



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



---

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΟΡΕΙΝΗΣ ΥΔΡΟΝΟΜΙΑΣ  
ΝΗΣΙΩΤΙΚΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ:  
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΑΧΕΡΩΝΑ ΛΕΣΒΟΥ

---

Διπλωματική εργασία του

Σωτηρίου Προβατά



Τριμελής Επιτροπή:

Βασίλειος Τσικριντζής, Καθηγητής Τομέα Έργων Υποδομής  
και Αγροτικής Ανάπτυξης

Ιωάννης Ναλμπάντης, Αναπληρωτής Καθηγητής Τομέα Έργων  
Υποδομής και Αγροτικής Ανάπτυξης

Χαρίλαος Βαγγέλης, Ε.Δι.Π. Τομέα Έργων Υποδομής και  
Αγροτικής Ανάπτυξης, Εργαστήριο  
Εγγειοβελτιωτικών Έργων και  
Διαχείρισης Υδατικών Πόρων

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2020

## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών: Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου» πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Τσιχριντζή Βασιλείου, στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με συνεξεταστές τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Ναλμπάντη Ιωάννη και το μέλος του Εργαστηριακού Διδακτικού Προσωπικού Δρ. Βαγγέλη Χαρίλαο. Παρότρυνση για την επιλογή του εν λόγω θέματος είναι η διάθεση συμβολής στην αντιπλημμυρική προστασία του οικισμού Καλλονής στη γενέθλιο νήσο Λέσβο.

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα πρώτα από όλα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Τσιχριντζή Βασίλειο, επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας για τις συμβουλές και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συνεξεταστές Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Ναλμπάντη Ιωάννη και το μέλος του Εργαστηριακού Διδακτικού Προσωπικού Δρ. Βαγγέλη Χαρίλαο για το ενδιαφέρον που μου έδειξαν από τα προηγούμενα ακαδημαϊκά εξάμηνα, έως το τέλος των σπουδών μου.

Κλείνοντας, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την πολύτιμη συμπαράσταση και ηθική υποστήριξη που μου πρόσφεραν. Στον πατέρα μου, οφείλω ευχαριστίες, ακόμη μία φορά, για τη συμβουλευτική του καθοδήγηση, αλλά και για τη διάθεση επιμέρους δεδομένων.

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	9
Abstract .....	9
1. Εισαγωγή.....	10
1.1 Σκοπός.....	10
2. Βιβλιογραφική επισκόπηση.....	11
2.1 Υδρογραφικά συστήματα .....	12
2.2 Κατάρτιση όμβριων καμπύλων.....	14
2.3 Μοναδιαίο υδρογράφημα .....	16
2.4 Περίσσειμα βροχής.....	18
3. Χρησιμοποιούμενα λογισμικά εργαλεία .....	19
3.1 Λογισμικά της Autodesk .....	19
3.1.1 Λογισμικό AutoCAD .....	19
3.1.2 Λογισμικό AutoCAD Raster Design .....	19
3.1.3 Λογισμικό Civil 3D .....	19
3.2 Λογισμικά της ESRI.....	19
3.2.1 Λογισμικό ArcMap.....	19
3.2.2 Επέκταση Arc Hydro Tools.....	19
3.2.3 Επέκταση HEC-GeoHMS .....	20
3.3 Λογισμικό HEC-HMS.....	20
3.4 Λογισμικό vbClisi.....	21
3.5 Λογισμικό Diarrus.....	24
3.6 Λογισμικό FrgBarus .....	25
3.7 Λογισμικό Torrential-MIK .....	27
4. Περιοχή Μελέτης-Υδατόρεμα Αχερώνας.....	29
4.1 Ιστορικές πλημμύρες κατάντη της λεκάνης .....	31
5. Μεθοδολογία.....	34
5.1 Επεξεργασία στο AutoCAD Raster Design .....	34
5.2 Επεξεργασία στο AutoCAD .....	40
5.3 Επεξεργασία στο Civil 3D .....	44
5.4 Επεξεργασία στο Arc Hydro Tools εντός ArcMap .....	47
5.4.1 Προεπεξεργασία ανάγλυφου .....	47
5.4.2 Επεξεργασία υπολεκανών απορροής.....	53
5.5 Επεξεργασία στο HEC-GeoHMS εντός ArcMap.....	55
5.5.1 Διαμόρφωση έργου .....	55
5.5.2 Επεξεργασία λεκανών.....	55
5.5.3 Χαρακτηριστικά .....	59
5.5.4 Παράμετροι.....	69
5.5.5 Προετοιμασία HMS.....	83
5.6 Επεξεργασία στο HEC-HMS .....	86
5.6.1 Μοντέλο υπολεκανών .....	86
5.6.2 Μετεωρολογικό μοντέλο.....	88
5.6.3 Παράμετροι εισόδου .....	90
5.6.4 Αποτελέσματα αρχικής εκτέλεσης του HEC-HMS .....	91
6. Αποτελέσματα .....	95
6.1 Πρώτο φράγμα .....	95
6.1.1 Επεξεργασία στο λογισμικό vbClisi.....	95
6.1.2 Επεξεργασία στο λογισμικό Diarrus .....	96
6.1.3 Επεξεργασία στο λογισμικό Torrential-MIK.....	98
6.1.4 Επεξεργασία στο λογισμικό FrgBarus.....	98
6.1.5 Σχεδιασμός πρώτου φράγματος.....	108



6.1.6 Εκτίμηση παροχής κατάντη.....	114
6.2 Δεύτερο φράγμα .....	121
6.2.1 Επεξεργασία στο λογισμικό vbClisi.....	121
6.2.2 Επεξεργασία στο λογισμικό Diarrus .....	122
6.2.3 Επεξεργασία στο λογισμικό Torrential-MIK.....	123
6.2.4 Επεξεργασία στο λογισμικό FrgBarus.....	124
6.2.5 Σχεδιασμός δευτέρου φράγματος .....	132
6.2.6 Εκτίμηση παροχής κατάντη.....	137
6.3 Τρίτο φράγμα .....	144
6.3.1 Επεξεργασία στο λογισμικό vbClisi.....	144
6.3.2 Επεξεργασία στο λογισμικό Diarrus .....	145
6.3.3 Επεξεργασία στο λογισμικό Torrential-MIK.....	146
6.3.4 Επεξεργασία στο λογισμικό FrgBarus.....	147
6.3.5 Σχεδιασμός τρίτου φράγματος.....	155
6.3.6 Εκτίμηση παροχής κατάντη.....	161
6.4 Τέταρτο φράγμα .....	168
6.4.1 Επεξεργασία στο λογισμικό vbClisi.....	168
6.4.2 Επεξεργασία στο λογισμικό Diarrus .....	169
6.4.3 Επεξεργασία στο λογισμικό Torrential-MIK.....	170
6.4.4 Επεξεργασία στο λογισμικό FrgBarus.....	171
6.4.5 Σχεδιασμός τέταρτου φράγματος .....	179
6.4.6 Εκτίμηση παροχής κατάντη.....	184
6.5 Πέμπτο φράγμα.....	191
6.5.1 Επεξεργασία στο λογισμικό vbClisi.....	191
6.5.2 Επεξεργασία στο λογισμικό Diarrus .....	192
6.5.3 Επεξεργασία στο λογισμικό Torrential-MIK.....	193
6.5.4 Επεξεργασία στο λογισμικό FrgBarus.....	194
6.5.5 Σχεδιασμός πέμπτου φράγματος .....	202
6.5.6 Εκτίμηση παροχής κατάντη.....	207
6.6 Πρώτο ξυλόφραγμα.....	214
6.6.1 Στατικός έλεγχος ευστάθειας ξυλοφραγμάτων .....	214
6.6.2 Σχεδιασμός πρώτου ξυλοφράγματος .....	215
6.7 Δεύτερο ξυλόφραγμα.....	221
6.7.1 Σχεδιασμός δευτέρου ξυλοφράγματος .....	222
6.8 Τρίτο ξυλόφραγμα .....	227
6.8.1 Σχεδιασμός τρίτου ξυλοφράγματος .....	228
6.9 Φυσικές συγκεντρώσεις νερού σε λιμνία.....	230
7. Στοιχεία έργων ορεινής υδρονομίας.....	231
7.1 Συγκεντρωτικά στοιχεία.....	231
7.2 Προμέτρηση και κοστολόγηση έργων.....	234
7.2.1 Χωματοουργικά.....	234
7.2.2 Τεχνικά έργα.....	236
7.2.3 Σήμανση και ασφάλεια .....	241
7.2.4 Ξυλοφράγματα .....	241
8. Συμπεράσματα-Συζήτηση.....	252
9. Βιβλιογραφία .....	254

