Τομή του ΜΥΗΣ Σμόκοβο-1
(Πηγή: ΔΕΗ, 2005)

Περιμετρικά του δρομέα βρίσκεται μία στεφάνη κινητών πτερυγίων με ρυθμιζόμενο άνοιγμα. Η στεφάνη έχει διπλό ρόλο στη λειτουργία του στροβίλου. Καθοδηγεί το νερό στον δρομέα με την βέλτιστη γωνία πρόσπτωσης και ελέγχει την ποσότητα του νερού που διοχετεύεται στον στροβίλο ανάλογα με τη διαθέσιμη παροχή. Η ιδιότητα αυτή είναι πολύ χρήσιμη καθώς ο

στρόβιλος πρέπει να είναι γεμάτος με νερό, για να λειτουργεί με την βέλτιστη απόδοση. Η παραπάνω διάταξη περικλείεται από ένα μεταλλικό σπειροειδές κέλυφος, συνήθως από ανοξείδωτο χάλυβα συγκολλητό. Το κέλυφος περιλαμβάνει επίσης πτερύγια με σταθερή κλίση, που σε συνδυασμό με τη μειούμενη διατομή του κατανέμουν το νερό προς το δρομέα του στρόβιλου με ομοιόμορφη ταχύτητα. Η τοπική πίεση στην έξοδο του δρομέα συχνά οδηγεί στον σχηματισμό φυσαλίδων που είναι επιβλαβείς για τις λεπίδες του στρόβιλου. Γι' αυτό η απομάκρυνση του νερού από το στρόβιλο πραγματοποιείται μέσω ενός σωλήνα εκροής αυξανόμενης διαμέτρου, που μειώνει αισθητά το φαινόμενο της σπηλαιώσης.

2.5.2 Υδροηλεκτρικός σταθμός παραγωγής Σμόκοβο-2

Η κατασκευή του ΜΗΥΣ Σμόκοβο θα γίνει σε θέση ανάντη του Έργου Ρύθμισης της υδροληψίας και παράλληλα με το Έργο Καταστροφής Ενέργειας 1. Η διάταξη θα έχει την μορφή της Εικόνας 2.25 όταν τελειώσει το έργο.



Εικόνα 2.25: Διάταξη έργων ΜΗΥΣ Σμόκοβο-2
(Πηγή: Ντάφος, 2020)

Ο στόχος της ΔΕΗ Ανανεώσιμες είναι παρόμοιος με του Σμόκοβο-1, να γίνει εκμετάλλευση της διαθέσιμης ενέργειας από το προς άρδευση νερό αντί για καταστροφή της. Αυτή τη φορά μάλιστα είναι και πιο φιλόδοξος, καθώς επιδιώκει τη σύνδεση και το συγχρονισμό των δύο σταθμών. Μέσω της επικοινωνίας με τον φορέα διαχείρισης του ταμιευτήρα θα επιτευχθεί προγραμματισμός της παροχής του νερού για την αρδευτική περίοδο, έτσι ώστε, όταν θα τίθεται σε λειτουργία το Σμόκοβο-1, το σύνολο της διερχόμενης ποσότητας νερού θα χρησιμοποιείται και από τους στρόβιλους του Σμόκοβο-2, προτού διατεθεί στο αρδευτικό

δίκτυο.

Πίνακας 2.4: Χαρακτηριστικά υδροστροβίλων σταθμού Σμόκοβο-2

Χαρακτηριστικά:	Μονάδα 1	Μονάδα 2
Στρόβιλος:	Τύπου Francis οριζόντιου άξονα	
Ισχύς Στροβίλου:	1.586 MW	1.586 MW
Μέγιστη παροχή νερού:	3.4 m ³ /s	3.4 m ³ /s
Μέγιστη πτώση:	54.67 m	54.67 m
Ελάχιστη πτώση:	48.29 m	
Υψόμετρο άξονα:	233.33 m	233.33 m
Στροφές:	750 rpm	750 rpm
Ισχύς γεννήτριας:	1.7 MVA	1.7 MVA
Συντελεστής ισχύος:	0.9	
Μετασχηματιστής:	3150 kVA	

Η παραγωγή της ενέργειας στο Σμόκοβο-2 θα γίνεται από δύο στροβίλους Francis συνολικής ισχύος 3.2 MW. Η επιλογή των στροβίλων, τα χαρακτηριστικά των οποίων φαίνονται στον Πίνακα 2.4, έγινε με βάση το ήδη υπάρχον δίκτυο ανάντη, τις αναμενόμενες παροχές και το συνολικό κόστος της επένδυσης από την ΔΕΗ Ανανεώσιμες. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια εκτιμάται περίπου στις 6 με 7 GWh ετησίως.

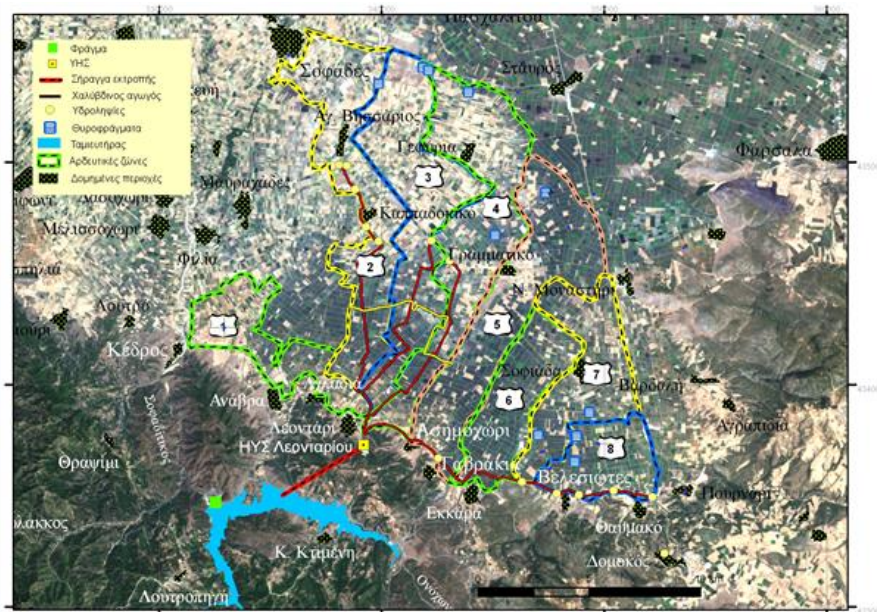
2.6 Άρδευση

Η επίλυση του υδατικού προβλήματος της Θεσσαλίας προέκυψε από νωρίς σαν αναγκαία συνθήκη για την ανάπτυξη της, σε όλους τους τομείς. Για αυτό το λόγο ήδη από το 1966 το Υπουργείο Δημοσίων Έργων ανέθεσε στην ελβετική εταιρία ELECTROWATT την εκπόνηση μελέτης για την ανάπτυξη της θεσσαλικής πεδιάδας. Η αρχική πρόταση της ELECTROWATT περιλάμβανε την κατασκευή 4 φραγμάτων, ένα εκ των οποίων είναι και το φράγμα Σμοκόβου. Υπολόγιζε την καθαρή αρδευτική έκταση που θα εξυπηρετούνταν από το φράγμα σε περίπου 177 600 στρέμματα.

Η τελική μελέτη του αρδευτικού δικτύου (ΥΔΡΟΕΞΥΓΙΑΝΤΙΚΗ, 2001) περιλάμβανε τα έργα για τη μεταφορά και διανομή του νερού από τον ταμιευτήρα σε οχτώ Ζώνες άρδευσης. Οι Ζώνες αυτές καταλάμβαναν 252 600 στρέμματα, εκ των οποίων τα 224 700 στρέμματα αποτελούσαν καθαρές γεωργικές εκτάσεις. Εκτείνονταν στις περιφερειακές ενότητες Καρδίτσας, Φθιώτιδας και Λάρισας σε ποσοστό περίπου 60%, 30% και 10% αντίστοιχα. Ο χωρισμός τους έγινε σε δύο περιοχές, Περιοχή 1 (Ζώνες Σ1, Σ2, Σ3, Σ4) και Περιοχή 2 (Ζώνες Σ5, Σ6, Σ7, Σ8), οι οποίες φαίνονται στην Εικόνα 2.26.

Ο διαχωρισμός στις δύο περιοχές έγινε ανάλογα με την τροφοδοσία του νερού. Στην Περιοχή 1 η θα γινόταν απευθείας από το δίκτυο των κυρίων σωληνώσεων με κλειστούς αγωγούς, ενώ στην Περιοχή 2 το νερό μέσω του Ανατολικού Αγωγού θα διοχετευόταν σε διώρυγα και από εκεί στις επιμέρους Ζώνες. Η κατασκευή του αρδευτικού δικτύου θα γινόταν σε τρεις Φάσεις. Με το πέρας και της Γ' Φάσης θα είχε ολοκληρωθεί η ανάπτυξη της Περιοχής 1,

περιλαμβάνοντας το μόνιμο σωληνωτό δίκτυο, το αποχετευτικό και αντιπλημμυρικό, καθώς και τα έργα αγροτικής οδοποιίας. Η άρδευση από μόνιμα δίκτυα θα κάλυπτε έκταση 75 000 στρεμμάτων καθαρής γεωργικής γης, και θα ξεκινούσε η αναζήτηση χρηματοδότησης για την έναρξη των έργων στην Περιοχή 2 (Αυγουστή, 2006).



Εικόνα 2.26: Οι Ζώνες του αρδευτικού δικτύου
(Πηγή: Κουτσογιάννης κ.ά., 2008β)

Στο πνεύμα της καθυστέρησης που διέπει το έργο από την έναρξη των εργασιών για την κατασκευή του φράγματος, η υφιστάμενη κατάσταση του αρδευτικού δικτύου είναι ελλιπής. Σχεδόν 20 χρόνια μετά την εκπόνηση της τελικής μελέτης, το σύνολο των κλειστών αρδευτικών δικτύων καλύπτει μόλις 39 000 στρέμματα, ενώ η κατάσταση τους είναι υπό εγκατάλειψη, με αποτέλεσμα τις συχνές βλάβες και επισκευές κατά της διάρκεια της αρδευτικής περιόδου (Τσιάστας, 2016). Η υπόλοιπη έκταση αρδεύεται από ανοιχτές τάφρους κατάντη των έργων καταστροφής ενέργειας, τις ήδη υπάρχουσες ιδιωτικές και κρατικές γεωτρήσεις, καθώς και από μικρά φράγματα (ρουφράκτες) σε ρέματα, αποστραγγιστικές τάφρους και ποταμούς. Στον Πίνακα 2.5 παρουσιάζεται η παρούσα κατάσταση του δικτύου ανά Ζώνη.

Πίνακας 2.5: Οι εκτάσεις που αρδεύονται από την τεχνητή λίμνη Σμοκόβου
(Πηγή: Τσιάστας, 2016)

Δίκτυο	Συνολική Έκταση (στρέμματα)	Γεωργική Έκταση (στρέμματα)	Κλειστό Αρδευτικό Δίκτυο	Ανοιχτό Αρδευτικό Δίκτυο
Σ1	18 900	17 000	-	17 000
Σ2	35 400	31 050	22 000	9 050
Σ3	39 500	35 350	10 500	24 850
Σ4	38 900	34 300	6 500	27 800
Σ5	49 800	44 400	-	44 400
Σ6	19 900	18 200	-	18 200
Σ7	24 600	21 100	-	21 100

Σ8	25 600	23 300	-	23 300
Σύνολο:	252 600	224 700	39 000	185 700

2.7 Ύδρευση

Παρότι το φράγμα Σμοκόβου κατασκευάστηκε κυρίως για την επίλυση των αρδευτικών αναγκών της Θεσσαλίας, μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα προτάθηκε και η υδρευτική αξιοποίηση του. Η προμελέτη εκπονήθηκε από την εταιρία ΡΟΙΚΟΣ με θέμα την ύδρευση της ανατολικής πλευράς της Π.Ε. Καρδίτσας. Περίοδος σχεδιασμού ορίστηκε η 40ετία, ενώ από τα δύο σενάρια για την πληθυσμιακή εξέλιξη επιλέχθηκε το αισιόδοξο, με κριτήριο την σπουδαιότητα του έργου, με πρόβλεψη για εξυπηρέτηση 55 000 κατοίκων το έτος 2042 (Μπουλούγουρης και Τσίτσης, 2002). Επίσης προτάθηκαν τρεις εναλλακτικές λύσεις για την κατασκευή του αρδευτικού δικτύου.

Χρειάστηκε να περάσουν σχεδόν 20 χρόνια από την εκπόνηση της προμελέτης για την περάτωση του έργου, με την ημιεμπορική χρήση του να εκτιμάται μέσα στο 2021. Οι τελικές προδιαγραφές του έργου αφορούν την υδροδότηση 53 οικισμών, με εκτιμώμενο πληθυσμό σχεδιασμού 55 000 κατοίκους, της ανατολικής πλευράς της Π.Ε. Καρδίτσας, του Βιοτεχνικού Πάρκου μεταξύ Μάρκου και Γοργοβιτών (200 περίπου ατόμων), καθώς και των εργατικών κατοικιών Ρομά, μεταξύ Σοφάδων και Αγίου Βησσαρίου (1 000 περίπου άτομα). Η ανάγκη ύδρευσης αυτών των περιοχών είναι μεγάλη, διότι η υφιστάμενη υδροδότηση τους γίνεται από τοπικές γεωτρήσεις ή πηγές, με υποβαθμισμένη ποιότητα νερού από τις εκτενείς γεωργικές δραστηριότητες στην περιοχή (Κουτσογιάννης κ.ά., 2008α).

Το έργο της ύδρευσης αποτελείται από τα ακόλουθα επιμέρους έργα:

- (α) Λιμνοδεξαμενή: χωμάτινη και στεγανοποιημένη θα αποτελεί το χώρο προαποθήκευσης του νερού. Η τροφοδοσία της θα γίνεται από την αναρυθμιστική δεξαμενή κατάντη του ΕΚΕ και του Σμόκοβο-1. Η κατασκευή του αναχώματός της θα γίνει από προϊόντα εκσκαφής, ενώ η στεγανότητα της θα εξασφαλιστεί με μεμβράνη πολυαιθυλενίου στα τοιχώματα και τον πυθμένα της. Εξωτερικά θα γίνει επένδυση με λιθορριπή και κατασκευή αναβαθμών. Τα χαρακτηριστικά της περιγράφονται αναλυτικά στον Πίνακα 2.6 που ακολουθεί.

Πίνακας 2.6: Χαρακτηριστικά λιμνοδεξαμενής αποθήκευσης νερού

Ύψος υγρού (ωφέλιμο):	6.0 m
Ύψος υγρού (μόνιμο):	1.40 m
Ύψος υγρού (συνολικό):	7.40 m
Συνολικό μεικτό ύψος:	8.83 m
Επιφάνεια στην ανώτατη στάθμη:	15 585 m ²
Ενεργός όγκος:	70 650 m ³
Νεκρός όγκος:	10 629 m ³
Συνολική Χωρητικότητα:	81 279 m ³

- (i) Έργα τροφοδοσίας της λιμνοδεξαμενής: πρόκειται για έναν αγωγό, εγκιβωτισμένο σε σκυρόδεμα, η εκβολή του οποίου βρίσκεται σε εσωτερικό φρεάτιο κάτω από τον

πυθμένα της λιμνοδεξαμενής.

- (ii) Έργα εκτροπής χειμάρρου «Τσατσορέματος» και περιμετρική τάφρος: οι παροχές του χειμάρρου θα συλλαμβάνονται με έργο εισόδου από πτερυγότοιχους διαστάσεων 20.0 x 14.0 m και θα οδηγούνται σε τάφρο ορθογωνικής διατομής 2.0 x 1.5 m και μήκους 353.7 m. Η τάφρος θα είναι περιμετρική της λιμνοδεξαμενής και θα έχει επιπλέον ρόλο τη συγκέντρωση των όμβριων που την περιβάλλουν.
- (iii) Έργο υπερχειλιστή: θα γίνει τοποθέτηση μετωπικού υπερχειλιστή με μήκος στέψης 6.50 m για την εξασφάλιση της συνέχειας της προβλεπόμενης οδού περιμετρικά της λιμνοδεξαμενής. Κατάντη του υπερχειλιστή θα κατασκευαστεί ορθογωνική διώρυγα για την διοχέτευση των υπερχειλιζόντων νερών στη τάφρο εκτροπής. Ο υπερχειλιστής και η υπόλοιπη λιμνοδεξαμενή φαίνονται στην Εικόνα 2.27.



Εικόνα 2.27: Η λιμνοδεξαμενή χωρητικότητας 81 279 m³. Διακρίνεται το φρεάτιο στο εσωτερικό της και ο υπερχειλιστής
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 17.01.2021)

- (iv) Έργο υδροληψίας - τροφοδοσίας του Διυλιστηρίου Πόσιμου Νερού (ΔΠΝ) και εκκένωσης λιμνοδεξαμενής: η σύνδεση της λιμνοδεξαμενής με το ΔΠΝ θα γίνεται με αγωγό μήκους 200 m. Ο αγωγός θα έχει διπλό ρόλο από το φρεάτιο στο εσωτερικό της λιμνοδεξαμενής μέχρι το εξωτερικό, όπου θα γίνεται ο διαχωρισμός του σε δύο διαφορετικές απολήξεις. Η μία θα καταλήγει στο ΔΠΝ και αποτελεί τον αγωγό τροφοδοσίας, ενώ η δεύτερη τον αγωγό εκκένωσης.
 - (v) Έργα οδοποιίας: προβλέπεται η κατασκευή δύο ασφαλτοστρωμένων οδών. Μία οδό προσπέλασης από το ΔΠΝ προς τη στέψη της λιμνοδεξαμενής πλάτους 5 m και μήκους 90.50 m, και της συνέχειας της σαν περιμετρική οδό της λιμνοδεξαμενής. Η περιμετρική οδός θα εξασφαλίζει την πρόσβαση στα έργα κεφαλής, θα έχει διατομή πλάτους 4.0 m και μήκος 508.10 m.
- (β) Διυλιστήριο Πόσιμου Νερού (ΔΠΝ): φαίνεται στην Εικόνα 2.28, το ΔΠΝ θα κατασκευαστεί αρχικά με δυναμικότητα 16 875 m³/d (Α' φάση), με στόχο η τελική δυναμικότητα να φτάνει τα 20 625 m³/d (Β' φάση). Αποτελείται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού και τα συνοδευόμενα έργα υποδομής και κτιριακά. Η επεξεργασία του νερού θα γίνεται με τις πλέον σύγχρονες μεθόδους, καθώς προβλέπεται προ-απολύμανση και μετά-απολύμανση του νερού.