## Ευρετήριο εικόνων

<b>Εικόνα 2.1:</b> Όμβριες καμπύλες σταθμού Κεράμι Καλλονής.....	16
<b>Εικόνα 2.2:</b> Τριγωνικό υδρογράφημα της μεθόδου SCS (Λουκάς, 2015).....	18

<b>Εικόνα 4.1:</b> Λεκάνες απορροής της Λέσβου (Λέκκας, 2017).....	29
<b>Εικόνα 4.2:</b> Οικισμοί και υψώματα της λεκάνης απορροής Αχερώνα.....	31
<b>Εικόνα 5.1:</b> Μέσο τετραγωνικό σφάλμα για το φύλλο 5629_2 .....	35
<b>Εικόνα 5.2:</b> Μέσο τετραγωνικό σφάλμα για το φύλλο 5629_4 .....	36
<b>Εικόνα 5.3:</b> Μέσο τετραγωνικό σφάλμα για το φύλλο 5629_6 .....	37
<b>Εικόνα 5.4:</b> Μέσο τετραγωνικό σφάλμα για το φύλλο 5720_3 .....	38
<b>Εικόνα 5.5:</b> Μέσο τετραγωνικό σφάλμα για το φύλλο 5720_5 .....	39
<b>Εικόνα 5.6:</b> Γεωαναφερμένα φύλλα ΓΥΣ της λεκάνης του Αχερώνα.....	40
<b>Εικόνα 5.7:</b> Ψηφιοποίηση του υδατορέματος Αχερώνα .....	41
<b>Εικόνα 5.8:</b> Ψηφιοποίηση του υδροκρίτη της λεκάνης απορροής.....	42
<b>Εικόνα 5.9:</b> Ψηφιοποιημένες ισοϋψείς της λεκάνης του Αχερώνα .....	43
<b>Εικόνα 5.10:</b> Η λεκάνη απορροής σε υπόβαθρο ορθοφωτοχαρτών .....	44
<b>Εικόνα 5.11:</b> Ψηφιοποίηση βοηθητικών σημείων από τα φύλλα ΓΥΣ.....	45
<b>Εικόνα 5.12:</b> Τρισδιάστατο δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων της λεκάνης.....	46
<b>Εικόνα 5.13:</b> Τρισδιάστατο μοντέλο εδάφους της λεκάνης απορροής .....	48
<b>Εικόνα 5.14:</b> Αναπαράσταση του αλγορίθμου κατεύθυνσης ροής.....	49
<b>Εικόνα 5.15:</b> Αναπαράσταση της κατεύθυνσης ροής του νερού.....	50
<b>Εικόνα 5.16:</b> Οι αρχικές δημιουργημένες υπολεκάνες .....	52
<b>Εικόνα 5.17:</b> Δημιουργία κύριων κλάδων μέσω Arc Hydro Tools .....	54
<b>Εικόνα 5.18:</b> Ποσοστιαία μεταβολή των κλίσεων .....	56
<b>Εικόνα 5.19:</b> Συνένωση των αρχικών δημιουργημένων υπολεκανών .....	58
<b>Εικόνα 5.20:</b> Μέγιστη διαδρομή ροής για κάθε υπολεκάνη .....	64
<b>Εικόνα 5.21:</b> Δημιουργία κεντροβαρικού σημείου για κάθε υπολεκάνη .....	66
<b>Εικόνα 5.22:</b> Μέγιστη διαδρομή ροής για κάθε κεντροβαρικό σημείο .....	68
<b>Εικόνα 5.23:</b> Μέσο τετραγωνικό σφάλμα για τον εδαφολογικό χάρτη .....	73
<b>Εικόνα 5.24:</b> Λεκάνη απορροής Αχερώνα επί του εδαφολογικού χάρτη .....	74
<b>Εικόνα 5.25:</b> Υπόμνημα του εδαφολογικού χάρτη .....	74
<b>Εικόνα 5.26:</b> Κυρίαρχος εδαφικός τύπος για κάθε υπολεκάνη .....	75
<b>Εικόνα 5.27:</b> Μέσο τετραγωνικό σφάλμα για το χάρτη χρήσεων γης.....	76
<b>Εικόνα 5.28:</b> Λεκάνη απορροής Αχερώνα επί του χάρτη χρήσεων γης .....	77
<b>Εικόνα 5.29:</b> Υπόμνημα του χάρτη χρήσεων γης .....	78
<b>Εικόνα 5.30:</b> Κυρίαρχη χρήση γης για κάθε υπολεκάνη .....	79
<b>Εικόνα 5.31:</b> Επιλεγμένοι αριθμοί καμπύλης για κάθε υπολεκάνη .....	81
<b>Εικόνα 5.32:</b> Θέσεις και γραμμές σύνδεσης κόμβων και υπολεκανών .....	85
<b>Εικόνα 5.33:</b> Μέθοδος SCS για την εκτίμηση των απωλειών .....	86
<b>Εικόνα 5.34:</b> Αδιάστατο υδρογράφημα της μεθόδου SCS .....	87
<b>Εικόνα 6.1:</b> Απεικόνιση τραπεζοειδούς διάρρου πρώτου φράγματος.....	97
<b>Εικόνα 6.2:</b> Απεικόνιση ορθογωνικού διάρρου πρώτου φράγματος.....	98
<b>Εικόνα 6.3:</b> Δυνάμεις που ενεργούν στο φράγμα (Καπετανόπουλος, 2003) ...	101
<b>Εικόνα 6.4:</b> Αύωση και λοιπές ασκούμενες δυνάμεις στο φράγμα.....	105
<b>Εικόνα 6.5:</b> Προτεινόμενη θέση κατασκευής πρώτου φράγματος .....	109
<b>Εικόνα 6.6:</b> Προτεινόμενη πρόσβαση για το πρώτο φράγμα.....	110
<b>Εικόνα 6.7:</b> Πρόσοψη πρώτου φράγματος από σκυρόδεμα .....	111
<b>Εικόνα 6.8:</b> Τομή πρώτου φράγματος από σκυρόδεμα .....	112
<b>Εικόνα 6.9:</b> Πρόσοψη πρώτου φράγματος από συρματόπλεκτα κιβώτια.....	113
<b>Εικόνα 6.10:</b> Τομή πρώτου φράγματος από συρματόπλεκτα κιβώτια.....	114
<b>Εικόνα 6.11:</b> Λεκάνη κατάκλυσης πρώτου φράγματος .....	115
<b>Εικόνα 6.12:</b> Απεικόνιση τραπεζοειδούς διάρρου δεύτερου φράγματος .....	123
<b>Εικόνα 6.13:</b> Απεικόνιση ορθογωνικού διάρρου δεύτερου φράγματος.....	123