Η προ-απολύμανση, αναγκαία καθώς περιορίζει την είσοδο παθογόνων μικροοργανισμών στην εγκατάσταση και την ανάπτυξη αλγών και μικροοργανισμών στα κατάντη έργα, θα πραγματοποιείται με την μέθοδο της οζόνωσης. Ακολουθεί η απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων και κολλοειδών στερεών από το νερό με τη διαδικασία της κροκίδωσης. Τέλος, για την επίτευξη υψηλής μικροβιολογικής ποιότητας το επεξεργασμένο νερό θα υφίσταται μετα-απολύμανση με χλωρίωση. Επιπρόσθετο επιθυμητό αποτέλεσμα της χλωρίωσης είναι η παρουσία κατάλοιπου απολυμαντικού στα κατάντη έργα μεταφοράς και αποθήκευση του νερού (Ανδρεαδάκης, 2008, σ. 107).



Εικόνα 2.28: Το Δωλιστήριο Πόσιμου Νερού, με την κατασκευή του να έχει σχεδόν ολοκληρωθεί (Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 17.01.2021)

- (i) Δεξαμενή αποθήκευσης επεξεργασμένου νερού: η εγκατάσταση ΔΙΠΝ θα έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης νερού όγκου $5\,000\text{ m}^3$ σε κλειστή δεξαμενή από σκυρόδεμα κατάντη του έργου.
- (γ) Υδραγωγείο: το δίκτυο διανομής και μεταφοράς του νερού θα έχει αφετηρία τη Δεξαμενή αποθήκευσης επεξεργασμένου νερού και θα αποτελείται από αγωγούς συνολικού μήκους 215 km , αποτελούμενους από τρεις κεντρικούς κλάδους. Πρόκειται για τους κλάδο Α (ανατολικός κλάδος), κλάδο Β (κεντρικός κλάδος) και κλάδο Γ (δυτικό κλάδο). Ακόμα περιλαμβάνονται αντλιοστάσια μεταφοράς και δεξαμενής αποθήκευσης του νερού. Εκτός από την επισκευή και χρήση των ήδη υφισταμένων έργων, προβλέπεται η κατασκευή των:
 - (i) Κατασκευή νέας δεξαμενής στον Πύργο Κιερίου χωρητικότητας $3\,500\text{ m}^3$, αυξάνοντας τη συνολική χωρητικότητα στο λόφο Τιτανίου στα $4\,700\text{ m}^3$.
 - (ii) Κατασκευή νέων δεξαμενών αποθήκευσης πόσιμου νερού συνολικής χωρητικότητας 570 m^3 .
 - (iii) Κατασκευή νέων υδατόπυργων συνολικής χωρητικότητας $3\,250\text{ m}^3$.

Οι όροι λειτουργίας του έργου προβλέπουν ως μέγιστη ποσότητα νερού για την ύδρευση σε ημερήσια βάση τα $21\,000\text{ m}^3$, και ετησίως δεν θα πρέπει να υπερβαίνεται το όριο των $5\,160\,000\text{ m}^3$. Η ποσότητα αυτή θα πρέπει να εξασφαλίζεται ανεξάρτητα από υφιστάμενα και μελλοντικά έργα, κάνοντας την υδρευτική χρήση του νερού προτεραιότητα για τον ταμιευτήρα

Σμοκόβου. Επιπλέον, περιλαμβάνουν την εκσυγχρόνιση του εξοπλισμού παρακολούθησης του ταμιευτήρα, για να την καλύτερη οργάνωση ανταπόκριση στη διπλή λειτουργία από τον φορέα διαχείρισης του.

2.8 Οικολογική παροχή

Μία από τις πιο σημαντικές διαταραχές που προκαλεί η κατασκευή ενός φράγματος είναι στο υδάτινο οικοσύστημα κατάντη του. Ειδικά στην περίπτωση όπου το φράγμα συνοδεύεται με την πλήρωση ταμιευτήρα, η ροή νερού για την τροφοδοσία του οικοσυστήματος μειώνεται αισθητά. Παρότι τα προηγούμενα χρόνια στην κατασκευή ταμιευτήρων τέτοιες παράμετροι αμελούνταν, αποτελούν πλέον σημαντικό τμήμα της μελέτης και ορίζονται ως Οικολογική Παροχή.

Η έννοια της οικολογικής παροχής έχει ερμηνευθεί ποικιλοτρόπως και έχει αποκτήσει διάφορους ορισμούς. Στον οδηγό του International Union for Conservation of Nature (IUCN) ο όρος οικολογική παροχή αναφέρεται για τα συστήματα εκείνα όπου το υφιστάμενο καθεστώς ροής είναι σε ισορροπία με τις ανταγωνιστικές χρήσεις του νερού (Dyson et al., 2003). Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία ένας άλλος ορισμός που συναντάται συχνά είναι των Hirji and Davis, 2009, σύμφωνα με τους οποίους η οικολογική παροχή ενός υδατικού οικοσυστήματος μπορεί να προσδιοριστεί με βάση την ποιότητα, την ποσότητα και το χρονικό διάστημα που απαιτείται, για να διατηρηθούν οι λειτουργίες, τα χαρακτηριστικά και η βιωσιμότητα του, στο επίπεδο εκείνο που ωφελούν τον άνθρωπο.

Στην Ελλάδα η πρώτη εφαρμογή της οικολογικής παροχής ήταν στο φράγμα του Εύηνου, του οποίου η πλήρωση του ταμιευτήρα ολοκληρώθηκε το 2002. Η εισαγωγή της στο νομοθετικό πλαίσιο έγινε με την ΚΥΑ 49828/2008 (ΦΕΚ 2464 Β'/2008). Στην περίπτωση της τεχνητής λίμνης Σμοκόβου εκπονήθηκε Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) για το φράγμα και τα συναφή έργα (Βαβίζος κ.ά., 1995). Στις διατάξεις και μέτρα που περιλάμβανε για το καθεστώς λειτουργίας των έργων, προβλεπόταν και η διατήρηση μιας ελάχιστης ροής κατάντη του φράγματος κατά της διάρκειας της αρδευτικής περιόδου. Στον Πίνακα 2.7 που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατανομή της οικολογικής παροχής της ΜΠΕ.

Πίνακας 2.7: Προτεινόμενη μηνιαία κατανομή της περιβαλλοντικής εκροής κατάντη του φράγματος Σμοκόβου (Πηγή: Βαβίζος κ.ά., 1995)

Μήνας	Όγκος Εκροής (hm ³)
Απρίλιος	0.36
Μάιος	1.76
Ιούνιος	2.43
Ιούλιος	2.93
Αύγουστος	1.84
Σεπτέμβριος	0.71
Σύνολο:	10.00

Η εκροή αυτή θα διοχετεύεται από τον εκκενωτή πυθμένα και θα είναι ρυθμιζόμενη, φτάνοντας τα 10 hm³ ανά έτος. Πρόκειται για ποσότητα αρκετά μεγαλύτερη από την θερινή παροχή του Σοφαδίτη, με σκοπό την προστασία του παρόχθιου οικοσυστήματος κατά μήκος του ποταμού και την εξασφάλιση φερτών στην κοίτη του. Επίσης, μία πρόταση της ΜΠΕ ήταν η δημιουργία πλημμυρικών συνθηκών στην κοίτη του ποταμού κατά τα υγρά έτη περιοδικά (ανά 5 ή 10 έτη), με χρήση του εκκενωτή πυθμένα.

2.9 Αντιπλημμυρική προστασία

Η αρχική μελέτη του έργου είχε διαστασολογήσει το ελεύθερο ύψος του φράγματος και τα έργα απαγωγής πλημμύρας για πλημμυρικό γεγονός διάρκειας 24 ωρών και περιόδου επαναφοράς 5 000 χρόνων. Αυτό αντιστοιχούσε σε πλημμυρική αιχμή του υδρογραφήματος εισροής στον ταμιευτήρα της τάξης των 2 071 m³/s, ενώ η παροχή σχεδιασμού του υπερχειλιστή ήταν 170 m³/s. Δηλαδή ο αντιπλημμυρικός σχεδιασμός βασίστηκε στην ικανότητα του ταμιευτήρα να απορροφήσει το μεγαλύτερο μέρος του νερού, και όχι στην κατάντη διόδευσή του.

Σε μετέπειτα έλεγχο της υφιστάμενης κατάσταση του έργου από το ΥΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με τον Τεχνικό Σύμβουλο και το Συμβούλιο Εμπειρογνώμων, αποφασίστηκε να εξεταστεί η συμπεριφορά των αντιπλημμυρικών έργων, με σκοπό την πιθανή αναβάθμιση του σχεδιασμού τους. Επιλέχθηκαν σαν σενάρια η πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 10 000 ετών και η Πιθανή Μέγιστη Πλημμύρα (P.M.F.), η οποία προκύπτει από τον συνδυασμό των πιο ακραίων καιρικών και υδρολογικών φαινομένων που θα μπορούσαν να συμβούν στην περιοχή (LaRocque, 2016). Επιπλέον, η αυξημένη βαρύτητα της διόδευσης της πλημμύρας στον ταμιευτήρα οδήγησε στην αλλαγή διάρκειας του πλημμυρικού γεγονότος από 24 σε 72 ώρες.

Με την ολοκλήρωση του ελέγχου προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- (α) Όσον αφορά την πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 10 000 ετών ο κατασκευασμένος υπερχειλιστής μαζί με την ονομαστική στέψη του φράγματος επαρκούσαν οριακά, με την προϋπόθεση όμως ότι δεν θα υπήρχαν κυματισμοί στην επιφάνεια του ταμιευτήρα.
- (β) Αντίθετα, για την Πιθανή Μέγιστη Πλημμύρα θα ήταν απαραίτητη μία υπερύψωση του φράγματος κατά 4.50 m, καθώς και των πλευρικών τοιχωμάτων σε συνδυασμό με επεμβάσεις στην διώρυγα φυγής.

Τελικά επιλέχθηκε η πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 10 000 ετών σαν κριτήριο σχεδιασμού σε συνδυασμό με αύξηση του ύψους για την αντιμετώπιση τυχόν κυματισμών. Η υπερύψωση αυτή επιτεύχθηκε με την κατασκευή τοιχίου ύψους 1.30 m στην στέψη του φράγματος, το οποίο αντιστοιχεί σε ταχύτητες ανέμου 20 m/s (Καραβοκύρης κ.ά., 2008).

Η αξία του φράγματος Σμοκόβου σαν αντιπλημμυρικό έργο φαίνεται ξεκάθαρα από την σύγκριση δυο πλημμυρικών επεισοδίων στην ευρύτερη περιοχή, την πλημμύρα του 1994 στο Νομό Καρδίτσας και τον μεσογειακό τυφώνα «Ιανό» του 2020. Τα ύψη βροχής αντίστοιχα για

κάθε περίπτωση ήταν 450 mm σε χρονικό διάστημα 48 ωρών, και από 150 έως 340 mm ανάλογα την περιοχή σε χρονικό διάστημα 24 ωρών. Το 1994 το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής κατάντη του φράγματος ήταν βυθισμένο κάτω από το νερό, με κορύφωση το χωριό της Μεταμορφωσης στη συμβολή του Σοφαδίτη με τον Ενιπέα ποταμό, όπου η στάθμη έφτασε τα 3.00 m, σκεπάζοντας το ολόκληρο. Αντίστοιχα το 2020 η αντίστοιχη περιοχή δεν αντιμετώπισε κανένα θέμα, με εξαίρεση τις φουσκωμένες κοίτες των ποταμών. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ο ταμιευτήρας Σμοκόβου δέχθηκε από 18.09.2020 13:00 έως 19.09.2020 06:00, χρονικό διάστημα 17 ωρών, 16.3 hm³ νερό με μέση παροχή 260 m³/s οδηγώντας σε μία αύξηση της στάθμης κατά 3 μέτρα. Η συνολική ποσότητα νερού ανήρθε στα 25 hm³ με τελική στάθμη +362.50 m, μία αύξηση 4.50 m από τα +358.0 m πριν την κακοκαιρία (Σανούδος, 2020). Είναι προφανές ότι σε περίπτωση που ο ταμιευτήρας δεν απορροφούσε την παροχή αυτή οι καταστροφές στην περιοχή των Σοφάδων θα ήταν τεράστιες και ανάλογες με αυτές του 1994.

2.10 Αποκατάσταση Οδικού Δικτύου

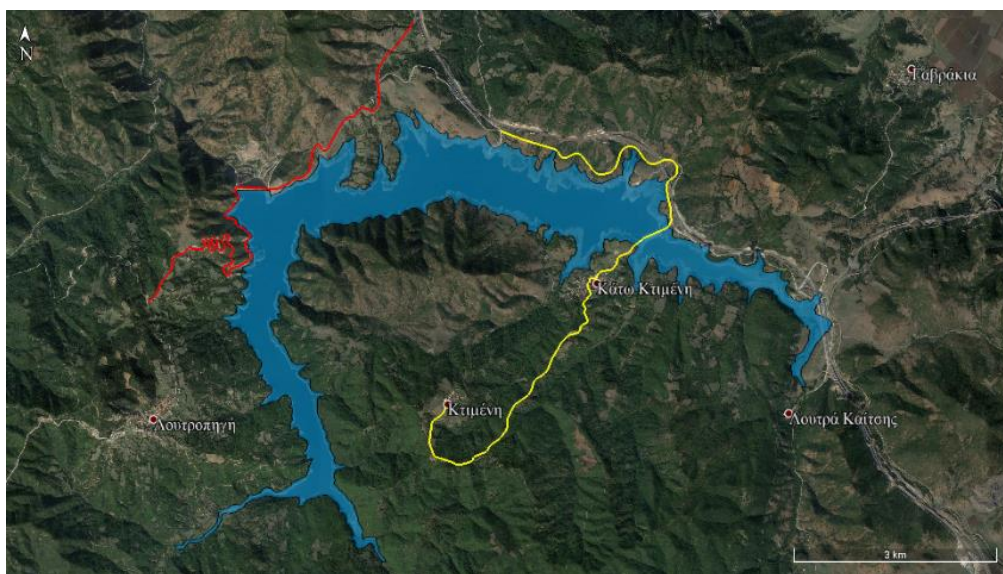
Με την δημιουργία του ταμιευτήρα μέρος του τοπικού και κοινοτικού οδικού δικτύου της περιοχής κατακλύστηκε, με συνέπεια την απομόνωση της κοινότητας Κτιμένης. Πριν ακόμα την πλήρωση του ταμιευτήρα κατασκευάστηκε οδικό ανάχωμα για την επανασύνδεσή της με το υφιστάμενο οδικό δίκτυο, περίπου το 1990.

Το ανάχωμα όπως φαίνεται στην εικόνα 2.29 είναι από λιθορριπή, έχει όγκο 826 000 m³ και ύψος από τη θεμελίωση 38.5 m. Όσον αφορά τη στέψη του, έχει μήκος 617 m, πλάτος 11 m και το υψόμετρό της είναι στα +386.0 m. Είναι πλήρως υδατοπερατό καθώς διαθέτει οχετούς εκτροπής και εξισορρόπησης της στάθμης. Πρόκειται για τρία ζεύγη δίδυμων εγκάρσιων αγωγών διαστάσεων 2.50 x 3.00 m, που εξασφαλίζουν την υδραυλική επικοινωνία των τμημάτων ανάντη και κατάντη.



Εικόνα 2.29: Το ανάχωμα αποκατάστασης επικοινωνίας της Κτιμένης
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 16.12.2020)

Επιπρόσθετα, για την βελτίωση της διασύνδεσης των οικισμών περίξ του ταμιευτήρα, πραγματοποιήθηκε η κατασκευή νέων τμημάτων δρόμων, συνολικού μήκους περίπου 21 km, εκ των οποίων τα 9.5 km είναι προς την περιοχή του φράγματος, ενώ διέρχονται και πάνω από τη στέψη του, και τα υπόλοιπα προς την περιοχή της Κτιμένης και του οδικού αναχώματος. Με την ολοκλήρωση των εργασιών εξασφαλίστηκε η απρόσκοπτη σύνδεση των τοπικών κοινοτήτων Άνω και Κάτω Κτιμένης, Λουτροπηγής και Σμοκόβου τόσο μεταξύ τους όσο και με το υπόλοιπο οδικό δίκτυο του Νομού Καρδίτσας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.30.



Εικόνα 2.30: Το οδικό δίκτυο που κατασκευάστηκε γύρω από την τεχνητή λίμνη Σμοκόβου. Διακρίνονται τα δύο οδικά τμήματα 9.5 km (κόκκινο) και 11.5 km (κίτρινο) (Πηγή: Google Earth Pro)

2.11 Ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής

Η δημιουργία ενός ταμιευτήρα επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο γύρω του τοπίο και σε σύντομο χρονικό διάστημα. Από την αποψίλωση της λεκάνης κατάκλυσης, τα έργα διάνοιξης και τα εργοτάξια, την κατασκευή των συνοδών έργων και τέλος την πλήρωση με νερό, ο περιβάλλοντας χώρος υπόκειται σε συνεχείς αλλαγές μέχρι να πάρει την τελική μορφή του. Όμως το τελικό αποτέλεσμα είναι αυτό που παραμένει, και συνήθως πρόκειται για ένα πολύ ελκυστικό σκηνικό από την ύπαρξη του υγρού στοιχείου.