<b>Εικόνα 6.14:</b>	Τεχνητή πρόσχωση και κατανομές της ώθησης γαιών.....	125
<b>Εικόνα 6.15:</b>	Βαθμιδωτός αρμός για αύξηση του συντελεστή ολίσθησης.....	128
<b>Εικόνα 6.16:</b>	Προτεινόμενη θέση κατασκευής δεύτερου φράγματος.....	132
<b>Εικόνα 6.17:</b>	Προτεινόμενη πρόσβαση για το δεύτερο φράγμα.....	133
<b>Εικόνα 6.18:</b>	Πρόσοψη δεύτερου φράγματος από σκυρόδεμα.....	134
<b>Εικόνα 6.19:</b>	Τομή δεύτερου φράγματος από σκυρόδεμα.....	135
<b>Εικόνα 6.20:</b>	Πρόσοψη δεύτερου φράγματος από συρματόπλεκτα κιβώτια....	136
<b>Εικόνα 6.21:</b>	Τομή δεύτερου φράγματος από συρματόπλεκτα κιβώτια.....	137
<b>Εικόνα 6.22:</b>	Λεκάνη κατάκλισης δεύτερου φράγματος.....	138
<b>Εικόνα 6.23:</b>	Απεικόνιση τραπεζοειδούς διάρρου τρίτου φράγματος.....	146
<b>Εικόνα 6.24:</b>	Απεικόνιση ορθογωνικού διάρρου τρίτου φράγματος.....	146
<b>Εικόνα 6.25:</b>	Γείσος, ποδιά και βαθμίδες φράγματος.....	148
<b>Εικόνα 6.26:</b>	Τραπεζοειδής και τριγωνική πίεση ανάντη του φράγματος.....	152
<b>Εικόνα 6.27:</b>	Προτεινόμενη θέση κατασκευής τρίτου φράγματος.....	156
<b>Εικόνα 6.28:</b>	Προτεινόμενη πρόσβαση για το τρίτο φράγμα.....	157
<b>Εικόνα 6.29:</b>	Πρόσοψη τρίτου φράγματος από σκυρόδεμα.....	158
<b>Εικόνα 6.30:</b>	Τομή τρίτου φράγματος από σκυρόδεμα.....	159
<b>Εικόνα 6.31:</b>	Πρόσοψη τρίτου φράγματος από συρματόπλεκτα κιβώτια.....	160
<b>Εικόνα 6.32:</b>	Τομή τρίτου φράγματος από συρματόπλεκτα κιβώτια.....	161
<b>Εικόνα 6.33:</b>	Λεκάνη κατάκλισης τρίτου φράγματος.....	162
<b>Εικόνα 6.34:</b>	Απεικόνιση τραπεζοειδούς διάρρου τέταρτου φράγματος.....	170
<b>Εικόνα 6.35:</b>	Απεικόνιση ορθογωνικού διάρρου τέταρτου φράγματος.....	170
<b>Εικόνα 6.36:</b>	Οριζόντια πίεση ύδατος κατάντη ελεύθερου εκχειλιστή.....	172
<b>Εικόνα 6.37:</b>	Κατακόρυφη πίεση ύδατος κατάντη ελεύθερου εκχειλιστή.....	175
<b>Εικόνα 6.38:</b>	Προτεινόμενη θέση κατασκευής τέταρτου φράγματος.....	179
<b>Εικόνα 6.39:</b>	Προτεινόμενη πρόσβαση για το τέταρτο φράγμα.....	180
<b>Εικόνα 6.40:</b>	Πρόσοψη τέταρτου φράγματος από σκυρόδεμα.....	181
<b>Εικόνα 6.41:</b>	Τομή τέταρτου φράγματος από σκυρόδεμα.....	182
<b>Εικόνα 6.42:</b>	Πρόσοψη τέταρτου φράγματος από συρματόπλεκτα κιβώτια.....	183
<b>Εικόνα 6.43:</b>	Τομή τέταρτου φράγματος από συρματόπλεκτα κιβώτια.....	184
<b>Εικόνα 6.44:</b>	Λεκάνη κατάκλισης τέταρτου φράγματος.....	185
<b>Εικόνα 6.45:</b>	Απεικόνιση τραπεζοειδούς διάρρου πέμπτου φράγματος.....	193
<b>Εικόνα 6.46:</b>	Απεικόνιση ορθογωνικού διάρρου πέμπτου φράγματος.....	193
<b>Εικόνα 6.47:</b>	Λεπτομέρεια ποδιάς φράγματος (Καπετανόπουλος, 2003).....	195
<b>Εικόνα 6.48:</b>	Λεπτομέρεια γείσου φράγματος (Καπετανόπουλος, 2003).....	198
<b>Εικόνα 6.49:</b>	Προτεινόμενη θέση κατασκευής πέμπτου φράγματος.....	202
<b>Εικόνα 6.50:</b>	Προτεινόμενη πρόσβαση για το πέμπτο φράγμα.....	203
<b>Εικόνα 6.51:</b>	Πρόσοψη πέμπτου φράγματος από σκυρόδεμα.....	204
<b>Εικόνα 6.52:</b>	Τομή πέμπτου φράγματος από σκυρόδεμα.....	205
<b>Εικόνα 6.53:</b>	Πρόσοψη πέμπτου φράγματος από συρματόπλεκτα κιβώτια.....	206
<b>Εικόνα 6.54:</b>	Τομή πέμπτου φράγματος από συρματόπλεκτα κιβώτια.....	207
<b>Εικόνα 6.55:</b>	Λεκάνη κατάκλισης πέμπτου φράγματος.....	208
<b>Εικόνα 6.56:</b>	Προτεινόμενη θέση κατασκευής πρώτου ξυλοφράγματος.....	216
<b>Εικόνα 6.57:</b>	Προτεινόμενη πρόσβαση για το πρώτο ξυλόφραγμα.....	217
<b>Εικόνα 6.58:</b>	Πρόσοψη πρώτου ξυλοφράγματος.....	218
<b>Εικόνα 6.59:</b>	Τομή πρώτου ξυλοφράγματος.....	220
<b>Εικόνα 6.60:</b>	Προτεινόμενη θέση κατασκευής δεύτερου ξυλοφράγματος.....	221
<b>Εικόνα 6.61:</b>	Προτεινόμενη πρόσβαση για το δεύτερο ξυλόφραγμα.....	222
<b>Εικόνα 6.62:</b>	Πρόσοψη δεύτερου ξυλοφράγματος.....	223
<b>Εικόνα 6.63:</b>	Τομή δεύτερου ξυλοφράγματος.....	226
<b>Εικόνα 6.64:</b>	Προτεινόμενη θέση κατασκευής τρίτου ξυλοφράγματος.....	227



<b>Εικόνα 6.65:</b> Προτεινόμενη πρόσβαση για το τρίτο ξυλόφραγμα .....	228
<b>Εικόνα 6.66:</b> Πρόσοψη τρίτου ξυλοφράγματος .....	229
<b>Εικόνα 6.67:</b> Θέσεις ύπαρξης μικρών λιμνιών.....	230
<b>Εικόνα 7.1:</b> Τυπική πρόσοψη φράγματος.....	232
<b>Εικόνα 7.2:</b> Τυπική τομή φράγματος.....	233

## Ευρετήριο πινάκων

<b>Πίνακας 5.1:</b> Συντεταγμένες Hatt των γωνιών του φύλλου 5629_2.....	34
<b>Πίνακας 5.2:</b> Συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87 των γωνιών του φύλλου 5629_2.....	34
<b>Πίνακας 5.3:</b> Συντεταγμένες Hatt των γωνιών του φύλλου 5629_4.....	35
<b>Πίνακας 5.4:</b> Συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87 των γωνιών του φύλλου 5629_4.....	35
<b>Πίνακας 5.5:</b> Συντεταγμένες Hatt των γωνιών του φύλλου 5629_6.....	36
<b>Πίνακας 5.6:</b> Συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87 των γωνιών του φύλλου 5629_6.....	36
<b>Πίνακας 5.7:</b> Συντεταγμένες Hatt των γωνιών του φύλλου 5720_3.....	37
<b>Πίνακας 5.8:</b> Συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87 των γωνιών του φύλλου 5720_3.....	37
<b>Πίνακας 5.9:</b> Συντεταγμένες Hatt των γωνιών του φύλλου 5720_5.....	38
<b>Πίνακας 5.10:</b> Συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87 των γωνιών του φύλλου 5720_5.....	38
<b>Πίνακας 5.11:</b> Στατιστικά χαρακτηριστικά της λεκάνης του Αχερώνα.....	46
<b>Πίνακας 5.12:</b> Μήκος των κύριων κλάδων .....	59
<b>Πίνακας 5.13:</b> Κλίση των κύριων κλάδων.....	60
<b>Πίνακας 5.14:</b> Μέση κλίση των υπολεκανών.....	62
<b>Πίνακας 5.15:</b> Μήκος μέγιστης διαδρομής ροής .....	65
<b>Πίνακας 5.16:</b> Ενημέρωση υψομέτρου για κάθε κεντροβαρικό σημείο .....	67
<b>Πίνακας 5.17:</b> Μέθοδοι απωλειών και μετατροπής άμεσης απορροής.....	69
<b>Πίνακας 5.18:</b> Κωδικοποίηση των κύριων κλάδων.....	70
<b>Πίνακας 5.19:</b> Κωδικοποίηση των υπολεκανών .....	71
<b>Πίνακας 5.20:</b> Ομαδοποίηση του αριθμού καμπύλης .....	80
<b>Πίνακας 5.21:</b> Αριθμός καμπύλης κάθε υπολεκάνης .....	82
<b>Πίνακας 5.22:</b> Χρόνος υστέρησης κάθε υπολεκάνης .....	83
<b>Πίνακας 5.23:</b> Συμπλήρωση των απαραίτητων πεδίων των υπολεκανών .....	87
<b>Πίνακας 5.24:</b> Παράμετροι όμβριας καμπύλης σταθμού Κεράμι.....	89
<b>Πίνακας 5.25:</b> Ένταση βροχόπτωσης με βάση τη χρονική διάρκεια.....	89
<b>Πίνακας 5.26:</b> Ύψος βροχόπτωσης με βάση τη χρονική διάρκεια.....	90
<b>Πίνακας 5.27:</b> Παράμετροι εισόδου στο μοντέλο υπολεκανών .....	90
<b>Πίνακας 5.28:</b> Παράμετροι εισόδου στο μετεωρολογικό μοντέλο .....	91
<b>Πίνακας 5.29:</b> Παράμετροι εισόδου στις καμπύλες στάθμης-αποθήκευσης.....	91
<b>Πίνακας 5.30:</b> Παράμετροι εισόδου στο αρχείο ελέγχου.....	91
<b>Πίνακας 5.31:</b> Αρχική εκτίμηση παροχών αιχμής .....	92
<b>Πίνακας 6.1:</b> Στοιχεία κοίτης πρώτου φράγματος.....	96
<b>Πίνακας 6.2:</b> Υδραυλικά στοιχεία κοίτης πρώτου φράγματος.....	96
<b>Πίνακας 6.3:</b> Δεδομένα διάρρου πρώτου φράγματος .....	97
<b>Πίνακας 6.4:</b> Χαρακτηριστικά πρώτου τραπεζοειδούς διάρρου .....	97
<b>Πίνακας 6.5:</b> Χαρακτηριστικά πρώτου ορθογωνικού διάρρου .....	97
<b>Πίνακας 6.6:</b> Στοιχεία διατομής πρώτου φράγματος .....	98
<b>Πίνακας 6.7:</b> Υδραυλικά στοιχεία διατομής πρώτου φράγματος .....	98
<b>Πίνακας 6.8:</b> Συνήθη υλικά δομής φραγμάτων .....	99
<b>Πίνακας 6.9:</b> Συνήθη εδάφη έδρασης φραγμάτων .....	99
<b>Πίνακας 6.10:</b> Συνήθεις τιμές κλίσης στο κατάντες μέτωπο φραγμάτων .....	100
<b>Πίνακας 6.11:</b> Χαρακτηριστικά πρώτου φράγματος .....	111



<b>Πίνακας 6.12:</b>	Υποσκαφή πρώτου φράγματος.....	112
<b>Πίνακας 6.13:</b>	Δεδομένα στάθμης-αποθήκευσης πρώτου φράγματος.....	115
<b>Πίνακας 6.14:</b>	Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή πρώτου φράγματος.....	116
<b>Πίνακας 6.15:</b>	Εκτίμηση παροχών αιχμής λόγω πρώτου ταμιευτήρα.....	116
<b>Πίνακας 6.16:</b>	Εκτίμηση παροχών αιχμής κατάντη πρώτου φράγματος.....	119
<b>Πίνακας 6.17:</b>	Στοιχεία κοίτης δεύτερου φράγματος.....	121
<b>Πίνακας 6.18:</b>	Υδραυλικά στοιχεία κοίτης δεύτερου φράγματος.....	121
<b>Πίνακας 6.19:</b>	Δεδομένα διάρρου δεύτερου φράγματος.....	122
<b>Πίνακας 6.20:</b>	Χαρακτηριστικά δεύτερου τραπεζοειδούς διάρρου.....	122
<b>Πίνακας 6.21:</b>	Χαρακτηριστικά δεύτερου ορθογωνικού διάρρου.....	123
<b>Πίνακας 6.22:</b>	Στοιχεία διατομής δεύτερου φράγματος.....	123
<b>Πίνακας 6.23:</b>	Υδραυλικά στοιχεία διατομής δεύτερου φράγματος.....	124
<b>Πίνακας 6.24:</b>	Χαρακτηριστικά δεύτερου φράγματος.....	134
<b>Πίνακας 6.25:</b>	Υποσκαφή δεύτερου φράγματος.....	135
<b>Πίνακας 6.26:</b>	Δεδομένα στάθμης-αποθήκευσης δεύτερου φράγματος.....	138
<b>Πίνακας 6.27:</b>	Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή δεύτερου φράγματος.....	139
<b>Πίνακας 6.28:</b>	Εκτίμηση παροχών αιχμής λόγω δεύτερου ταμιευτήρα.....	139
<b>Πίνακας 6.29:</b>	Εκτίμηση παροχών αιχμής κατάντη δεύτερου φράγματος.....	141
<b>Πίνακας 6.30:</b>	Στοιχεία κοίτης τρίτου φράγματος.....	144
<b>Πίνακας 6.31:</b>	Υδραυλικά στοιχεία κοίτης τρίτου φράγματος.....	144
<b>Πίνακας 6.32:</b>	Δεδομένα διάρρου τρίτου φράγματος.....	145
<b>Πίνακας 6.33:</b>	Χαρακτηριστικά τρίτου τραπεζοειδούς διάρρου.....	145
<b>Πίνακας 6.34:</b>	Χαρακτηριστικά τρίτου ορθογωνικού διάρρου.....	146
<b>Πίνακας 6.35:</b>	Στοιχεία διατομής τρίτου φράγματος.....	146
<b>Πίνακας 6.36:</b>	Υδραυλικά στοιχεία διατομής τρίτου φράγματος.....	147
<b>Πίνακας 6.37:</b>	Χαρακτηριστικά τρίτου φράγματος από σκυρόδεμα.....	158
<b>Πίνακας 6.38:</b>	Υποσκαφή τρίτου φράγματος από σκυρόδεμα.....	159
<b>Πίνακας 6.39:</b>	Υποσκαφή τρίτου φράγματος από συρματοκιβώτια.....	160
<b>Πίνακας 6.40:</b>	Δεδομένα στάθμης-αποθήκευσης τρίτου φράγματος.....	162
<b>Πίνακας 6.41:</b>	Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή τρίτου φράγματος.....	163
<b>Πίνακας 6.42:</b>	Εκτίμηση παροχών αιχμής λόγω τρίτου ταμιευτήρα.....	163
<b>Πίνακας 6.43:</b>	Εκτίμηση παροχών αιχμής κατάντη τρίτου φράγματος.....	166
<b>Πίνακας 6.44:</b>	Στοιχεία κοίτης τέταρτου φράγματος.....	168
<b>Πίνακας 6.45:</b>	Υδραυλικά στοιχεία κοίτης τέταρτου φράγματος.....	168
<b>Πίνακας 6.46:</b>	Δεδομένα διάρρου τέταρτου φράγματος.....	169
<b>Πίνακας 6.47:</b>	Χαρακτηριστικά τέταρτου τραπεζοειδούς διάρρου.....	169
<b>Πίνακας 6.48:</b>	Χαρακτηριστικά τέταρτου ορθογωνικού διάρρου.....	170
<b>Πίνακας 6.49:</b>	Στοιχεία διατομής τέταρτου φράγματος.....	170
<b>Πίνακας 6.50:</b>	Υδραυλικά στοιχεία διατομής τέταρτου φράγματος.....	171
<b>Πίνακας 6.51:</b>	Χαρακτηριστικά τέταρτου φράγματος από σκυρόδεμα.....	181
<b>Πίνακας 6.52:</b>	Υποσκαφή τέταρτου φράγματος από σκυρόδεμα.....	182
<b>Πίνακας 6.53:</b>	Υποσκαφή τέταρτου φράγματος από συρματοκιβώτια.....	183
<b>Πίνακας 6.54:</b>	Δεδομένα στάθμης-αποθήκευσης τέταρτου φράγματος.....	185
<b>Πίνακας 6.55:</b>	Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή τέταρτου φράγματος.....	186
<b>Πίνακας 6.56:</b>	Εκτίμηση παροχών αιχμής λόγω τέταρτου ταμιευτήρα.....	186
<b>Πίνακας 6.57:</b>	Εκτίμηση παροχών αιχμής κατάντη τέταρτου φράγματος.....	189
<b>Πίνακας 6.58:</b>	Στοιχεία κοίτης πέμπτου φράγματος.....	191
<b>Πίνακας 6.59:</b>	Υδραυλικά στοιχεία κοίτης πέμπτου φράγματος.....	191
<b>Πίνακας 6.60:</b>	Δεδομένα διάρρου πέμπτου φράγματος.....	192
<b>Πίνακας 6.61:</b>	Χαρακτηριστικά πέμπτου τραπεζοειδούς διάρρου.....	192
<b>Πίνακας 6.62:</b>	Χαρακτηριστικά πέμπτου ορθογωνικού διάρρου.....	193