Αυτό έχει το αποτέλεσμα οι τεχνητές λίμνες παρότι έχουν σαν κύρια χρήση την άρδευση, ύδρευση ή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, να αξιοποιούνται για δευτερεύοντες σκοπούς, όπως ο τουρισμός και οι παραλίμνιες δραστηριότητες. Το τοπίο γύρω από τη τεχνητή λίμνη Σμοκόβου πληροί όλες τις προϋποθέσεις για παραπλήσια αξιοποίηση. Η ανθρώπινη δραστηριότητα πλησίον της είναι χαμηλή και μη ρυπογόνα, δημιουργώντας ένα αγνό και παρθένο περιβάλλον. Διερεύνηση της ποιότητας των υδάτων αποφάνθηκε μέσω προσομοίωσης αλλά και εργαστηριακών μετρήσεων ότι είναι πολύ καλή (Ρόπης, 2005).

Αναμενόμενο ήταν λοιπόν πως η λίμνη Σμοκόβου θα είχε ανάπτυξη σαν την γειτονική λίμνη

Πλαστήρα. Όμως, 19 χρόνια μετά την έναρξη της λειτουργίας της, το τοπίο της παραμένει अपαράλλαχτο. Προφανώς, η οποιαδήποτε μορφή αξιοποίησης οφείλει να γίνεται με σεβασμό προς τη λίμνη και το περιβάλλον, χωρίς να το αλλοιώνει υπερβολικά. Δεν είναι όμως τέτοια η περίπτωση εδώ, αφού η σημερινή εικόνα είναι αποτέλεσμα παντελούς έλλειψης ανάπτυξης, και όχι λελογισμένης εκμετάλλευσης.

Με εξαίρεση τα Λουτρά της περιοχής, για τα οποία θα γίνει αναλυτική αναφορά στη συνέχεια, αξιοσημείωτη είναι και η έλλειψη καταλύματος στην περιοχή. Έγιναν προσπάθειες κατασκευής ξενοδοχειακών μονάδων, είτε από ντόπιους είτε από επενδυτές, αλλά η ελληνική πραγματικότητα της επαρχίας, με την γραφειοκρατία της και τις τριβές της, τις σταμάτησε. Όσον αφορά τα καταστήματα εστίασης, στο σύνολο τρία άνοιξαν στην παραλίμνια περιοχή, με μόλις ένα να βρίσκεται ακόμα σε λειτουργία, την ταβέρνα «Δροσοσταλιά», η οποία απεικονίζεται στις Εικόνες 2.31 & 2.32.



Εικόνα 2.31: Η ταβέρνα «Δροσοσταλιά»
(Πηγή: Προσωπικό Αρχείο, 17.01.2021)



Εικόνα 2.32: Η θέα από την βεράντα της «Δροσοσταλιάς»
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο, 17.01.2021)

2.11.1 Ιαματικές Πηγές στην περιοχή

Το πιο περίφημο αξιοθέατο της περιοχής, πιο γνωστό και από την ίδια τη λίμνη, είναι τα λουτρά Σμοκόβου. Πρόκειται για ένα μικρό οικισμό, δυτικά της λίμνης, που ανήκει στο Δημοτικό Διαμέρισμα Λουτροπηγής και από το 1983 λειτουργούν με την μορφή κοινοτικής επιχείρησης. Η πρώτη όμως αξιοποίηση των πηγών τους έγινε πολύ παλαιότερα, το 1662, από δύο Σμοκοβίτες άρχοντες της περιοχής, με την κατασκευή πρόχειρων εγκαταστάσεων και λουτήρων. Η φήμη τους συνέχισε να εξαπλώνεται με επισκέψεις επιφανών προσώπων της εποχής όπως ο Αλή Πασάς των Ιωαννίνων και ο Μαχμούτ Πασάς, μέχρι το 1882, όταν και περιήλθαν στο Ελληνικό Δημόσιο. Έκτοτε εκμισθώνονταν σε ιδιώτες για την εκμετάλλευσή τους, με αξιοσημείωτο γεγονός την ανατίναξη τους το 1943 από τους Γερμανούς, επειδή φιλοξενούσαν τη Σχολή Αξιωματικών του ΕΛΑΣ. Η σημερινή μορφή τους είναι αποτέλεσμα της ανοικοδόμησης τους από ιδιώτη το 1953 και της ανακαίνισης τους το 2009 από την κοινότητα (Σιδέρης κ.ά., 2003).

Η θέση των πηγών είναι ιδανική, σε υψόμετρο 450 m μέσα σε μία καταπράσινη ρεματιά υπό την σκιά δρυών και πλατάνων, απέχουν μόλις 6 km από το χωριό Λουτροπηγή (Σμόκοβος), 10 km από την λίμνη Σμοκόβου και 35 km από την πόλη της Καρδίτσας. Η σύνθεση των ιαματικών νερών τους είναι θειούχα αλκαλική με ελαφρά οσμή υδρόθειου, αναβλύζουν από 5 πηγές σε φυσική θερμοκρασία 37 έως 40.2 °C και διοχετεύονται στο υδροθεραπευτήριο, το οποίο φαίνεται στην Εικόνα 2.33. Η υψηλή τους ποιότητα έχει σαν αποτέλεσμα να θεωρούνται ιδανικά για παθήσεις του αναπνευστικού και πεπτικού συστήματος, δερματοπάθειες και χρόνιες ρευματοπάθειες, για ενδοκρινείς ανεπάρκειες και για γυναικολογικές παθήσεις.



Εικόνα 2.33: Η πισίνα του υδροθεραπευτηρίου των Λουτρών Σμοκόβου
(Πηγή: wikipedia.org)

Τις ιαματικές πηγές της περιοχής συμπληρώνουν τα λουτρά Καϊτσας ή Δράνιστας. Ανήκουν στο Δημοτικό Διαμέρισμα Κτιμένης και απέχουν μόλις 5 km τόσο από την τοπική κοινότητα

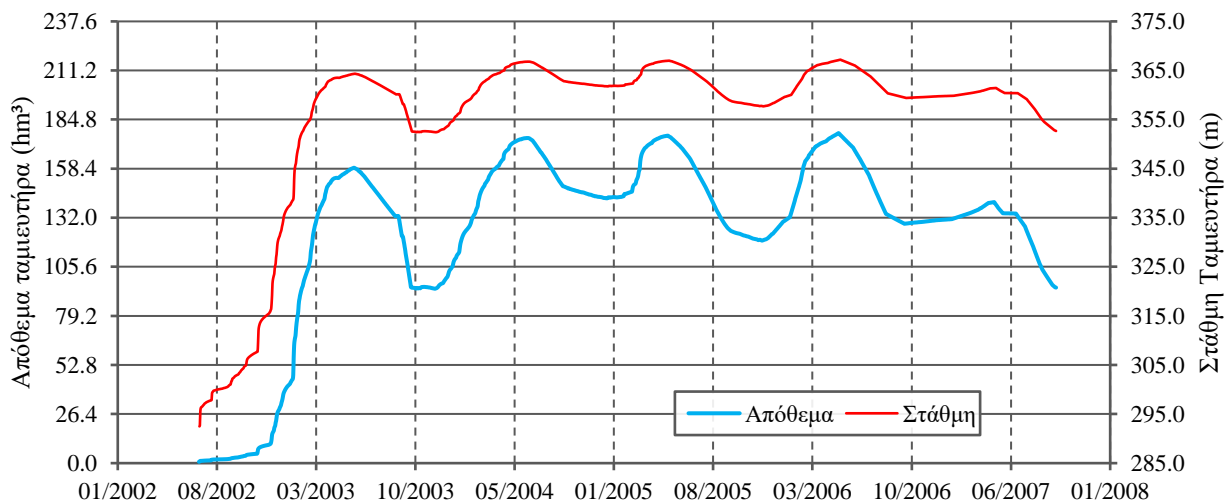
Μακρυράχης όσο και από τη λίμνη. Είναι μεταγενέστερα των λουτρών Σμοκόβου, με την οργανωμένη λειτουργία τους να τοποθετείται περίπου στο 1890 και το μέγεθος των εγκαταστάσεων τους είναι μικρότερο. Όμως η διαφορετική σύσταση των νερών τους τα κάνει εξίσου ελκυστικά. Αναβλύζουν από ασβεστολιθικά πετρώματα σε φυσική θερμοκρασία 21 °C και έχουν υδροθειούχα και υποτονική-ολιγομεταλλική σύνθεση, με αποτέλεσμα να ενδείκνυνται για αρθροπάθειες, νευροπάθειες και διάφορες νευρολογικές παθήσεις, χρόνιους ρευματισμούς και ρευματοπάθειες (loutradranistas-kaitsas.gr).

Η παρουσία των ιαματικών πηγών και κατ' επέκταση των οικισμών που τις συνοδεύουν αποτελεί το μοναδικό λόγο ύπαρξης καταλυμάτων στην περιοχή. Ειδικά στην περίπτωση των λουτρών Σμοκόβου, η ύπαρξη πέντε ξενοδοχείων και τριών ξενώνων συνολικής δυναμικότητας 250 δωματίων αποτελεί «ανάσα» στη γενική έλλειψη της περιοχής, καθώς είναι η μοναδική επιλογή κάποιου, με εναλλακτική την διαμονή του στην πόλη της Καρδίτσας. Αντίστοιχα, οι τρεις ξενοδοχειακές μονάδες των λουτρών Καΐτσας που μπορούν να εξυπηρετήσουν περίπου 150 άτομα συνιστούν ιδανική λύση για όποιον επιθυμεί να περιηγηθεί στη νοτιοανατολική πλευρά της λίμνης. Η έλλειψη κατασκευής τέτοιων μονάδων και σε άλλους οικισμούς της περιοχής αποκαλύπτει και την γενική έλλειψη τουριστικής ανάπτυξης και αξιοποίησης της περιοχής

3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1 Χρονικό λειτουργίας του υδραυλικού συστήματος Σμοκόβου

Η αρχική μελέτη για την κατασκευή του φράγματος Σμοκόβου προέβλεπε την χρήση της τεχνητής λίμνης σαν αρδευτικό ταμιευτήρα για τον κάμπο της Θεσσαλίας. Τα πρώτα τρία έτη ο ταμιευτήρας ήταν υπό την διαχείριση του εργολάβου, με αποτέλεσμα να υπάρχουν ανελλιπή στοιχεία για τις εκροές. Διοχετευόταν μόνο η οικολογική παροχή προς το Σοφαδίτη αυτή την περίοδο, η οποία εκτιμάται της τάξης των 2.0–2.5 m³/s από τον Ιούνιο μέχρι τον Δεκέμβριο, και αυξανόταν στα 3.5 m³/s την αιχμή της αρδευτικής περιόδου. Την περίοδο αυτή, συγκεκριμένα το Σεπτέμβριο του 2003, έγινε και δοκιμή του εκκενωτή πυθμένα με παροχές έως 23 m³/s, μειώνοντας της στάθμη απότομα κατά 8 m σε διάστημα 28 ημερών. Αυτή η πτώση καθώς και η συνολική διακύμανση της στάθμης και του αποθέματος του ταμιευτήρα τα πρώτα έτη φαίνονται στο Σχήμα 3.1 που ακολουθεί.



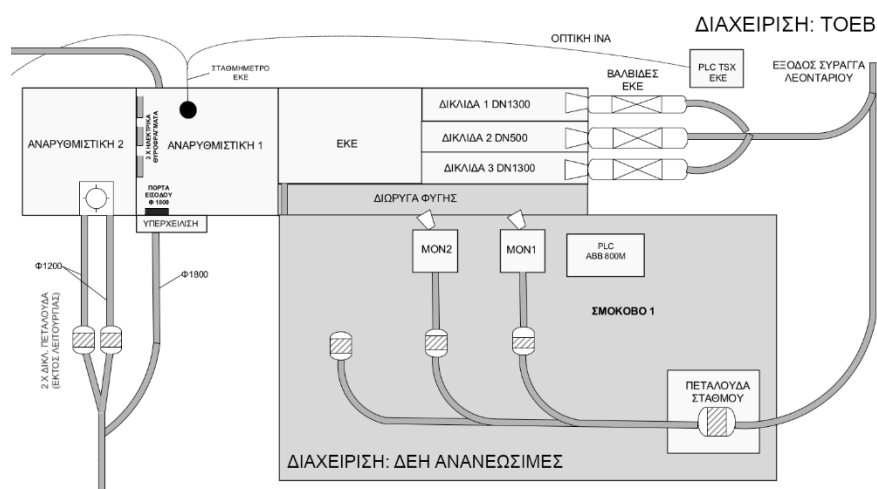
Σχήμα 3.1: Στάθμη και απόθεμα του ταμιευτήρα τα πρώτα έτη της λειτουργίας του (Πηγή: Κουτσογιάννης κ.ά., 2008β)

Από το 2005, η διαχείριση του έργου πέρασε στην ΕΥΔΕ Σμοκόβου. Η αλλαγή αυτή σε συνδυασμό με την ολοκλήρωση της κατασκευής τμήματος του κλειστού αρδευτικού δικτύου, επέτρεψε την πιο αναλυτική συλλογή δεδομένων. Οι απολήψεις για την άρδευση ξεκίνησαν το 2005, αφού η στάθμη του ταμιευτήρα έφτασε στο + 366.80 m. Η υδροδότηση του δικτύου καθώς και των υπόλοιπων αρδευτικών εκτάσεων γινόταν μέσω της σήραγγας προσαγωγής Λεονταρίου και του Έργου Καταστροφής Ενέργειας που είχε κατασκευαστεί από το ΥΠΕΧΩΔΕ. Η έναρξη της αρδευτικής λειτουργίας του ταμιευτήρα οδήγησε σύντομα σε μία ακόμα αλλαγή του φορέα διαχείρισής τους, με τον Τοπικό Οργανισμό Εγγείων Βελτιώσεων Θεσσαλιώτιδος (ΤΟΕΒ) να είναι πλέον υπεύθυνος.

Το 2005 ξεκίνησε και η κατασκευή του υδροηλεκτρικού Σταθμού Σμοκοβο-1, η οποία ολοκληρώθηκε το 2008. Η θέση του σταθμού παράλληλα με το ΕΚΕ έδωσε τη δυνατότητα

εκμετάλλευσης της αρδευτικής παροχής για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η λειτουργία του σταθμού ξεκίνησε πιλοτικά το 2010, και από το 2011 παράγει έως 11 GW ετησίως κατά την αρδευτική περίοδο.

Η διάταξη που διαμορφώθηκε στο έργο, έδωσε τον αποκλειστικό έλεγχο της παροχής στο ΤΟΕΒ. Αυτό καθορίζει τις ποσότητες του νερού οι οποίες διέρχονται από την σήραγγα προσαγωγής, ανάλογα τις αρδευτικές ανάγκες. Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες που διαχειρίζεται τον σταθμό έχει απλά την δυνατότητα άμα οι παροχές είναι αρκετά μεγάλες να τις περάσει από τους στροβίλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην Εικόνα 3.2 που ακολουθεί φαίνεται η σχηματική απεικόνιση της διάταξης και η δικαιοδοσία της κάθε υπηρεσίας.



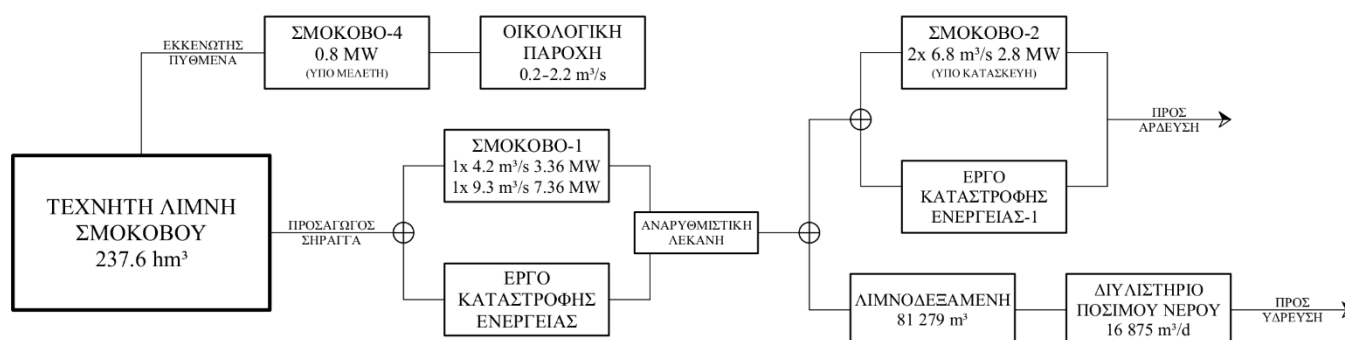
Εικόνα 3.1: Σχηματική αναπαράσταση του ΜΥΗΣ και του ΕΚΕ. Το τμήμα με γκρι υπόβαθρο είναι υπό την διαχείριση της ΔΕΗ Ανανεώσιμες, το υπόλοιπο υπό το ΤΟΕΒ (Πηγή: Ντάφος, 2020)

Παρά τη στασιμότητα του κλειστού αρδευτικού δικτύου από την περάτωση του το 2005, έγιναν βήματα και για την χρήση του νερού σαν πόσιμο. Το 2019 ξεκίνησε η θεμελίωση μονάδας επεξεργασίας νερού κατάντη της αναρρυθμιστικής λεκάνης. Η λιμνοδεξαμενή, τα διωλιστήρια και η σύνδεση με το δίκτυο ύδρευσης που περιλαμβάνει η μονάδα έχουν σχεδόν ολοκληρωθεί, και αναμένεται μέσα στο 2021 η ημιεμπορική χρήση της.

Ένα ακόμα έργο που αναμένεται να ενσωματωθεί στο υδραυλικό σύστημα Σμοκόβου και είναι υπό κατασκευή είναι ο ΜΥΗΣ Σμόκοβο-2. Με θέση παράλληλα στο ΕΚΕ-1 θα κάνει χρήση του δυναμικού των περίπου 58 m ανάμεσα στα δύο έργα καταστροφής ενέργειας. Θα βρίσκεται σε διαρκή σύνδεση με το Σμόκοβο-1 και με τη χρήση ηλεκτρονικών συστημάτων και προγραμματισμού θα είναι δυνατή η εκμετάλλευση σχεδόν όλου του υδάτινου όγκου που θα παροχετεύεται για άρδευση.

Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες έχει επίσης ξεκινήσει τις διαδικασίες για την αδειοδότηση μίας ακόμα μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Πρόκειται για το Σμόκοβο-4, τοποθετημένο στον θάλαμο θυροφραγμάτων για την εκμετάλλευση της οικολογικής παροχής. Με την ολοκλήρωση τους αναμένεται η χρήση του Σμόκοβο-1 καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και η λειτουργία του

Σμόκοβο-2 και Σμόκοβο-4 την αρδευτική περίοδο, με την ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια να υπολογίζεται κοντά στις 25 GWh. Το σύνολο των προαναφερθέντων έργων απεικονίζεται συνολικά στο Σχήμα 3.2.



Εικόνα 3.2: Σχηματική απεικόνιση του συστήματος Σμόκοβου

3.2 Στοιχεία από την λειτουργία του έργου

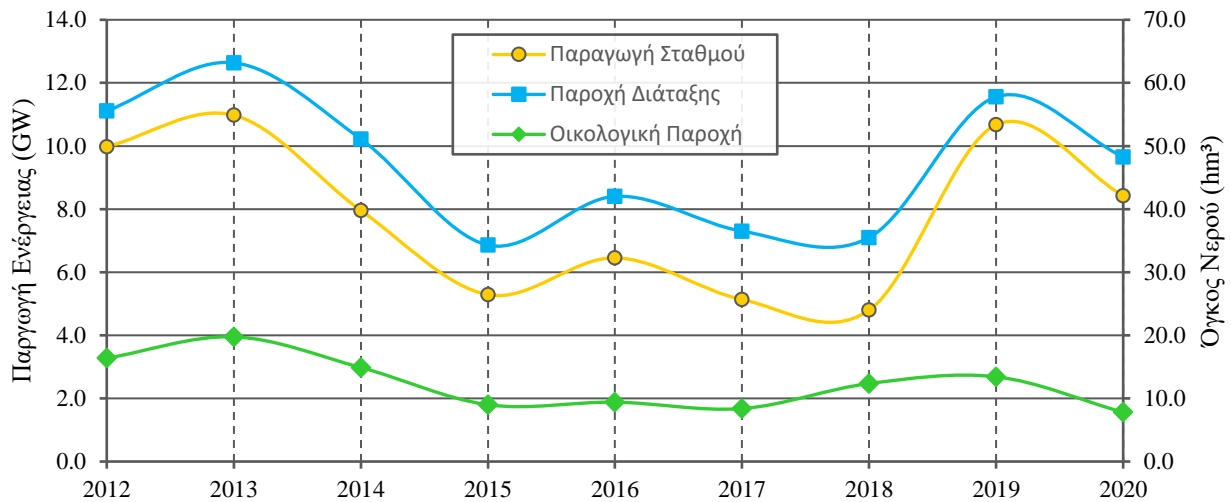
Αρχικός στόχος της ΔΕΗ ήταν η λειτουργία του σταθμού όλο τον χρόνο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Βασίζόμενοι στις εκτιμήσεις του υδατικού δυναμικού από τις διάφορες μελέτες (βλ. Πίνακας 2.1), η σχεδίαση του σταθμού έγινε για εγκατάσταση τριών Μονάδων με παραγωγή 30 GWh ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως, 11 GWh κατά την αρδευτική περίοδο και 19 GWh κατά την χειμερινή και εαρινή (ΔΕΗ, 2005).

Ωστόσο, η μεγάλη απόκλιση των εκτιμήσεων από την πραγματικότητα διαπιστώθηκε άμεσα μετά την κατάκλιση του ταμιευτήρα. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.1, με εξαίρεση το πρώτο έτος λειτουργίας του, στο οποίο είχαμε εισροή σχεδόν 160 hm³, οι επόμενες χρονιές ήταν αρκετά φτωχές υδρολογικά. Αξιοσημείωτο είναι ότι την περίοδο 09/2006 - 05/2007 η αύξηση του αποθέματος ήταν μόλις 11.7 hm³. Με τα νέα δεδομένα, η ΔΕΗ Ανανεώσιμες επέλεξε την εγκατάσταση δύο εκ των τριών Μονάδων και αναθεώρησε τον στόχο παραγωγής ενέργειας στις 10.7 GWh ετησίως, μόνο κατά την αρδευτική περίοδο (ΔΕΗ Ανανεώσιμες, 2009).

Η λειτουργία του σταθμού ξεκίνησε με πρόθεση της ΔΕΗ Ανανεώσιμες να διέρχεται όσο δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό νερού από τους στροβίλους. Ιδεατά πρόκειται για όλες τις παροχές άνω των 1.10 m³/s που διοχετεύονται από την σήραγγα προσαγωγής για την άρδευση, και ανάλογα με τον όγκο του διερχόμενου νερού να γίνεται χρήση της Μονάδας 1 ή 2. Με εξαίρεση ένα δεκαήμερο το 2020, δεν έχουν ζητηθεί ποσότητες αρκετά μεγάλες, για να τεθούν σε λειτουργία ταυτόχρονα και οι δύο Μονάδες.

Παρά την αναθεώρηση που έγινε στον στόχο του έργου, η επίτευξη του αποδείχθηκε δύσκολη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.2. Μόλις δύο έτη η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του σταθμού ήταν η αναμενόμενη (2013 και 2019, με 11 και 10.7 GWh αντίστοιχα). Σε συνδυασμό με το πρώτο έτος με παραγωγή 10 GWh, αποτελούν μόλις το 33% του χρονικού διαστήματος που το έργο βρίσκεται σε λειτουργία. Το υπόλοιπο 66% φτωχά υδρολογικά έτη παράλληλα με βλάβες στο σταθμό είχαν σαν αποτέλεσμα την υπολειτουργία του. Αποκορύφωμα της

αναποτελεσματικής λειτουργίας του σταθμού αποτέλεσε το έτος 2018, με την παραγωγή μόλις 4.8 GWh.



Σχήμα 3.2: Η ποσότητες νερού και παραγωγή ενέργειας για τα έτη λειτουργίας του έργου μέχρι τώρα (Πηγή: Ντάφος, 2020)

3.3 Προσομοίωση της λειτουργίας του ΜΗΥΣ Σμόκοβο-1

Τα δεδομένα του Σχήματος 3.2 προέρχονται από το σύστημα SCADA (supervisory control and data acquisition) του σταθμού και είναι οι επίσημες μετρήσεις από την ΔΕΗ Ανανεώσιμες. Εκτός από τις συνολικές αυτές μετρήσεις, υπάρχουν και αναλυτικά ημερολόγια που περιγράφουν την λειτουργία του σταθμού σε ωριαία βάση για κάθε αρδευτική περίοδο. Περιλαμβάνουν πληροφορίες για τις παροχές που διέρχονται, τον όγκο του νερού, καθώς και μετρήσεις από την λειτουργία των στροβίλων, όπως θερμοκρασία, στροφές, τρέχουσα ισχύ κ.ά. Στην Εικόνα 3.3 φαίνεται ένα παράδειγμα από το ημερολόγιο για το έτος 2018.

ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ ΜΥΗΣ ΣΜΟΚΟΒΟΥ 2018														
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Παροχές - Εργαίες	ΩΡΑ	ΠΑΡΟΧΗ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ πλάτος	ΠΑΡΟΧΗ ΕΠΕ πλάτος	ΑΠΟΤΙΜΑ ΕΞΑΕΡΙΑΣ ΕΠΕ %	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ m³	ΒΑΛΒΙΔΑ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ m³/ωρ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ m³/ωρ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ R15 Gen-MD-End Brq Lub Oil Temp	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ R16 Gen-MD-End Brq Lub Oil Temp	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ R13 Gen-D-End Brq Lub Oil Temp	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ R14 Gen-D-End Brq Lub Oil Temp	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ TURBINE FACIAL BEARING	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ TURBINE FACIAL BEARING LUB OIL
		18:10	8.40	0.00	3.00	70560	2.00	16900						
		20:30	8.40	0.00	3.00	105336	2.00	25080						
		23:59	8.40	0.00	3.00		2.00							
						738444		172680						
23/7/2018		00:00	8.40	0.00	3.00	44856	2.00	10680						
		01:29	8.10	0.00	3.00	7290	2.00	1890						
		01:44	8.10	0.00	3.00	225504	2.00	55680	53.45	46.39	48.54	46.44	45.51	39.40
		09:28	8.30	0.00	3.00	75696	2.00	18240						
		12:00	8.10	0.00	3.00	90882	2.00	22440						
		15:07	8.10	0.00	3.00	84564	2.00	20880						
	Μονάδα No 1 κατά λειτουργία από προεξόφλη των νέαντρες 320	19:01	8.10	0.11	4.00	6898.5	2.00	1680						
		18:15	7.90	0.11	4.00	34614	2.00	8640						
		19:27	7.90	0.11	4.00	4326.75	2.00	1080	46	40	55	45	51	40
		19:36	7.60	0.11	4.00	1895	2.00	480						
		19:40	7.60	0.00	3.00	35568	2.00	8960						
		20:58	7.60	0.00	3.00	53352	2.00	14040						
		22:55	7.30	0.00	3.00	28032	2.00	7680						
		23:59	7.30	0.00	3.00		2.00							
						693434.25		172680						
24/7/2018		00:00	7.30	0.00	3.00	24090	2.00	6600						
		00:55	7.10	0.00	3.00	287976	2.00	81120						
		12:11	7.40	0.00	3.00	8880	2.00	2400						
		12:31	7.60	0.00	3.00	24624	2.00	6480	45	39	55	44	51	39
	Δυναμή Μονάδας No 1 με επίπλοια και ακούρησή της	13:25	7.90	0.00	3.00	7584	2.00	1920						
		13:41	7.50	0.00	3.00	8550	2.00	2280						
		14:00	7.50	0.00	3.00	8100	2.00	2160						
		14:18	7.30	0.00	3.00	26718	2.00	7320	52.45	46.39	47.52	44.42	44.48	37.39
		15:19	7.30	0.00	3.00	59568	2.00	16320						
		17:35	7.30	0.00	3.00	65229	2.00	18720						
		20:11	7.30	0.00	3.00	83658	2.00	22920						
		23:22	7.30	0.00	3.00	16206	2.00	4440						

Εικόνα 3.3: Παράδειγμα από το ημερολόγιο του ΜΗΥΣ Σμόκοβο-1 για το έτος 2018 (Πηγή: Ντάφος, 2020)

Χρησιμοποιώντας τα ημερολόγια αυτά, έγινε η προσομοίωση του σταθμού Σμόκοβο-1, του Έργου Καταστροφής Ενέργειας και της οικολογικής παροχής για τα έτη 2012 έως 2020, που

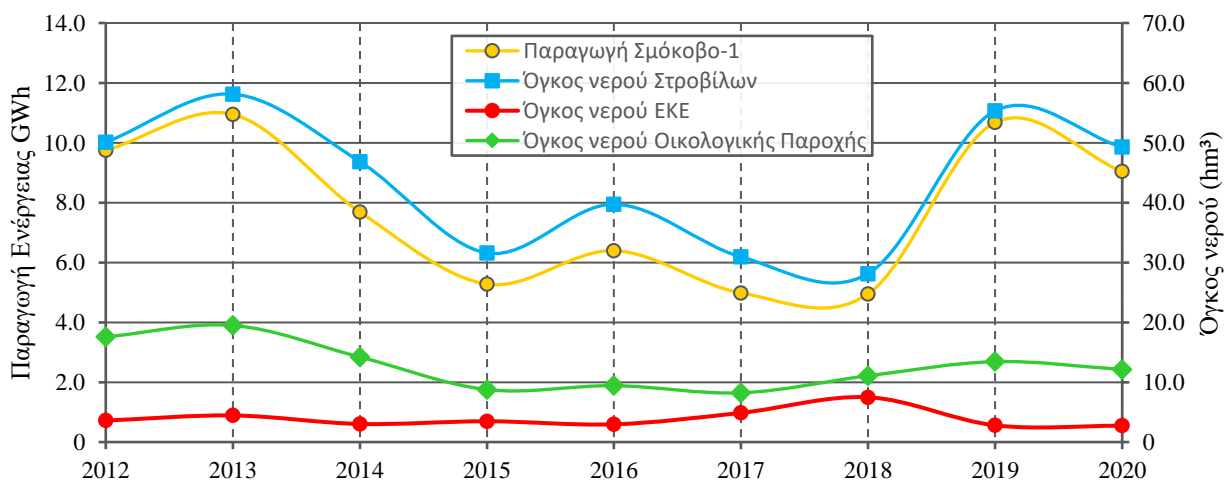
βρίσκεται σε κανονική λειτουργία ο σταθμός. Για την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια έγινε συσχετισμός της κάθε μέρας με την αντίστοιχη στάθμη του ταμιευτήρα, για να προκύψει το αντίστοιχο ύψος πτώσης. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια υπολογίστηκε από τη Σχέση (3.1).

$$E = n * \rho * g * Q * H_{net} * t \quad (3.1)$$

Όπου:

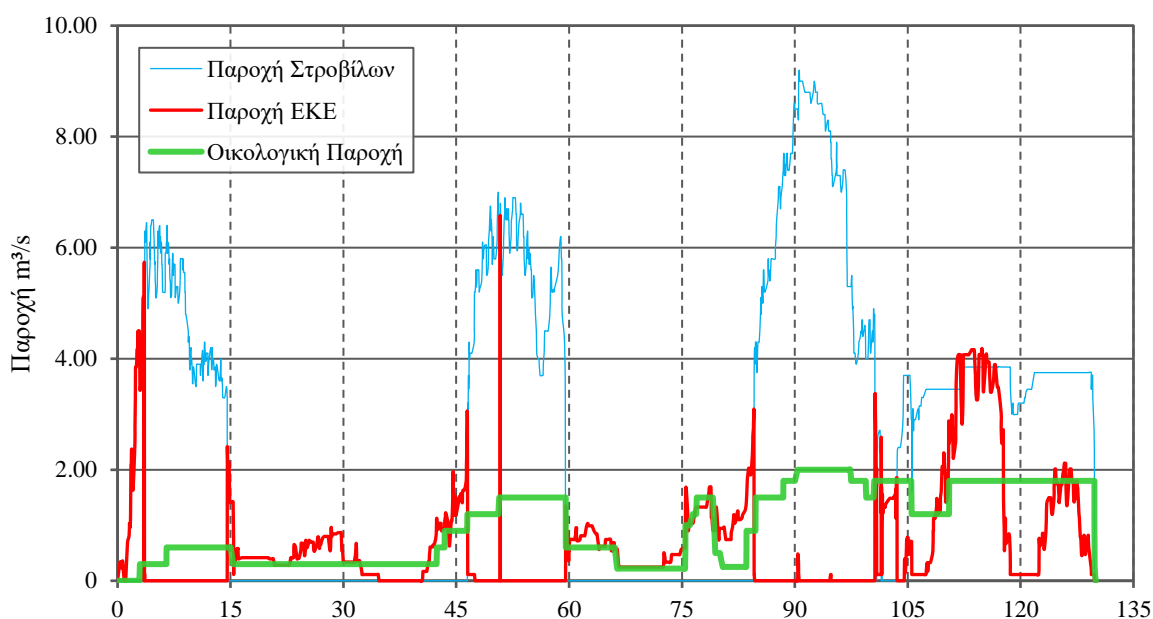
- (α) E η παραγόμενη ενέργεια (kWh)
- (β) n ο βαθμός απόδοσης
- (γ) ρ η πυκνότητα του νερού ($\approx 1.0 \text{ Mg/m}^3$)
- (δ) g η επιτάχυνση της βαρύτητας ($\approx 9.81 \text{ m/s}^2$)
- (ε) Q η διερχόμενη παροχή από τον στρόβιλο (m^3/s)
- (στ) H_{net} το καθαρό ύψος πτώσης, αφού αφαιρεθούν οι απώλειες (m)
- (ζ) t το χρονικό διάστημα, για το οποίο διέρχεται σταθερή παροχή από τον στρόβιλο (h)

Τα χαρακτηριστικά της κάθε Μονάδας που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στον Πίνακα 2.3. Ελλείπει πληροφοριών οι απώλειες της σήραγγας προσαγωγής Λεονταρίου θεωρήθηκαν αμελητέες, οπότε το H_{net} προέκυψε από την διαφορά της στάθμης του ταμιευτήρα με το υψόμετρο του άξονα του κάθε στρόβιλου, στα +286.25 m και +288.25 m για την Μονάδα 1 και 2 αντίστοιχα. Επίσης, χωρίς επικαιροποιημένες καμπύλες απόδοσης-παροχής για τους στρόβιλους, θεωρήθηκε σταθερός βαθμός απόδοσης 0.88 για την Μονάδα 1 και 0.885 για την Μονάδα 2. Οι τιμές που προέκυψαν για την ετησία παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια έχουν κατά μέσο όρο διαφορά +0.04% από τις αντίστοιχες της ΔΕΗ Ανανεώσιμες, ενώ οι τιμές για την παροχή από την διάταξη και την οικολογική παροχή έχουν μέση διαφορά +0.42% και +4.42% αντίστοιχα. Δεδομένης της τάξης των μεγεθών, τα οποία προσομοιάζονται, οι διαφορές αυτές κρίνονται αμελητέες. Οι αθροιστικές ποσότητες που προέκυψαν παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.3 που ακολουθεί.



Σχήμα 3.3: Προσομοίωση της λειτουργίας των έργων Σμοκόβου

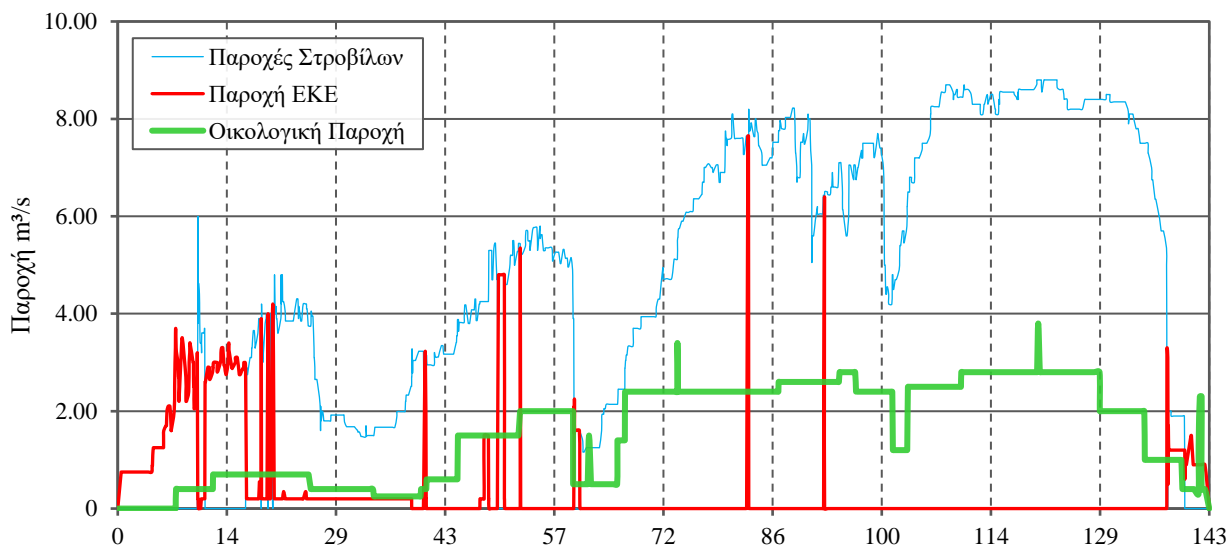
Παρατηρείται η ομοιότητα του άνωθεν Σχήματος με το Σχήμα 3.2 που περιέχει τις επίσημες τιμές από την ΔΕΗ Ανανεώσιμες. Επίσης έγινε αναλυτικά ο υπολογισμός των παροχών για κάθε αρδευτική περίοδο. Στο Σχήμα 3.4 που ακολουθεί φαίνονται οι παροχές για το έτος 2018, που αποτελεί και το χειρότερο όσον αφορά την παραγωγή ενέργειας. Το απόθεμα του ταμιευτήρα στις 21.04.2018, ημερομηνία έναρξης της αρδευτικής περιόδου, ήταν περίπου 160 hm³, επιτρέποντας την λειτουργία της σήραγγας μόνο σε δύο δεκαπενθήμερα πριν την αιχμή της ζήτησης. Ωστόσο, όταν έφτασε η περίοδος της μεγάλης ζήτησης, η βλάβη της Μονάδας 2 στις 02.08.2018 δεν επέτρεψε την εκμετάλλευση του ολικού υδάτινου δυναμικού, καθώς έγινε χρήση του ΕΚΕ παράλληλα με την Μονάδα 1 για την παροχέτευση του νερού.



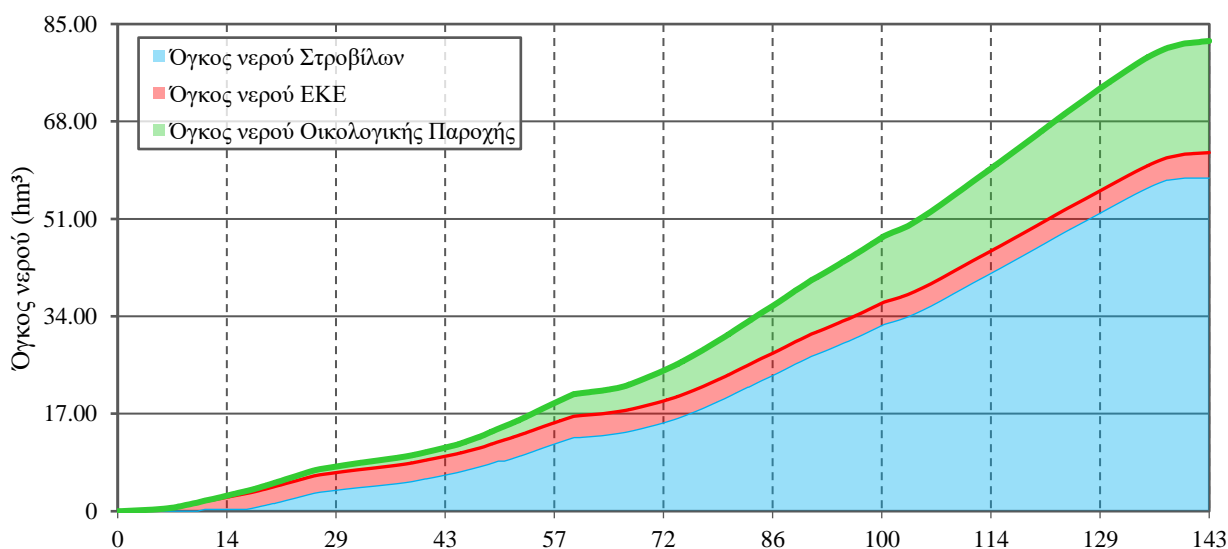
Σχήμα 3.4: Παροχές κατά την αρδευτική περίοδο 2018

Για την προαναφερθείσα χρονική περίοδο, ο συντελεστής δυναμικότητας του υδροηλεκτρικού σταθμού ήταν μόλις 18%, ενώ σε σχέση με τη συνολική λειτουργία της σήραγγας προσαγωγής, οι στρόβιλοι αποτέλεσαν μόνο το 54% αυτής. Στο σημείο αυτό να επισημανθεί ο γενικός συντελεστής δυναμικότητας του Σμόκοβο-1 είναι 23%. Αυτό δεν αποτελεί ένδειξη της εφικτής δυναμικότητας του σταθμού, που το 2013 έφτασε το 33%, αλλά της γενικής υπολειτουργίας του έργου, λόγω των μη επαρκών εισροών στον ταμιευτήρα.

Το έτος 2013 αποτελεί παράδειγμα καλής λειτουργίας του σταθμού και σύμφωνης με τις μελέτες που είχαν γίνει. Η στάθμη στην έναρξη της αρδευτικής περιόδου ήταν στο +372.38 m και ο ταμιευτήρας είχε απόθεμα περίπου 215.5 hm³. Αυτό επέτρεψε την χρήση των στροβίλων για το 85% του χρόνου που διοχέτευσε νερό η σήραγγα προσαγωγής με τα 58.1 hm³ από τα συνολικά 62.5 hm³ νερού να συνεισφέρουν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στο Σχήμα 3.5 που ακολουθεί φαίνονται οι παροχές της αρδευτικής περιόδου, ενώ στο Σχήμα 3.6 ο συνολικός όγκος του νερού.



Σχήμα 3.5: Παροχές κατά την αρδευτική περίοδο 2013

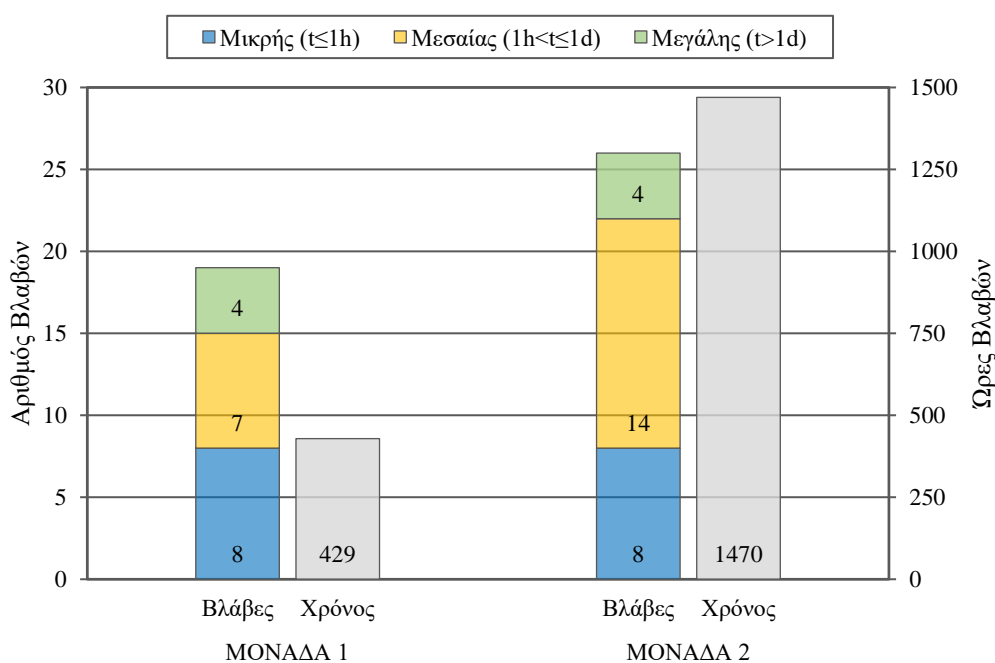


Σχήμα 3.6: Αθροιστικός όγκος νερού κατά την αρδευτική περίοδο 2013

Όπως φάνηκε, ενδεικτικό του πολύ καλού έτους εκτός από το νερό που διατέθηκε για άρδευση, αποτελεί και η οικολογική παροχή. Τη χρονιά 2013 καταγράφηκαν οι μεγαλύτερες τιμές, τόσο όσον αφορά τη μέγιστη τιμή της παροχής, στα $3.8 \text{ m}^3/\text{s}$, όσο και για τον αθροιστικό όγκο νερού που έφτασε τα 19.5 hm^3 . Να σημειωθεί ότι η επαρκής ποσότητα του νερού στον ταμιευτήρα ήταν αποτέλεσμα από δύο ιδιαίτερα καλά υδρολογικά έτη (2010 με 103 hm^3 και 2011 με 93 hm^3) και ένα μέτριο (2012 με 71 hm^3).

Οι συνθήκες που οδήγησαν στο εξίσου παραγωγικό έτος 2019 ήταν διαφορετικές, καθώς όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1 προηγήθηκε μόνο ένα μέτριο υδρολογικό έτος (2018 με 75 hm^3), ενώ η εισροής της υγρής περιόδου του ίδιου έτους ήταν 101 hm^3 . Αντίθετα, μεγάλη συνεισφορά στο υδατικό δυναμικό του 2019 είχαν οι μειωμένες εκροές το 2017 (44 hm^3) και το 2018 (48 hm^3), που οδήγησαν στην σταδιακή αύξηση του αποθέματος του ταμιευτήρα.

Ένας ακόμα παράγοντας της ετήσιας παραγωγικότητας του έργου είναι ο χρόνος ομαλής λειτουργίας (uptime). Τα διαγράμματα παροχών από την προσομοίωση του Σμόκοβο-1 παρουσιάζουν ασυνέχειες στην καμπύλη Παροχής Στροβίλων και αιχμές της καμπύλης Παροχής ΕΚΕ στα ίδια χρονικά διαστήματα. Αυτό οφείλεται σε απότομες και απρογραμμάτιστες διακοπές της λειτουργίας των Μονάδων 1 ή 2, με αποτέλεσμα να γίνεται η παροχή του νερού από το Έργο Καταστροφής Ενέργειας. Αιτία γι' αυτές τις διακοπές σύμφωνα με τα ημερολόγια λειτουργίας είναι συνήθως βλάβη σε κάποια εκ των Μονάδων ή σε όργανο παρακολούθησης τους, και πιο σπάνια σε εξωτερικούς παράγοντες (ζημιά στο αρδευτικό δίκτυο ή στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικού ρεύματος της ΔΕΗ). Στο Σχήμα 3.6 που ακολουθεί φαίνεται η καταγραφή των βλαβών για κάθε μονάδα ξεχωριστά, καθώς και η κατηγοριοποίηση τους ανάλογα της διάρκειας τη βλάβης, που είναι και άμεσα συνδεδεμένη με την σοβαρότητα της.



Σχήμα 3.6: Βλάβες στις Μονάδες 1 & 2 για τα έτη λειτουργίας 2012 - 2020. Παράλληλα με τον αριθμό δίνεται και η χρονική διάρκεια για την οποία η κάθε Μονάδα ήταν εκτός λειτουργίας

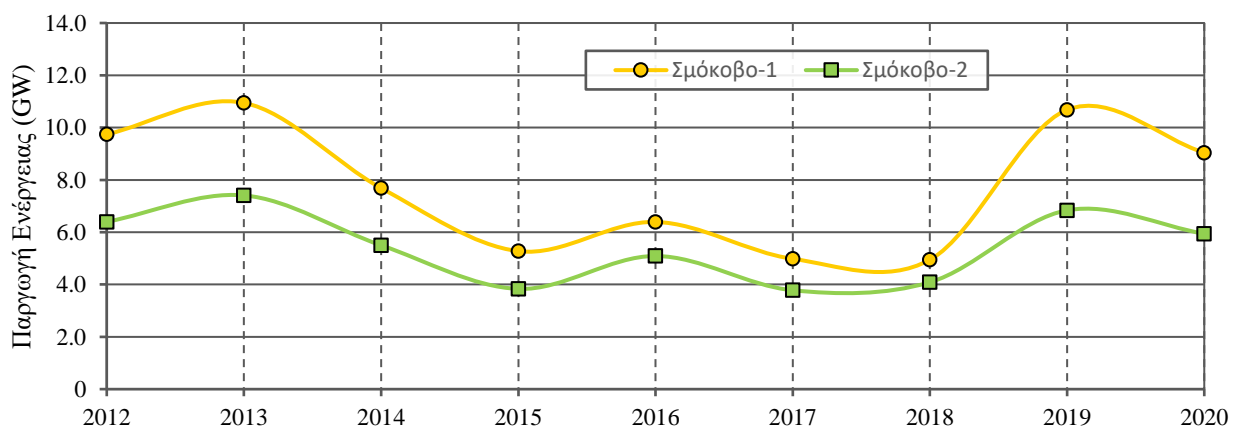
Όπως έγινε φανερό από το γράφημα, ο χρόνος μη λειτουργίας των στροβίλων έχει συμβάλει ουσιαστικά στην μειωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του σταθμού, ειδικά στην περίπτωση της Μονάδας 2. Το μεγαλύτερο μέρος του χρονικού διαστήματος που δεν λειτούργησε κάθε Μονάδα εντοπίζεται συνήθως σε μία χρονιά (240 h το 2015 για τη Μονάδα 1 και 768 h το 2018 για τη Μονάδα 2). Οι απώλειες ενέργειας από τη μη λειτουργία της Μονάδας 1 υπολογίζονται στις 935 MW, ενώ της Μονάδας 2 στις 3 205 MW. Δεδομένου ότι ο σταθμός έχει μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 7 744 MW, οι απώλειες αυτές είναι αρκετά σημαντικές, και αντιστοιχούν σε αύξηση 6% της συνολικής παραγωγής, αν γινόταν απρόσκοπτα η λειτουργία του σταθμού.

3.4 Προσομοίωση της λειτουργίας του ΜΥΗΣ Σμόκοβο-2

Το υδροηλεκτρικό έργο Σμοκόβου εκτός από τον ήδη κατασκευασμένο σταθμό Σμόκοβο-1, περιλαμβάνει άλλους δύο, εκ των οποίων του ενός η μελέτη έχει εγκριθεί και βρίσκεται στο στάδιο της θεμελίωσης. Στα πλαίσια της αποτίμησης λειτουργίας του έργου κρίθηκε σκόπιμη και η εξέταση του ΜΥΗΣ Σμόκοβο-2, καθώς η λειτουργία των δύο σταθμών στο μέλλον θα είναι ενιαία. Έτσι, με βάση τις ήδη γνωστές παροχές από τα ημερολόγια της ΔΕΗ Ανανεώσιμες και τα χαρακτηριστικά του σταθμού είναι δυνατή η προσομοίωση της λειτουργίας του. Θεωρήθηκε λοιπόν υποθετικό σενάριο για ταυτόχρονη κατασκευή των δύο σταθμών το 2007 και έναρξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το 2012.

Υπάρχει αναλυτική περιγραφή του πλάνου συνεργασίας των δύο σταθμών στην τεχνική έκθεση του έργου από την ΔΕΗ Ανανεώσιμες. Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι με βάση τον προγραμματισμό των αρδευτικών αναγκών και την επικοινωνία με το ΤΟΕΒ η ποσότητα νερού που θα διέρχεται από το Σμόκοβο-1 θα είναι τέτοια, ώστε να γίνεται η μέγιστη εκμετάλλευση της και από το Σμόκοβο-2. Τις χρονιές που θα χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση οι παροχές δεν ακολουθούν αυτή τη φιλοσοφία, όπως είναι λογικό, αφού στόχος ήταν μόνο η κάλυψη των αρδευτικών αναγκών. Παρ' όλα αυτά κρίνεται ότι τα αποτελέσματα θα είναι αντιπροσωπευτικά των δυνατοτήτων του σταθμού σε σχέση με το διαθέσιμο υδατικό δυναμικό και ενδεικτικά για τη μελλοντική λειτουργία του.

Ο υπολογισμός της παραγόμενης ενέργειας έγινε με χρήση της Σχέσης (3.1). Οι μέγιστες και ελάχιστες παροχές των δύο Μονάδων προέκυψαν από τα χαρακτηριστικά τους από τον Πίνακα 2.4. Όπως και με το Σμόκοβο-1, η απώλεια του κλειστού αγωγού που μεταφέρει το νερό θεωρήθηκαν αμελητέες. Έτσι το καθαρό ύψος πτώσης H_{net} είναι σταθερό και ίσο με 54.67 m. Πρόκειται για την υψομετρική διαφορά ανάμεσα στον υπερχειλιστή του θαλάμου φόρτισης του δικτύου του Έργου Καταστροφής Ενέργειας στα +288.0 m και τον άξονα των δύο στροβίλων στα +233.33 m. Το σταθερό ύψος πτώσης συνείσφερε στην επιλογή γενικού βαθμού απόδοσης 0.9 και για τις δύο μονάδες. Στο Σχήμα 3.7 φαίνεται η ετήσια παραγωγή ενέργειας από το Σμόκοβο-2 και γίνεται σύγκριση με την αντίστοιχη του Σμόκοβο-1.