<b>Πίνακας 6.63:</b>	Στοιχεία διατομής πέμπτου φράγματος.....	193
<b>Πίνακας 6.64:</b>	Υδραυλικά στοιχεία διατομής πέμπτου φράγματος.....	194
<b>Πίνακας 6.65:</b>	Χαρακτηριστικά πέμπτου φράγματος.....	204
<b>Πίνακας 6.66:</b>	Υποσκαφή πέμπτου φράγματος.....	205
<b>Πίνακας 6.67:</b>	Δεδομένα στάθμης-αποθήκευσης πέμπτου φράγματος.....	208
<b>Πίνακας 6.68:</b>	Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή πέμπτου φράγματος.....	209
<b>Πίνακας 6.69:</b>	Εκτίμηση παροχών αιχμής λόγω πέμπτου ταμιευτήρα.....	209
<b>Πίνακας 6.70:</b>	Εκτίμηση παροχών αιχμής κατάντη πέμπτου φράγματος.....	212
<b>Πίνακας 6.71:</b>	Στοιχεία διατομής πρώτου ξυλοφράγματος.....	218
<b>Πίνακας 6.72:</b>	Υδραυλικά στοιχεία διατομής πρώτου ξυλοφράγματος.....	219
<b>Πίνακας 6.73:</b>	Χαρακτηριστικά πρώτου ξυλοφράγματος.....	219
<b>Πίνακας 6.74:</b>	Υποσκαφή πρώτου ξυλοφράγματος.....	219
<b>Πίνακας 6.75:</b>	Στοιχεία κοίτης δεύτερου ξυλοφράγματος.....	223
<b>Πίνακας 6.76:</b>	Υδραυλικά στοιχεία κοίτης δεύτερου ξυλοφράγματος.....	224
<b>Πίνακας 6.77:</b>	Στοιχεία διατομής δεύτερου ξυλοφράγματος.....	224
<b>Πίνακας 6.78:</b>	Υδραυλικά στοιχεία διατομής δεύτερου ξυλοφράγματος.....	225
<b>Πίνακας 6.79:</b>	Χαρακτηριστικά δεύτερου ξυλοφράγματος.....	225
<b>Πίνακας 6.80:</b>	Υποσκαφή δεύτερου ξυλοφράγματος.....	225
<b>Πίνακας 7.1:</b>	Υδραυλικά χαρακτηριστικά φραγμάτων.....	231
<b>Πίνακας 7.2:</b>	Χαρακτηριστικά φραγμάτων από σκυρόδεμα.....	232
<b>Πίνακας 7.3:</b>	Χαρακτηριστικά φραγμάτων από συρματοπλεκτα κιβώτια.....	233
<b>Πίνακας 7.4:</b>	Υδραυλικά χαρακτηριστικά ξυλοφραγμάτων.....	234
<b>Πίνακας 7.5:</b>	Χαρακτηριστικά ξυλοφραγμάτων.....	234
<b>Πίνακας 7.6:</b>	Στοιχεία τομών για φράγματα από σκυρόδεμα.....	237
<b>Πίνακας 7.7:</b>	Όγκος από τομές φραγμάτων με σκυρόδεμα.....	237
<b>Πίνακας 7.8:</b>	Στοιχεία προσόψεων για φράγματα από σκυρόδεμα.....	237
<b>Πίνακας 7.9:</b>	Όγκος από προσόψεις φραγμάτων με σκυρόδεμα.....	238
<b>Πίνακας 7.10:</b>	Στοιχεία τομών για φράγματα από συρματοκιβώτια.....	238
<b>Πίνακας 7.11:</b>	Όγκος από τομές φραγμάτων με συρματοκιβώτια.....	238
<b>Πίνακας 7.12:</b>	Στοιχεία προσόψεων για φράγματα από συρματοκιβώτια.....	238
<b>Πίνακας 7.13:</b>	Όγκος από προσόψεις φραγμάτων με συρματοκιβώτια.....	239
<b>Πίνακας 7.14:</b>	Εκτιμημένα μήκη πασσάλων των ξυλοφραγμάτων.....	241
<b>Πίνακας 7.15:</b>	Όγκοι ξυλείας και κατάντη λιθεπένδυσης.....	242
<b>Πίνακας 7.16:</b>	Κοστολόγηση πρώτου σεναρίου με φράγματα από σκυρόδεμα και ξυλοφράγματα.....	244
<b>Πίνακας 7.17:</b>	Κοστολόγηση δεύτερου σεναρίου με φράγματα από συρματοκιβώτια και ξυλοφράγματα.....	248

## Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί αύξηση της συχνότητας των πλημμυρικών φαινομένων εντός της κωμόπολης της Καλλονής. Κύριος λόγος αποτελεί η ανεπαρκής διατομή του επικαλυμμένου τμήματος του υδατορέματος Αχερώνα, που διασχίζει το κέντρο της Καλλονής. Βάσει αυτού του προβλήματος, η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην τεχνική αντιμετώπιση των πλημμυρών, με έλεγχο της παροχής αιχμής στο ορεινό τμήμα της λεκάνης απορροής. Μέσω του υδρολογικού μοντέλου HEC-HMS, εκτιμήθηκε η μέγιστη παροχή πενήτηκονταετίας, για πιθανή διάρκεια βροχόπτωσης δώδεκα ωρών, στις θέσεις συμβολών των κύριων μισογαγγιών του υδατορέματος. Στη συνέχεια, από εξέταση του ψηφιοποιημένου ανάγλυφου της λεκάνης απορροής και της εκτιμημένης υδατοστερεοπαροχής (άθροισμα υδατοπαροχής και στερεοπαροχής) επιλέχθηκαν οι θέσεις κατασκευής πέντε φραγμάτων από σκυρόδεμα ή εναλλακτικά από συρματοπλέκτα κιβώτια και τριών ξυλοφραγμάτων σε στενώσεις της κοίτης. Για κάθε προτεινόμενη θέση υπολογίστηκε η κλίση αντιστάθμισης, ο βέλτιστος διάρρους και στη συνέχεια έγινε έλεγχος ευστάθειας και σχεδιασμός της πρόσοψης και τομής κάθε έργου. Στο τέλος, πραγματοποιήθηκε προμέτρηση και κοστολόγηση των δύο εναλλακτικών σεναρίων, με στόχο την επιλογή της οικονομικότερης και περιβαλλοντικά φιλικότερης.