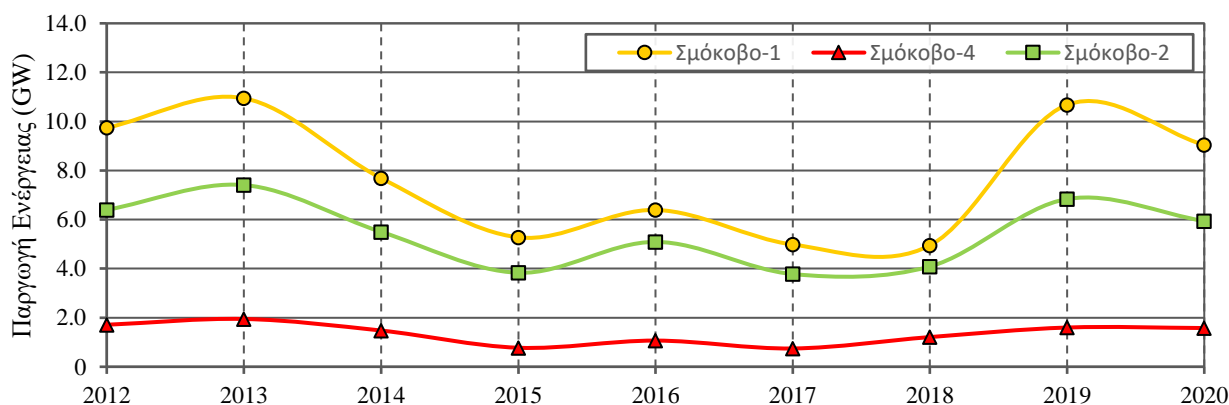
Σχήμα 3.7: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τους σταθμούς Σμόκοβο-1 και Σμόκοβο-2

Η μέση ετήσια υπολογιζόμενη παραγωγή ενέργειας του Σμόκοβο-2 είναι 5.5 GWh, με την θεώρηση ότι έχει μόνο χρόνο ομαλής λειτουργίας, χωρίς διακοπές λόγω βλαβών στο σταθμό, στο αρδευτικό δίκτυο και στο δίκτυο της ΔΕΗ. Η ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας είναι αρκετά μεγάλη και σχεδόν διπλασιάζεται η συνολική παραγωγή του συστήματος, με μία αύξηση περίπου 70%. Δεδομένου ότι προβλέπεται επικοινωνία μεταξύ των δύο σταθμών και του ΤΟΕΒ για τη παροχέτευση ποσοτήτων νερού που θα γίνεται Σε περίπτωση συγχρονισμού των δύο σταθμών και του ΤΟΕΒ θα γίνεται παροχέτευση ποσοτήτων που θα επιτρέπουν την μέγιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού, επομένως αναμένεται η παραγωγή να είναι ακόμα μεγαλύτερη, με την προϋπόθεση ότι ο σταθμός θα λειτουργεί ομαλά.

3.5 Προσομοίωση της λειτουργίας του ΜΗΥΣ Σμόκοβο-4

Ο σταθμός παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας Σμοκοβο-4 αποτελεί τον τελευταίο από τους τέσσερις που περιλάμβανε η μελέτη της ΔΕΗ για τη αξιοποίηση του ταμιευτήρα. Βρίσκεται ακόμα στη φάση μελέτης και μετά την ακύρωση του Σμόκοβο-3 αναμένεται να είναι ο επόμενος του οποίου η κατασκευή θα ξεκινήσει. Η προσομοίωση της λειτουργίας του κρίθηκε σκόπιμη λόγω της μεγάλης πιθανότητας υλοποίησης του έργου και της διαφορετικής θέσης του στον εκκενωτή πυθμένα του ταμιευτήρα.

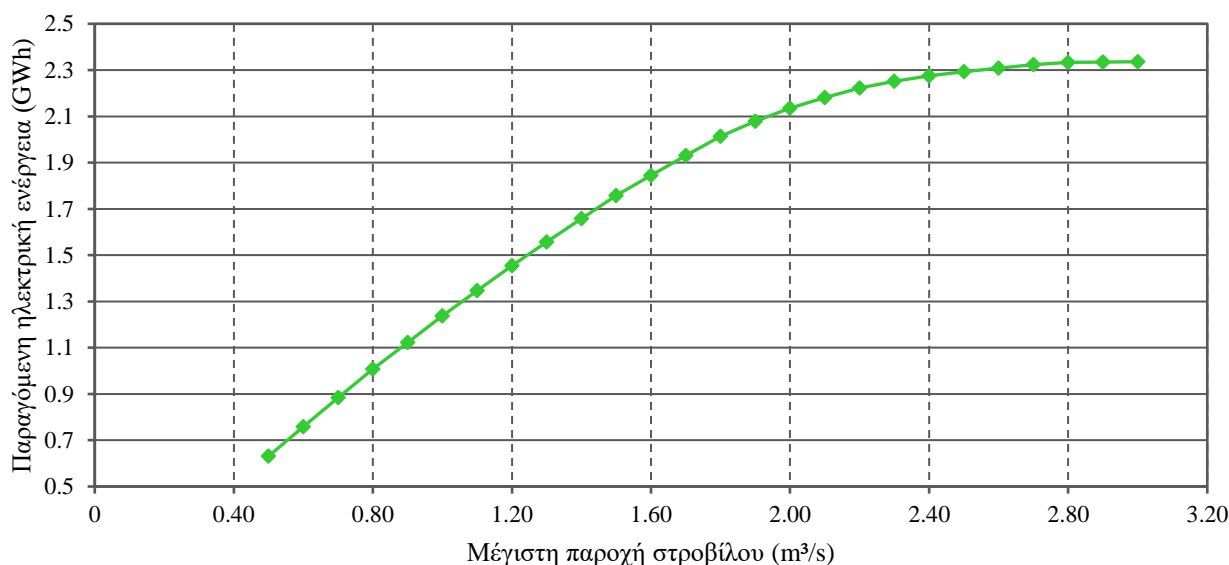
Παρότι το έργο θεωρείται υπό μελέτη από τη ΔΕΗ Ανανεώσιμες, δεν υπάρχουν ακριβή τεχνικά χαρακτηριστικά όπως στην περίπτωση του Σμόκοβο-2, πάρα μόνο ότι περιέχεται στο αρχικό σενάριο. Τοποθετημένο κατάντη του φράγματος για την εκμετάλλευση της οικολογικής παροχής θα έχει εύρος λειτουργίας από 0.70 έως 1.10 m³/s και θα παράγει 3.5-4 GWh ετησίως από έναν στρόβιλο ισχύος 0.8 MW. Σε συνδυασμό με τα στοιχεία αυτά έγινε επιλογή γενικού βαθμού απόδοσης 0.9, ενώ το ύψος πτώσης προκύπτει από την υψομετρική διαφορά της στάθμης του ταμιευτήρα από την εκβολή του εκκενωτή πυθμένα σε υψόμετρο +280.0 m. Έγινε χρήση της Σχέσης (3.1), ενώ τοπικές και γραμμικές απώλειες θεωρήθηκαν αμελητέες. Στο Σχήμα 3.8 φαίνεται η ετήσια παραγωγή που προέκυψε και συγκρίνεται αντίστοιχα με τα αποτελέσματα από Σμόκοβο-1 και Σμόκοβο-2.



Σχήμα 3.8: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το σταθμό Σμόκοβο-4 και σύγκριση της με τους Σμόκοβο-1 και Σμόκοβο-2

Παρατηρείται ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι αρκετά χαμηλότερη από τους άλλους δύο σταθμούς, ενώ με μέση τιμή 1.35 GWh είναι μόλις το 34% της αναμενόμενης βάσει του σεναρίου της ΔΕΗ. Η διαφορά αυτή οφείλεται στην απόκλιση των εκτιμήσεων και της πραγματικότητας. Αναμενόταν ότι η οικολογική παροχή θα λειτουργούσε όλο το χρόνο με σταθερά μικρές ποσότητες νερού, ενώ διοχετεύεται όλη κατά την διάρκεια της αρδευτικής περιόδου με μεγαλύτερες παροχές για να την εξασφάλιση της ροής του Σοφαδίτη ποταμού από τις αρδευτικές γεωτρήσεις. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να γίνεται εκμετάλλευση μικρού μέρους μόνο του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού. Ανατρέχοντας στο Σχήμα 3.3 και Σχήμα 3.4 διακρίνεται ότι σταθερή η οικολογική παροχή φτάνει και ξεπερνάει την παροχή των 2 m³/s. Από ανάλυση των παροχών και για τα 9 έτη που παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β η μέση τιμή της προέκυψε 1.27 m³/s. Η μέγιστη τιμή των 1.1 m³/s λοιπόν κρίνεται υπερβολικά μικρή, αν η διάθεση της συνεχίσει να γίνεται με τον ίδιο τρόπο.

Κάνοντας την προσομοίωση για διάφορες μέγιστες παροχές του στροβίλου που παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.9, προτείνεται η επιλογή παροχής περίξ των 2.0 m³/s. Η αντίστοιχη παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια προκύπτει ίση με 2.14 GWh. Παρότι απέχει ακόμα από το αρχικό πλάνο της ΔΕΗ, είναι σαφώς μεγαλύτερη από την ενέργεια που θα προκύψει αν δεν γίνει αλλαγή των προδιαγραφών του σταθμού.



Σχήμα 3.9: Μέση ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το σταθμό Σμόκοβο-4 σε σχέση με τη μέγιστη παροχή του στροβίλου του

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

4.1 Εισροές στον ταμιευτήρα

Το κυριότερο συμπέρασμα που προέκυψε και είναι βασικό για την πλήρη κατανόηση των αποτελεσμάτων από την αποτίμηση λειτουργίας των έργων Σμοκόβου είναι η αποτυχία πρόβλεψης των εισροών και του αποθέματος του ταμιευτήρα. Όπως φάνηκε από τον Πίνακα 2.1, από την προκαταρκτική μελέτη που ανέθεσε το ΥΠΕΧΩΔΕ εκτιμήθηκαν εισροές περίπου 160 hm³. Με βάση την εκτίμηση αυτή ανατέθηκε η μελέτη γενικού σχεδίου της θεσσαλικής πεδιάδας στην ELECTROWATT, η οποία υπολόγισε εισροές 129 hm³ και 178 hm³ κατά την προμελέτη και τελική μελέτη αντίστοιχα.

Ακόμα και οι μετέπειτα μελέτες έως το 2001 επιβεβαίωναν την τιμή της ELECTROWATT για περίπου 165 hm³ εισροές. Έτσι έγινε η σχεδίαση του χωμάτινου φράγματος για τη δημιουργία ταμιευτήρα με συνολική χωρητικότητα 237.6 hm³ στην ανώτατη στάθμη λειτουργίας, στα +375 m. Έτσι έγινε μία υπερδιαστασολόγηση τόσο του φράγματος όσο και των συνοδευτικών έργων του (υπερχειλιστής, σήραγγα εκτροπής), η οποία επηρέασε και τον αρχικό σχεδιασμό του υδροηλεκτρικού σταθμού από τη ΔΕΗ.

Αποτέλεσμα όλων αυτών ήταν η κατασκευή ενός υπερμεγέθους φράγματος, με έναν ταμιευτήρα που λειτουργεί χαμηλότερα από την ανώτατη στάθμη πλήρωσης και έναν υπερχειλιστή που δεν έχει χρησιμοποιηθεί ποτέ. Να σημειωθεί ότι εκτός από την αρδευτική περίοδο, η λίμνη δεν έχει άλλες εκροές κατά τη διάρκεια του έτους. Δεν γίνεται δηλαδή μείωση της στάθμης μέσω της σήραγγας προσαγωγής ή του εκκενωτή πυθμένα, για να αποφευχθεί η υπερχειλίση, όπως για παράδειγμα με τη γειτονική λίμνη Πλαστήρα. Από το Σχήμα 2.1 η μέση τιμή για τις εισροές ισούται με 64 hm³ και η μέση μέγιστη στάθμη με +367 m. Ουσιαστικές επιπτώσεις από αυτές τις τιμές είναι η υπολειτουργία του αρδευτικού δικτύου που αξιοποιεί τον ταμιευτήρα και κατ' επέκταση του υδροηλεκτρικού σταθμού Σμόκοβο-1 μεταξύ της σήραγγας προσαγωγής και του δικτύου. Η ύδρευση που θα προστεθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα δεν θα επηρεαστεί, καθώς και απαιτεί μικρές ποσότητες νερού (εώς 5.16 hm³ το έτος) και θα έχει προτεραιότητα σε σχέση με την άρδευση. Εκτός από τις λειτουργικές συνέπειες, η εικόνα του μισοπληρωμένου ταμιευτήρα έχει αρνητική αισθητική επίδραση στην περιοχή. Ειδικά την αρδευτική περίοδο, ο ταμιευτήρας φαίνεται σαν να αδειάζει.

4.2 Λειτουργία του σταθμού Σμόκοβο-1

Εκτός από την αποτίμηση της λειτουργίας του ταμιευτήρα, το άλλο σημαντικό κομμάτι του έργου για το οποίο προέκυψαν συμπεράσματα, είναι ο μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός Σμόκοβο-1 της ΔΕΗ Ανανεώσιμες. Είναι σημαντικό να τονιστεί από τώρα ότι η κακή εκτίμηση του υδάτινου δυναμικού και οι επιπτώσεις της στο σχεδιασμό, όπως αναφέρθηκαν στην προηγούμενη υποενότητα, συνεισφέρουν άμεσα στην αρνητική εικόνα του σταθμού. Όμως δεν

αποτελεί τον μοναδικό παράγοντα.

Εξ αρχής το καθεστώς λειτουργίας του συστήματος που δίνει αποκλειστικό έλεγχο της παροχής στο ΤΟΕΒ για την ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών επιδρά αρνητικά. Οι απαιτούμενες ποσότητες νερού διέρχονται από την σήραγγα προσαγωγής χωρίς να γίνεται πρώτα έλεγχος αν ο σταθμός είναι ικανός να τις αξιοποιήσει μέσω των στροβίλων του. Προβλήματα όπως βλάβες στο σταθμό ή στο δίκτυο της ΔΕΗ δεν λαμβάνονται υπόψη και γίνεται απλώς παράκαμψη μέσω του Έργου Καταστροφής Ενέργειας.

Την ευθύνη για αυτή τη κατάσταση όμως φέρει και ο φορέας διαχείρισης του σταθμού. Όπως φάνηκε στο Σχήμα 3.6 διόλου απρόσκοπτη ήταν η λειτουργία του σταθμού, με συχνές βλάβες μικρής και μεγάλης διάρκειας, αποτέλεσμα της κακής συντήρησης του έργου. Μετά από επίσκεψη στο χώρο του σταθμού διαπιστώθηκε ότι ο όλος χώρος βρίσκεται σε μία παρακμή, με ανεπαρκές προσωπικό και προβλήματα στις εγκαταστάσεις. Η εικόνα αυτή δεν θεωρείται ανεκτή για ένα έργο με χρόνο εμπορικής λειτουργίας λιγότερο από 10 χρόνια. Η εγκατάλειψη αυτή μπορεί να αποδοθεί σε δύο βασικούς λόγους. Στον ίδιο νομό βρίσκεται και ο υδροηλεκτρικός σταθμός Πλαστήρα, που πρόκειται για αρκετά μεγαλύτερο σταθμό με εγκατεστημένη ισχύ 141 MW, υπεύθυνο για την ύδρευση και άρδευση μεγάλου μέρους του θεσσαλικού κάμπου, καθώς και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι λοιπόν λογικό ως ένα βαθμό να απολαμβάνει την πλειονότητα των πόρων που διαθέτει η ΔΕΗ στον Νομό. Επίσης, πιθανώς και η ίδια η υπολειτουργία του Σμόκοβο-1 να οδήγησε στην παραμέληση του, για χάρη πιο αποδοτικών έργων.

Η υπολειτουργία αυτή διαπιστώθηκε μέσω της προσομοίωσης της λειτουργίας του σταθμού και επιβεβαιώθηκαν οι αιτίες που αναφέρονται παραπάνω. Από τα 9 χρόνια εμπορικής λειτουργίας του, μόλις τα 3 κατάφερε να παράγει ενέργεια κοντά στον στόχο των 11 GWh που είχε θέσει η ΔΕΗ για το έργο. Με μέση ετήσια παραγωγή 7.7 GWh, μόλις το 70% της αναμενόμενης, και 3 χρονιές με εξαιρετικά μικρή παραγωγή περίπου 5 GWh, λιγότερο του μισού, παρά τα λίγα έτη λειτουργίας του είναι φανερό πως δεν έχει ανταπεξέλθει στις προσδοκίες της μελέτης του.

4.3 Επέκταση του συστήματος με τα Σμόκοβο-2 και Σμόκοβο-4

Μερική λύση στη μη αποδοτική λειτουργία του έργου είναι η επέκταση του με την κατασκευή δύο ακόμα μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών. Η θέση του Σμόκοβο-2 είναι κατάντη του Σμόκοβο-1 για την διπλή εκμετάλλευση της ποσότητας του νερού που διατίθεται προς άρδευση, ενώ το Σμόκοβο-4 με θέση κατάντη του φράγματος στην εκβολή του εκκενωτή πυθμένα θα εκμεταλλεύεται την οικολογική παροχή.

Η υλοποίηση αυτών των δύο έργων συνάδει και με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης τους. Αναμένεται η συνολική μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας να είναι περίπου 15 GWh, διπλάσια από την υφιστάμενη. Το μεγαλύτερο μέρος της προστιθέμενης ενέργειας αποδίδεται στο

Σμόκοβο-2, συγκεκριμένα οι 5.5 GWh, με τις υπόλοιπα 1.3 έως 2.1 GWh από το Σμόκοβο-4, ανάλογα και την μέγιστη παροχή που θα έχει ο εγκαταστημένος στρόβιλος. Αποτελεί μία ουσιαστική αναβάθμιση της παρούσας κατάστασης, και όσον αφορά την ηλεκτρική παραγωγή, αλλά και την διαχείριση του νερού, καθώς αναμένεται να γίνεται καλύτερος υπολογισμός και προγραμματισμός των διατιθέμενων ποσοτήτων.