**Λέξεις κλειδιά:** HEC-HMS, HEC-GeoHMS, SCS, συρματοκιβώτια, ξυλοφράγματα

## Abstract

In recent years there has been an increase in the frequency of floods within the town of Kalloni. Main reason is the insufficient cross section of the covered part of Acheronas stream, which crosses the city center of Kalloni. Based on this problem, this work focuses on the technique of preventing flooding, by controlling the peak discharge in the mountainous part of the watershed. Through the hydrological model HEC-HMS, the maximum discharge of fifty years was estimated, for an eventual twelve hours rain event, at junctions of the main streams. After the examination of the digital elevation model and the estimated water and sediment flow, the construction sites of five concrete or gabions weirs and three wooden weirs in riverbed narrowings were selected. For every selected site, slope of balance and suitable spillway were calculated, stability was checked and finally frontage and cross-section were designed. At the end, pre-measurement and costing of two alternative scenarios took place, with a view to selecting the most economical and environmentally friendly one.

**Keywords:** HEC-HMS, HEC-GeoHMS, SCS, gabions, wooden weirs

## 1. Εισαγωγή

Η ύπαρξη του υδάτινου στοιχείου στον πλανήτη διαφέρει αναλόγως του γεωγραφικού πλάτους και του ιδιαίτερου μικροκλίματος που δημιουργείται σε κάθε περιοχή. Η εγκατάσταση του ανθρώπου κοντά σε ποταμούς παρείχε ανέκαθεν πολλά πλεονεκτήματα, λόγω των εύφορων εδαφών, της πανίδας που διαβιεί, τη διασύνδεση με τη θάλασσα και αργότερα μέσω της εκμετάλλευσης της ροής για την ανάπτυξη ενέργειας. Καθώς ο ανθρώπινος πληθυσμός άρχισε να αυξάνει και να επεκτείνει τις πόλεις και τις μετακινήσεις του, άρχισε να βάζει σε δεύτερη μοίρα τους φυσικούς παράγοντες που διαμορφώνουν, στη μακρά διάρκεια του χρόνου, το ανάγλυφο. Η δύναμη του νερού ήταν πάντα εκεί και η χάραξη του υδρογραφικού δικτύου αποτελεί παράδειγμα της διαβρωτικής ενέργειάς του πάνω στο κάθε γεωλογικό υπόβαθρο που διασχίζει, είτε επιφανειακά, είτε υπόγεια. Η διαδρομή που θα ακολουθήσει είναι η συντομότερη και αν παρεμποδίζεται δημιουργούνται μεταβολές στην κλίση, αλλαγές στην ταχύτητα και στο ύψος του νερού. Το γεγονός αυτό γίνεται ακραίο και εν δυνάμει καταστροφικό αν συνδυαστεί με έντονα και ραγδαία μετεωρολογικά φαινόμενα, σε εδάφη με μικρή κατεισδυση ή ήδη κορεσμένα. Ωστόσο, περιορισμός των πλημμυρικών φαινομένων μπορεί να επιτευχθεί αν η ορμή και η συρτική δύναμη του νερού διακόπτεται σε θέσεις που ακόμα δεν έχει λάβει υψηλές τιμές. Σε ορεινές περιοχές, όπου οι μισογάγγειες είναι πιο στενές, τα φερτά υλικά λιγότερα και ο όγκος του νερού μικρότερος, μπορούν να κατασκευαστούν μικρά έργα που εντάσσονται στο φυσικό τοπίο και συμβάλλουν στη μείωση των παροχών αιχμής στα κατάντη, σε σημεία που η ροή παρεμποδίζεται και η φυσική κοίτη έχει μεταβληθεί.

### 1.1 Σκοπός

Η εργασία αυτή έχει ως στόχο την ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ρέματα διαλείπουσας ροής νησιωτικών λεκανών απορροής, για τη μείωση των πλημμυρικών φαινομένων, μέσω μικρών έργων ορεινής υδρονομίας. Επισημαίνεται ότι για τα έργα ορεινής κοίτης αρμόδιες είναι οι Δασικές Υπηρεσίες, ενώ για τα έργα πεδινής κοίτης αρμόδια είναι η Περιφέρεια.

## 2. Βιβλιογραφική επισκόπηση

Οι Zhang et al. (2013) χρησιμοποίησαν το Υδρολογικό Σύστημα Μοντελοποίησης HEC-HMS για την προσομοίωση ενός μεγάλου και ενός μικρού πλημμυρικού γεγονότος στην Αϊόβα των ΗΠΑ, καθώς και για να διερευνήσουν την επίδραση της υποδιαίρεσης των λεκανών απορροής στις βαθμονομημένες τιμές των παραμέτρων και στην περιγραφή των υδρολογικών διεργασιών. Έγινε χρήση του αριθμού καμπύλης κατά SCS, του μοναδιαίου υδρογραφήματος της SCS και της μεθόδου Muskingum για τον υπολογισμό της διόδευσης. Οι παράμετροι του μοντέλου βελτιστοποιούνται αυτόματα, ώστε να ταιριάζουν στα πραγματικά δεδομένα πεδίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι περισσότερες από τις βαθμονομημένες τιμές των παραμέτρων είναι ευαίσθητες στο σχήμα των υπολεκανών και ότι η σχετική συνάφεια των φυσικών διεργασιών που περιγράφονται από το μοντέλο αλλάζει ανάλογα με την υποδιαίρεση των υπολεκανών. Με την εργασία αυτή αποδεικνύεται ότι οι αυτόματα βαθμονομημένες παράμετροι σε υδρολογικά μοντέλα μπορούν να οδηγήσουν σε εσφαλμένη εκτίμηση της απορροής, καθώς και ότι κανένα υδρολογικό μοντέλο δεν είναι απόλυτα ακριβές.

Οι Sarminingsih et al. (2018) χρησιμοποίησαν το υδρολογικό μοντέλο HEC-HMS για να μετατρέψουν το ύψος βροχόπτωσης σε απορροή μέσω του μοναδιαίου υδρογραφήματος της SCS, στο Σεμάρανγκ της Ινδονησίας, καθώς τα δεδομένα απορροής μεγάλης διάρκειας είναι πολύ λιγότερα από τις χρονοσειρές βροχόπτωσης. Μετά την εκτέλεση του μοντέλου με τις πραγματικές συνθήκες, δημιουργήθηκε ένα μελλοντικό σενάριο με αύξηση στις τιμές του αριθμού καμπύλης και της αδιαπερατότητας του εδάφους και με μείωση στις τιμές της υπόγεις ροής και της αρχικής συγκράτησης. Το αποτέλεσμα του μελλοντικού σεναρίου είναι η μείωση στη διαθεσιμότητα του νερού, λόγω μείωσης των χαμηλών τιμών απορροής και αύξησης των πλημμυρικών γεγονότων.

Οι Choudhari et al. (2014) χρησιμοποίησαν την υδρολογική προσομοίωση που προσφέρει το HEC-HMS για να προσομοιάσουν τις διαδικασίες βροχόπτωσης και απορροής στην Οντίσα της Ινδίας. Η εκτίμηση του όγκου και της αιχμής απορροής, της βασικής ροής και της ροής διόδευσης έγιναν με τη μέθοδο του αριθμού καμπύλης κατά SCS, του μοναδιαίου υδρογραφήματος της SCS, της εκθετικής μείωσης και της μεθόδου Muskingum, αντίστοιχα. Η σωστή βαθμονόμηση του μοντέλου επαληθεύτηκε με το μέσο απόλυτο σχετικό σφάλμα MARE και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα RMSE μεταξύ των παρατηρημένων και εκτιμημένων τιμών. Η εργασία αποδεικνύει ότι το υδρολογικό μοντέλο μπορεί να εξοικονομήσει χρόνο και χρήμα για την απόκτηση δεδομένων απορροής σε λεκάνες απορροής χωρίς σταθμήμετρα ή σταθμηγράφους.

Οι Asadi et al. (2013) χρησιμοποίησαν το υδρολογικό μοντέλο HEC-HMS σε συνδυασμό με την επέκταση HEC-GeoHMS, για την προσομοίωση της

βροχόπτωσης και απορροής στο Delibajak του Ιράν. Επιλέχθηκε η μέθοδος του αριθμού καμπύλης κατά SCS για τη μετατροπή της βροχόπτωσης σε απορροή αρχικά για ολόκληρη τη λεκάνη απορροής και έπειτα με διαχωρισμό σε υπολεκάνες. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας του μοντέλου, στις τιμές του αριθμού καμπύλης, αρχικής συγκράτησης και χρόνου υστέρησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι παροχές αιχμής ήταν πιο κοντά στις πραγματικές στην περίπτωση των υπολεκανών από ό,τι αν υπήρχε μια ενιαία λεκάνη απορροής. Στην ανάλυση ευαισθησίας, μεγαλύτερη μεταβολή παρατηρήθηκε στην παράμετρο της αρχικής συγκράτησης.

Οι Rathod et al. (2015) χρησιμοποίησαν το υδρολογικό προσομοίωμα HEC-HMS για την εκτίμηση της απορροής διαφορετικών γεγονότων βροχόπτωσης στον ποταμό Tapi της Ινδίας. Για την εκτίμηση των απωλειών της βροχόπτωσης επιλέχθηκε η μέθοδος Green-Ampt, για την επιλογή της απορροής έγινε σύγκριση μεταξύ μοναδιαίων υδρογραφημάτων SCS και Snyder και για την εξατμισοδιαπνοή επιλέχθηκε η μέθοδος FAO Penman-Monteith. Αποδεικνύεται ότι οι τιμές των αιχμών απορροής είναι υψηλότερες και πιο κοντά στις παρατηρηθείσες με τη μέθοδο SCS, σε σχέση με τη Snyder που είναι μικρότερες. Στη μέθοδο Green-Ampt, μεγαλύτερη ευαισθησία παρουσιάστηκε στο μέτωπο διαβροχής και στο χρόνο υστέρησης.

Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της SCS, για την εκτίμηση των απωλειών βροχής, για τη μετατροπή της βροχόπτωσης σε άμεση απορροή και για την εκτίμηση του χρόνου υστέρησης των υπολεκανών, καθώς είναι ιδιαίτερα δημοφιλής σε όλες τις παραπάνω εργασίες.

## 2.1 Υδρογραφικά συστήματα

Τα κατακρημνίσματα που πέφτουν σε μια περιοχή, με την πάροδο χιλιάδων ετών διαμορφώνουν το ανάγλυφο, δημιουργώντας αρχικά ρυάκια που εξελίσσονται σε χειμάρρους και ποταμούς. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η επιφανειακή αποστράγγιση της περιοχής, που οριοθετείται από τον υδροκρίτη, δηλαδή μια νοητή γραμμή η οποία ενώνει τα υψώματα της περιοχής και καθορίζει από ποια πλευρά αυτών θα κινηθούν τα επιφανειακά ύδατα.

Μετά από μία βροχόπτωση, το νερό επιφανείας κινείται συμπαρασύροντας εδαφικό υλικό από τη θέση δημιουργίας του, διαβρώνοντας την περιοχή. Επίσης μπορεί να ακολουθήσει υπόγεια ροή εμπλουτίζοντας τους πόρους του εδάφους και του μητρικού πετρώματος. Στην περίπτωση αυτή εμφανίζεται αύξηση των τάσεων στους πόρους προκαλώντας μηχανική αποσάθρωση ή μέσω της αλληλεπίδρασης με ορυκτά των πετρωμάτων να ξεκινήσει το φαινόμενο της χημικής αποσάθρωσης. Η αποσάθρωση οδηγεί σε διαχωρισμό τμημάτων του πετρώματος, τα οποία συνδυαστικά με τη

διάβρωση επιφέρουν απομάκρυνση υλικών και απόθεσή τους σε περιοχές χαμηλότερων κλίσεων και υψομέτρων.

Η διαβρωτική δράση του επιφανειακού νερού επιτυγχάνεται (Λαμπρινός, 2009):

- i. Με τη μορφή σταγόνας, όπου κάθε σταγόνα της βροχής δημιουργεί μικρούς κρατήρες, εκτινάσσοντας σωματίδια εδάφους.
- ii. Με τη μορφή μανδύα, όπου λεπτόκοκκο υλικό, μαζί με το νερό της βροχής, δημιουργούν ένα λασπώδες στρώμα το οποίο μέσω μικροαυλακώσεων καταλήγει στις δημιουργημένες μισογάγγειες.
- iii. Με τη μορφή ρευμάτων, όπου κατά τη ροή του νερού μπορούν να αποκολληθούν τμήματα βραχωδών σχηματισμών λόγω αποσάθρωσης ή τεκτονικών διαρρήξεων. Μαζί με άλλα υλικά που κατέληξαν εντός της κοίτης, όπως ξερά δέντρα ή προσχώσεις από κατολισθητικά φαινόμενα, αποτελούν για το ποτάμι αιτία διάβρωσης της κοίτης και των πρανών της.

Η μεταφορά των φερτών υλικών εξαρτάται από το μέγεθος και το βάρος τους και επιτυγχάνεται (Λαμπρινός, 2009):

- i. Με διάλυση, όπου τα υλικά μεταφέρονται διαλυμένα στο νερό.
- ii. Με αιώρηση, όπου τα υλικά κινούνται εν αιωρήσει στη μάζα του νερού.
- iii. Με πήδηση, όπου λόγω αλλαγών στη μορφή ροής του νερού, από υποκρίσιμη σε υπερκρίσιμη, υλικά του πυθμένα ανασηκώνονται και έπειτα από μικρή απόσταση αποθέτονται.
- iv. Με κύλιση, όπου λόγω της ταχύτητας ροής και του βάρους των υλικών, επιτυγχάνεται μόνο ολίσθησή τους, χωρίς πήδηση.

Η διάβρωση που υφίσταται ένα υδατόρεμα περιορίζεται μέχρι το επίπεδο της θάλασσας, το οποίο αποτελεί το βασικό επίπεδο. Ωστόσο, κάθε υδατόρεμα αποτελείται από αρκετούς κλάδους. Το επίπεδο διάβρωσης κάθε κλάδου περιορίζεται στο σημείο συμβολής με άλλον κλάδο ή στο σημείο εκβολής του σε κάποια λίμνη, δημιουργώντας ένα τοπικό βασικό επίπεδο. Η ύπαρξη αυτών των επιπέδων καθορίζει τον τρόπο εξέλιξης του υδρογραφικού δικτύου για κάθε περιοχή. Στην αρχή, το νερό ακολουθεί την κλίση προς τη θάλασσα και κυριαρχεί η κατά βάθος διάβρωση, δημιουργώντας απότομες κλιτύες στα ορεινά και αποθέτοντας τα υλικά στις πεδινές περιοχές. Με την πάροδο του χρόνου το ανάγλυφο τείνει να ομαλοποιηθεί, με περιορισμό της διάβρωσης (Λαμπρινός, 2009).