4.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη της περιοχής

Ένα τόσο πολυδιάστατο θέμα όπως η επιρροή ενός μεγάλου φράγματος σε μία περιοχή σίγουρα δεν μπορεί να αναλυθεί εκτενώς και να γίνει η πλήρης αποτίμηση του με μία μόνο διπλωματική εργασία. Ειδικά από τη στιγμή που έργα για την επέκταση του βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της υλοποίησης ή της μελέτης. Θα ήταν ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα μία επανάληψη της προσομοίωσης του υδροηλεκτρικού σταθμού Σμοκόβου, αφότου μπει σε λειτουργία και ο σταθμός Σμόκοβο-2 και έχουν περάσει μερικά χρόνια. Για να εξεταστεί αν τελικά η ΔΕΗ Ανανεώσιμες με το ΤΟΕΒ θα καταφέρουν να αυξήσουν την απόδοση του συστήματος. Επίσης, με πληρέστερα και πιο εκτενή υδρολογικά δεδομένα θα είναι δυνατόν να προσδιοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η υδρολογική δίαιτα της λεκάνης απορροής του ταμιευτήρα, καθώς να γίνει και στατιστική ανάλυση των ποσοτήτων που εισρέουν και εκρέουν σε αυτόν. Μία ξεχωριστή έρευνα θα μπορούσε να γίνει για την κατάσταση της ύδρευσης και την άρδευση, που αναμένεται να είναι και οι βασικές χρήσεις της λίμνης στο μέλλον, καθώς τα έργα τους βρίσκονται σε μία διαρκή φάση επιδιορθώσεων και επέκτασης για την άρδευση, και κατασκευής και επέκτασης για την ύδρευση.

Στα πλαίσια της σύγκρισης με την γειτονική τεχνητή λίμνη Πλαστήρα κρίνεται σκόπιμο να γίνει αναφορά στη δυνατότητα ανάπτυξης της περιοχής πέριξ του ταμιευτήρα. Η δημιουργία ενός πόλου έλξης θα έχει πολλαπλά οφέλη και για τον ντόπιο πληθυσμό, αλλά και τον νομό γενικότερα. Σίγουρα υπάρχει ήδη μία βάση με την ύπαρξη των ιαματικών πηγών, η οποία μπορεί να ενισχυθεί με την επιπρόσθετη προβολή του ιατρικού και ιαματικού τουρισμού. Ειδικότερα ο συνδυασμός τους με αγροτουρισμό, οινοτουρισμό ή γαστρονομικό τουρισμό είναι πολύ εύκολος και πρόκειται για μορφές τουρισμού απλά υλοποιήσιμες, που θα αναδείξουν και τοπικά προϊόντα (πχ. μπαζίνια, πλαστός, τραχανάς).

Επίσης, η ίδια η έκταση του ταμιευτήρα με τις γύρω ακτές ενδείκνυται για δραστηριότητες. Θαλάσσιο ποδήλατο, κολύμπι, τοξοβολία, ποδηλασία βουνού, πεζοπορία είναι μερικές μόνο που θα μπορούσαν να γίνουν. Αξίζει να γίνει αναφορά και στον μηχανοκίνητο αθλητισμό, καθώς δρόμοι γύρω από τη λίμνη έχουν υπάρξει ειδικές διαδρομές του ράλι Ακρόπολη παλαιότερα, και με μία αναβάθμιση τους μπορεί να γίνει επαναχρησιμοποίηση τους, καθώς και οργάνωση τέτοιων αγώνων σε τοπικό επίπεδο (πχ. ράλι Αγράφων).

Είναι βέβαιο πως η προσέλκυση τουρισμού με την συνεπαγόμενη κίνηση που θα δημιουργήσει στην αγορά θα προξενήσει μία ουσιαστική αναβάθμιση στην περιοχή. Θα γίνουν έργα

υποδομής, θα βελτιωθεί η παροχή υπηρεσιών, η προσβασιμότητα πολλών χωριών που πλέον συνδέονται με ένα απαρχαιωμένο οδικό δίκτυο θα αποκατασταθεί, ενώ θα προκύψουν και νέες θέσεις εργασίας. Παρά τις όποιες δυσκολίες είχε η υλοποίηση του φράγματος Σμοκόβου και των συναφών έργων, από τη στιγμή που πλέον βρίσκονται σε λειτουργία, μόνο κέρδη θα προκύψουν από την εκμετάλλευσή τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Ανδρεαδάκης, Α. Δ., *Επεξεργασία Νερού, Βασικές Αρχές και Διεργασίες*, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 2008.
- Αυγουστή, Α. Χ., *Ολοκληρωμένη διαχείριση του υδάτινου δυναμικού της τεχνητής λίμνης Σμοκόβου*, Μεταπτυχιακή Εργασία, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2006.
- Βαβίζος, Γ., Κ. Ζαννάκη, Δ. Ζαφειρόπουλος και ΣΙΑ Α.Ε., Ιωάννης Ζαχάρωφ ΣΥΝΘΕΣΗ και ΕΡΕΥΝΑ Ε.Π.Ε., *Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων και επανορθωτικών μέτρων από την κατασκευή και λειτουργία του φράγματος Σμοκόβου και συναφών έργων*, ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα, 1995.
- ΔΕΗ, *Υδροηλεκτρική ανάπτυξη της Ελλάδας*, 2005.
- ΔΕΗ Ανανεώσιμες, *Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Σμοκόβου, Με τη δύναμη του Νερού*, 2009.
- Ελληνική Στατιστική Αρχή, [Απογραφή Γεωργίας - Κτηνοτροφίας](#), 2009, τελευταία πρόσβαση 02.01.2021.
- Ελληνική Στατιστική Αρχή, [Απογραφή Πληθυσμού - Κατοικιών](#), 2011, τελευταία πρόσβαση 03.01.2021.
- ELECTROWATT, *Αξιοποιήσις πεδιάδος Θεσσαλίας, Προμελέτη φράγματος Σμοκόβου*, ΥΠΔΕ, 1970.
- Θανόπουλος, Ι., *Γενικές αρχές σχεδιασμού ενός μικρού ΥΗΕ*, Διεύθυνση Ανάπτυξης Υδροηλεκτρικών Έργων, 2008.
- Καραβοκύρης, Ι. Γ., Γ.Θ. Ντουνιάς, Δ. Νικολάου, Α. Καστούδης και Γ. Ανδριώτης, *Ολοκλήρωση και πρώτη πλήρωση του φράγματος Σμοκόβου*, 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, Λάρισα, 2008.
- Κουτσογιάννης, Δ., Α. Ευστρατιάδης, Α. Κουκουβίνος και Ν. Μαμάσης, *Διερεύνηση Σεναρίων Διαχείρισης του Ταμιευτήρα Σμοκόβου Τεύχος 1 - Έκθεση Δεδομένων*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2008α.
- Κουτσογιάννης, Δ., Α. Ευστρατιάδης, Α. Κουκουβίνος και Ν. Μαμάσης, *Διερεύνηση Σεναρίων Διαχείρισης του Ταμιευτήρα Σμοκόβου Τεύχος 4 - Τελική Έκθεση*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2008β.
- Μπουλούγουρης, Β., Α. Τσίτσης, *Υδρευση ανατολής πλευράς Νομού Καρδίτσας, Προκαταρκτική μελέτη*, ΡΟΙΚΟΣ Α.Ε., 2002.
- Ντάφος, Β., *Προφορική επικοινωνία*, Πτυχιούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Τ3/Α Υποτομέας Ηλεκτρολογικής Συντήρησης ΔΕΗ, Καρδίτσα, 2020.

- Ντουνιάς, Γ. Θ., Β. Δέδε Β., Δ. Νταλής και Α. Καστούδης, *Η Συμπεριφορά του φράγματος Σμοκόβου*, 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής και Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, Ξάνθη, 2006.
- Ρόπης, Κ., *Διερεύνηση της ποιότητας των υδάτων της λίμνης Σμοκόβου*, Μεταπτυχιακή εργασία, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2005.
- Σανούδος, Ι., *Προφορική επικοινωνία*, Ναυπηγός Μηχανικός Ε.Μ.Π., Φάρσαλα, 2020.
- Σιδέρης, Σ., Κ. Καραγεώργος, Π. Τσιαμούρας, Σ. Πολύζος, *Καρδίτσα Τουριστικός Οδηγός*, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Καρδίτσας, Καρδίτσα, 2003.
- Σιόλας, Α, Ε. Αλεξίου, *Γεωμορφολογικός και Πολιτικός Χάρτης - Ελλάδα*, Εκδόσεις Στερέωμα, Αθήνα, 1999.
- Σπυριδώνης, Γ., *Προσωπικό αρχείο φωτογραφιών έργου Σμοκοβου*, Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π., Καρδίτσα, 2002.
- Τσιάστας, Θ. Ν., *Έλεγχος Αρδευτικών Συστημάτων Συλλογικού Δικτύου. Εφαρμογή στο αρδευτικό δίκτυο Σοφάδων*, Μεταπτυχιακή Εργασία, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2016.
- ΥΠΕΧΩΔΕ, *Μητρώο Έργου*, ΕΥΔΕ φράγματος Σμοκόβου, 1997.
- ΥΠΕΧΩΔΕ, *Έργα Συγκροτήματος Σμοκόβου*, Καρδίτσα, 2002.
- Dyson, M., G Bergkamp and J. Scanlon, *The essentials of environmental flows*, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 2003.
- Hirji, R, R. Daves, *Environmental Flows in Water Resources Policies, Plans, and Projects*, The World Bank, Washington D.C., 2009.
- LaRocque, A, *Probable Maximum Flood (PMF)*, Springer, Dordrecht, 2013
- Λουτρά Δρανίστας - Καϊτσα, [Η περιοχή μας](#), τελευταία πρόσβαση 20.09.2021.
- Geodata, [Υδρολογικά Δεδομένα](#), τελευταία πρόσβαση 03.01.2021.
- Voith, [Francis Turbine](#), τελευταία πρόσβαση 05.01.2021
- Wikipedia, [Λουτρά Σμοκόβου Καρδίτσας](#), τελευταία πρόσβαση 20.09.2021.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



Εικόνα Α.1: Η πίσω πλευρά της Μονάδας 2 του Σμόκοβο-1. Διακρίνονται η θεμελίωση του στροβίλου, ο δίσκος σταθεροποίησης και η γεννήτρια.
(Πηγή: Προσωπικό Αρχείο, 13.03.2020)



Εικόνα Α.2: Το ηλεκτρονικό σύστημα παρακολούθησης, καταγραφής δεδομένων και λειτουργίας του σταθμού (SCADA).
(Πηγή: Προσωπικό Αρχείο, 13.03.2020)



Εικόνα Α.3: Οι μετασχηματιστές για τις μονάδες του Σμόκοβο-1.
(Πηγή: Προσωπικό Αρχείο, 13.03.2020)



Εικόνα Α.4: Η βαλβίδα τύπου πεταλούδας που ρυθμίζει την παροχή νερού στο Σμόκοβο-1.
(Πηγή: Προσωπικό Αρχείο, 13.03.2020)



Εικόνα Α.5: Η βόρεια όψη του υδροηλεκτρικού σταθμού Σμόκοβο-1.
(Πηγή: Προσωπικό Αρχείο, 17.01.2021)



Εικόνα Α.6: Η διώρυγα φυγής των υδροστροβίλων εν ώρα λειτουργίας. Στο βάθος διακρίνεται νέφος νερού από τη μεσαία βαλβίδα του Έργου Καταστροφής Ενέργειας.
(Πηγή: Προσωπικό Αρχείο, 25.08.2021)

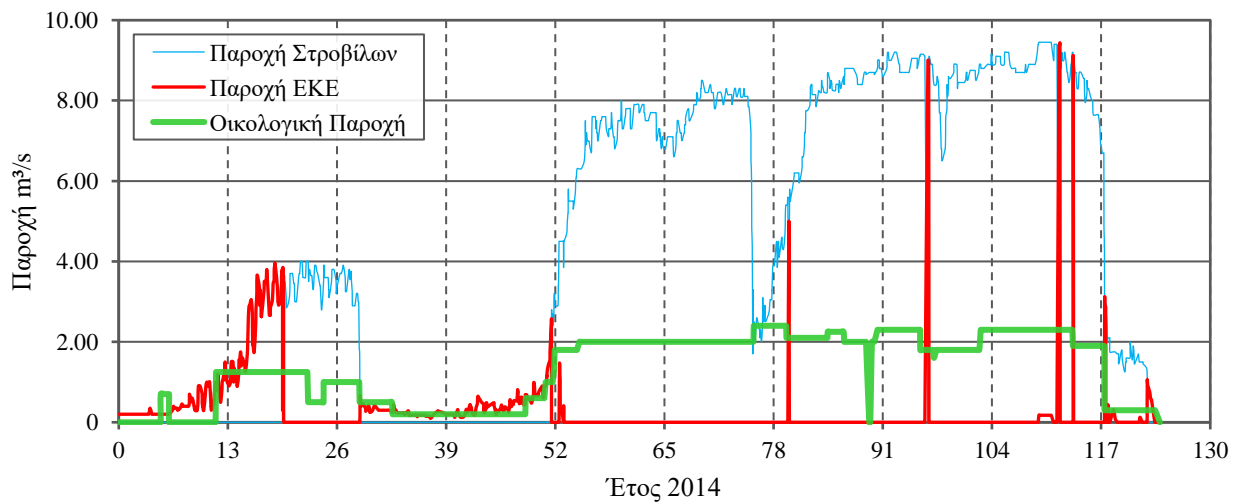
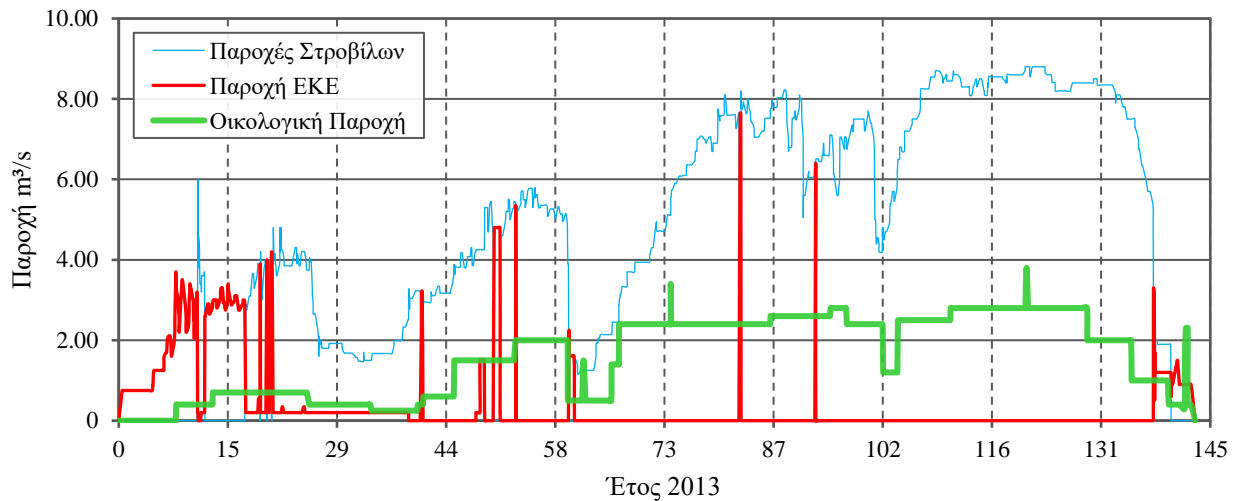
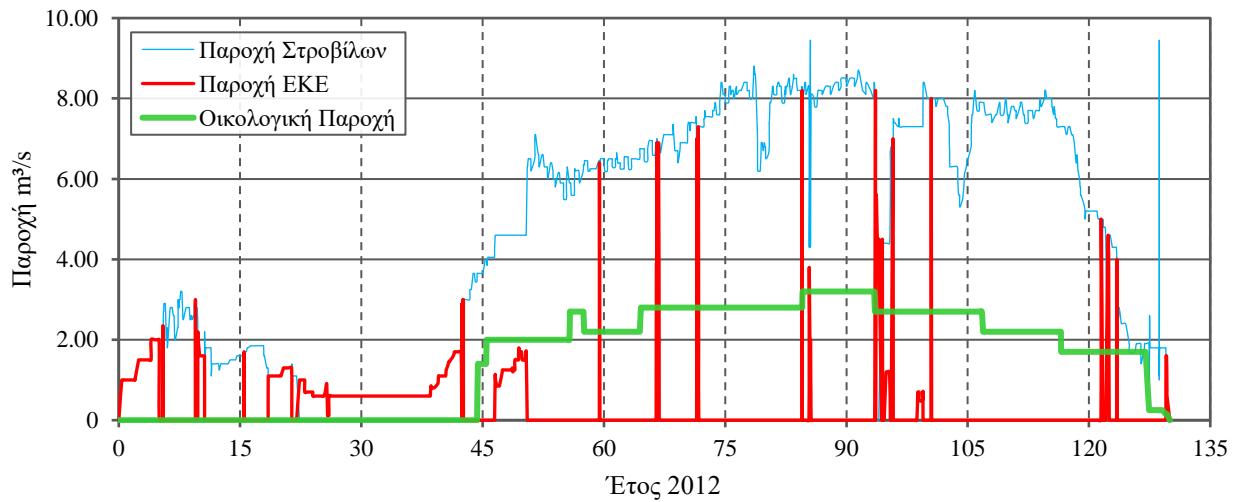


Εικόνα Α.7: Η ανάντη όψη του φράγματος Σμοκόβου.
(Πηγή: Προσωπικό Αρχείο, 30.10.2020)

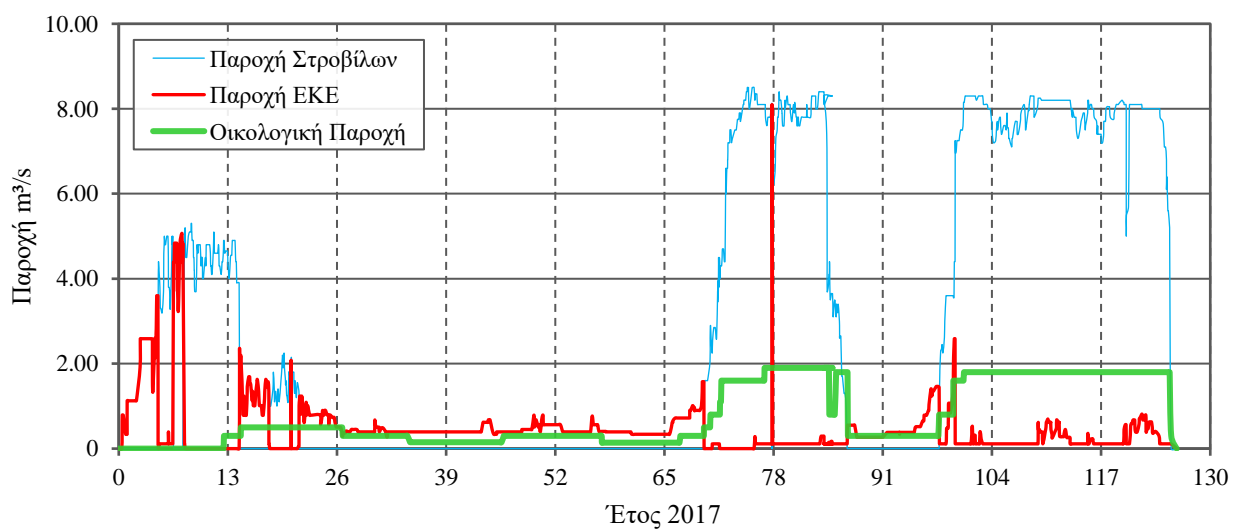
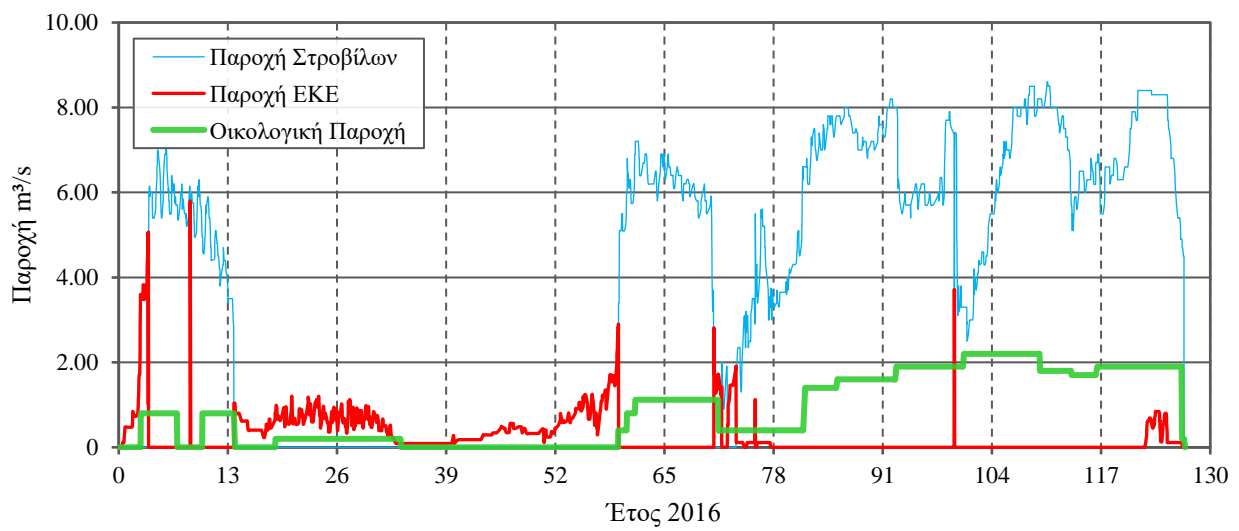
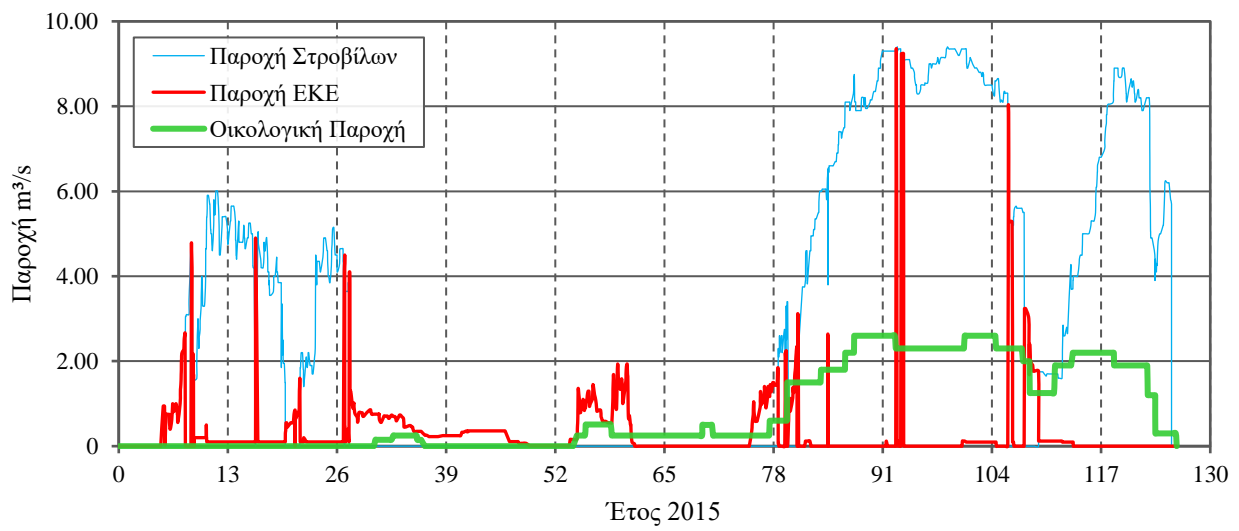


Εικόνα Α.8: Ο ταμιευτήρας Σμοκόβου. Στο βάθος διακρίνεται η Τοπική Κοινότητα Κάτω Κτιμένης.
(Πηγή: Προσωπικό Αρχείο, 16.12.2020)

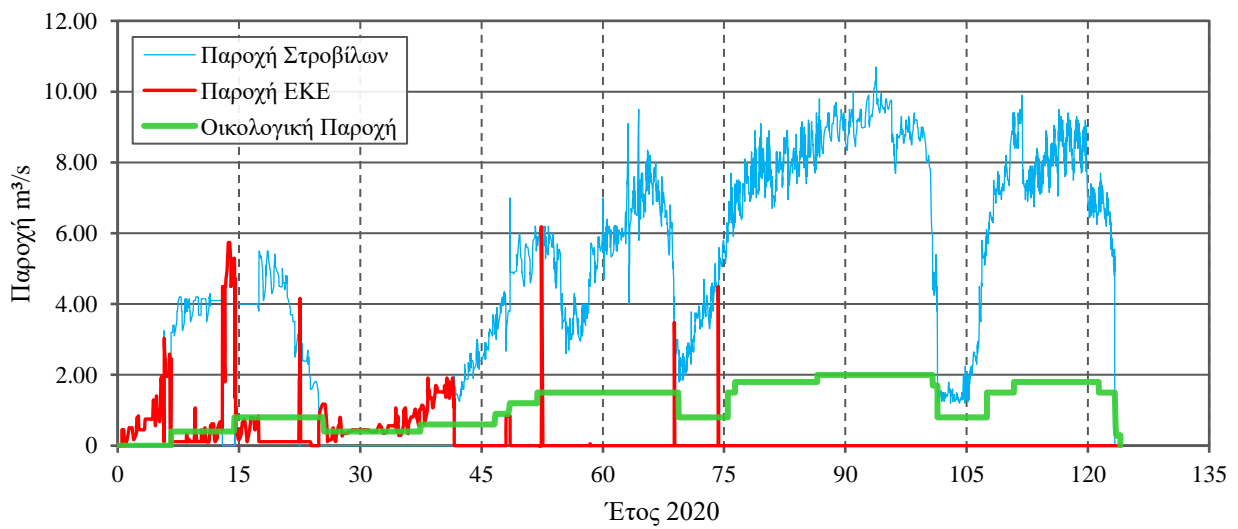
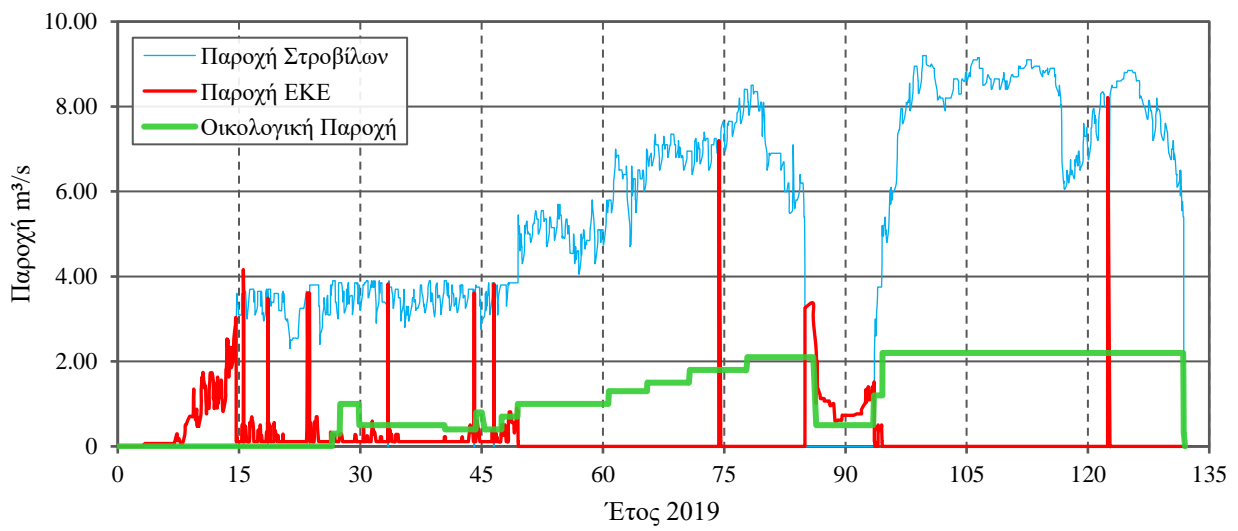
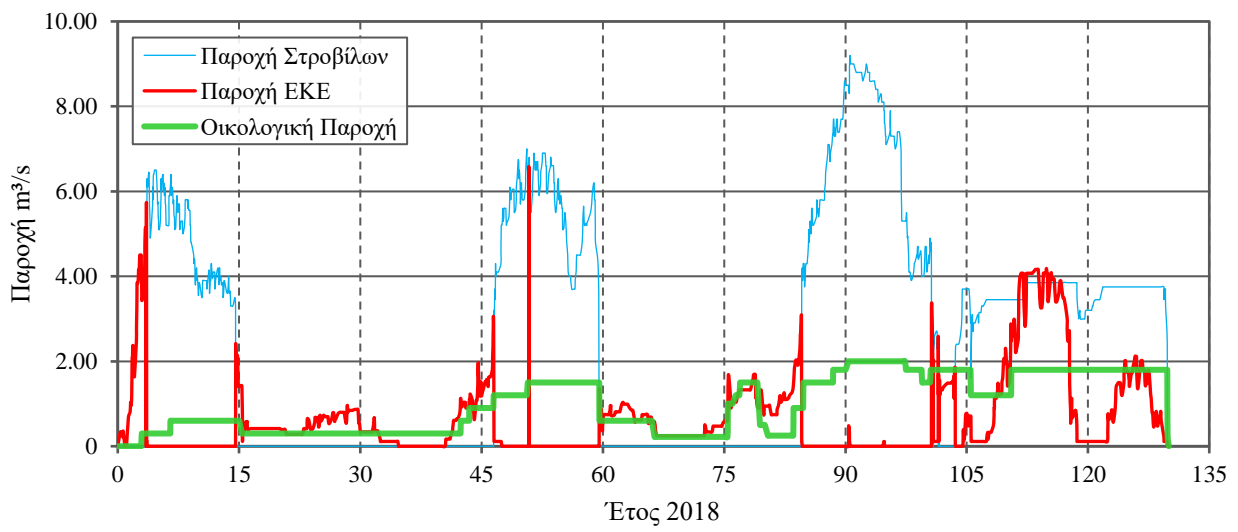
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΠΑΡΟΧΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ



Σχήμα Β.1: Παροχές από τα ημερολόγια λειτουργίας του σταθμού, 2012 έως 2014



Σχήμα Β.2: Παροχές από τα ημερολόγια λειτουργίας του σταθμού, 2015 έως 2017



Σχήμα Β.3: Παροχές από τα ημερολόγια λειτουργίας του σταθμού, 2018 έως 2020

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΠΟ ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΚΑΙ ΤΟΕΒ

Λειτουργία Σταθμού Σμόκοβο-1 από 2011 έως 2020				
Έτος	Παραγωγή Ενέργειας Σμόκοβο-1 (MW)	Αθροιστικός Όγκος Νερού από Διάταξη (hm ³)	Αθροιστικός Όγκος Νερού από Οικολογική (hm ³)	Αθροιστικός Συνολικός Όγκος Νερού (hm ³)
2011	9980	44.40	13.82	58.22
2012	9979	55.55	16.37	71.92
2013	10977	63.19	19.76	82.94
2014	7959	51.10	14.90	66.00
2015	5287	34.29	9.00	43.29
2016	6455	42.02	9.41	51.43
2017	5135	36.51	8.39	44.90
2018	4797	35.48	12.36	47.84
2019	10671	57.80	13.43	71.23
2020	8424	48.25	7.80	56.05

(Πηγή: Ντάφος, 2020)

Πίνακας Εισροών - Εκροών Ταμιευτήρα Σμοκόβου						
Έτος	Έναρξη υγρής περιόδου	Πέρασ υγρής περιόδου	Εισροές υγρής περιόδου (m ³)	Σύνολο εισροών (m ³)	Σύνολο εκροών (m ³)	Στάθμη πέρατος υγρής περιόδου (m)
2007	23/09/2006	27/04/2007	20669000	25659000	53752000	361.45
2008	21/10/2007	05/06/2008	14910000	18046000	33663000	355.40
2009	01/10/2008	03/06/2009	49814000	52214000	44191000	358.98
2010	01/09/2009	01/05/2010	102066000	103296000	60535000	368.35
2011	01/09/2010	16/05/2011	91029000	93189000	59931000	372.65
2012	01/09/2011	21/05/2012	69705000	71745000	75342000	374.20
2013	04/09/2012	12/04/2013	51550000	53725000	87630000	371.35
2014	01/09/2013	07/04/2014	25272000	27477000	65229000	362.65
2015	31/08/2014	26/04/2015	56630000	58662000	49541000	361.62
2016	25/08/2015	12/04/2016	39859000	41199000	54792000	360.35
2017	25/08/2016	24/04/2017	48480000	51555000	44270000	359.50
2018	24/08/2017	24/04/2018	72441000	75125000	47851000	364.55
2019	27/08/2018	30/04/2019	101036000	103416000	72670000	372.40
2020	31/08/2019	04/03/2020	12344000	-	-	364.20

(Πηγή: Σανούδος, 2020)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΜΥΗΣ ΣΜΟΚΟΒΟΥ

Έτος	Παραγωγή Ενέργειας Μονάδα 1 (MW)	Ώρες λειτουργίας Μονάδας 1:	Παραγωγή Ενέργειας Μονάδας 2 (MW)	Ώρες λειτουργίας Μονάδας 2:	Παραγωγή Ενέργειας Σμόκοβο-1 (MW)
2012	903	546:22	8840	1822:33	9744
2013	2065	1025:25	8881	1893:46	10946
2014	787	439:09	6900	1470:19	7687
2015	677	367:00	4599	1080:51	5276
2016	487	256:13	5906	1555:07	6393
2017	458	281:49	4525	1074:49	4982
2018	1891	838:57	3056	767:23	4947
2019	2174	845:30	8506	1735:43	10680
2020	1687	803:21	7353	1548:16	9040

Έτος	Παραγωγή Ενέργειας Μονάδα 3 (MW)	Παραγωγή Ενέργειας Μονάδα 4 (MW)	Παραγωγή Ενέργειας Σμόκοβο-2 (MW)	Παραγωγή Ενέργειας Σμόκοβο-4 (MW)	Συνολική Παραγωγή Ενέργειας Συστήματος (MW)
2012	3694	2704	6398	1713	17854
2013	4802	2607	7408	1948	20302
2014	3185	2316	5500	1477	14665
2015	2420	1413	3833	776	9885
2016	3017	2073	5090	1068	12551
2017	2232	1547	3779	746	9507
2018	2793	1295	4088	1210	10245
2019	4358	2480	6838	1600	19118
2020	3753	2188	5941	1579	16560

Έτος	Παροχή Στροβίλων m ³ /s			Παροχή ΕΚΕ m ³ /s			Οικολογική Παροχή m ³ /s		
	Ελάχιστη:	Μέση:	Μέγιστη:	Ελάχιστη:	Μέση:	Μέγιστη:	Ελάχιστη:	Μέση:	Μέγιστη:
2012	1.00	5.57	9.45	-	-	-	0.15	2.33	3.20
2013	1.16	5.39	8.80	-	-	-	0.25	1.61	3.80
2014	1.25	6.42	9.45	-	-	-	0.20	1.48	2.40
2015	1.40	5.74	9.40	0.01	0.67	9.36	0.15	1.37	2.60
2016	0.90	5.98	8.60	0.09	0.75	5.79	0.20	1.15	2.20
2017	0.95	6.01	8.50	0.06	0.53	8.10	0.14	0.95	1.90
2018	1.10	4.92	9.20	0.11	1.17	6.58	0.22	1.06	2.00
2019	1.60	5.59	9.20	0.06	0.54	8.21	0.30	1.39	2.20
2020	1.20	6.12	10.70	0.06	0.80	6.19	0.30	1.35	2.00