Συνδυασμός των εξωγενών και ενδογενών δυνάμεων, δηλαδή διάβρωση και τεκτονισμός, αντίστοιχα διαμορφώνουν τη μορφή που μπορεί να πάρει ένα υδρογραφικό δίκτυο (Λαμπρινός, 2009):

- i. Η δενδριτική μορφή είναι αποτέλεσμα μικρών κλίσεων, απουσία τεκτονικής δραστηριότητας και υπόβαθρο αποτελούμενο από πετρώματα ίδιας αντίστασης στη διαβρωτική διαδικασία.
- ii. Η παράλληλη μορφή είναι αποτέλεσμα υψηλών κλίσεων με συγκεκριμένο προσανατολισμό, τον οποίο ακολουθεί και το υδρογραφικό δίκτυο.
- iii. Η κλιμακωτή μορφή είναι αποτέλεσμα πολλών ρηξιγενών επιφανειών, όπου ρήγματα τέμνονται μεταξύ τους και αναγκάζουν τους παραπόταμους να συμβάλουν με τον κύριο κλάδο κάθετα ή με συγκεκριμένη γωνία.

## 2.2 Κατάρτιση όμβριων καμπύλων

Η δημιουργία των όμβριων καμπύλων είναι αποτέλεσμα στατιστικής ανάλυσης μεταξύ μέγιστης έντασης βροχόπτωσης, διάρκειας καταιγίδας και περιόδου επαναφοράς, τα οποία προέκυψαν από δεδομένα βροχόμετρων και βροχογράφων. Μετά τον προσδιορισμό του τελικού δείγματος των σταθμών και των αντίστοιχων χρονοσειρών μέγιστων βροχοπτώσεων στο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου, ακολούθησαν επεξεργασίες, στατιστικές και χωρικές, για την εκτίμηση των πέντε παραμέτρων της γενικευμένης έκφρασης των όμβριων καμπύλων. Εφαρμόζεται η γενική συναρτησιακή σχέση για υπολογισμό της έντασης βροχής «*i*» μέσω της εξίσωσης [2.1], με δεδομένα τη συνάρτηση της περιόδου επαναφοράς «*a(T)*», για περίοδο επαναφοράς «*T*» και τη συνάρτηση διάρκειας «*b(d)*», για διάρκεια βροχής «*d*» (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2016).

$$i = \frac{a(T)}{b(d)} \quad [2.1]$$

Η συνάρτηση της περιόδου επαναφοράς προκύπτει αναλυτικά από τη συνάρτηση κατανομής της μέγιστης έντασης βροχής. Για την εκτίμηση των παραμέτρων «*θ*» και «*η*» χρησιμοποιείται η συνάρτηση διάρκειας στην εξίσωση [2.2] (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2016).

$$b(d) = \left(\frac{1+d}{\theta}\right)^\eta \quad [2.2]$$

Επομένως, με δεδομένα την παράμετρο σχήματος «*κ*», την παράμετρο κλίμακας «*λ'*», την παράμετρο θέσης «*ψ'*» και τις παραμέτρους της συνάρτησης διάρκειας «*θ*» και «*η*» προκύπτει η τελική γενική έκφραση των όμβριων καμπύλων μέσω της εξίσωσης [2.3] (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2016).

$$i(d, T) = \frac{\lambda' \cdot (T^{\kappa} - \psi')}{\left(1 + \frac{d}{\theta}\right)^\eta} \quad [2.3]$$

Στο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου, τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την κατάρτιση των όμβριων καμπύλων είναι (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2016):

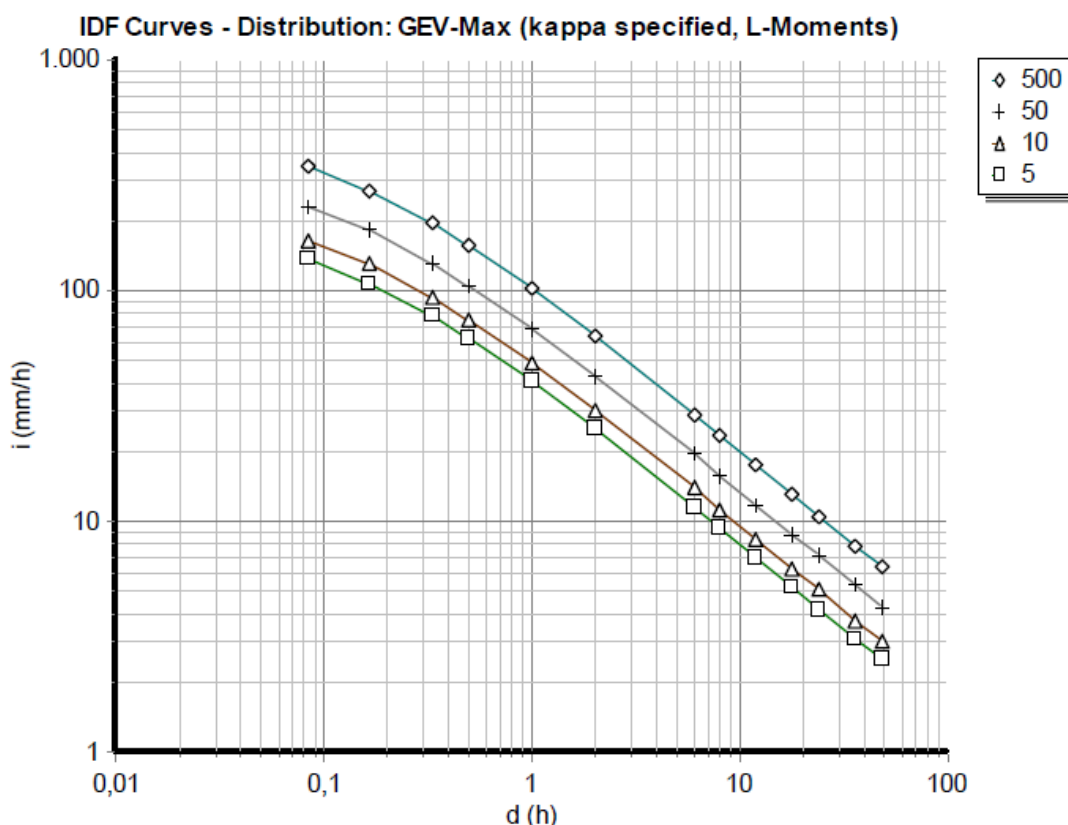
- i. Εκτίμηση των δύο παραμέτρων «θ» και «η» της συνάρτησης διάρκειας των όμβριων καμπύλων από το ενοποιημένο δείγμα κάθε βροχογράφου.
- ii. Εκτίμηση των τριών παραμέτρων «λ», «ψ» (ή ισοδύναμα «λ'», «ψ'») και «κ» της συνάρτησης περιόδου επαναφοράς των όμβριων καμπύλων σε κάθε βροχόμετρο ή βροχογράφο.
- iii. Κατάρτιση σημειακών όμβριων καμπύλων στις θέσεις των βροχογράφων.
- iv. Εκτίμηση ενιαίων τιμών για τις δύο παραμέτρους «θ» και «η» για όλη την περιοχή του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου.
- v. Εκτίμηση της παραμέτρου σχήματος «κ» της συνάρτησης περιόδου επαναφοράς.

Η εξίσωση υπολογισμού της έντασης βροχόπτωσης βασίστηκε στη Γενική Ακραίων Τιμών κατανομή (General Extreme Value distribution), η οποία ενσωματώνει τις κατανομές ακραίων τιμών τύπου I, II και III και είναι στατιστικώς αποδεκτή για μεγάλες χρονοσειρές μέγιστων βροχοπτώσεων. Αντίθετα, η κατανομή μεγίστων τύπου I Gumbel, απορρίφθηκε λόγω υποεκτίμησης των εντάσεων βροχής για μεγάλες περιόδους επαναφοράς (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2016).

Αφού ολοκληρώθηκε η κατάρτιση των όμβριων καμπύλων ακολούθησε σύγκριση με ήδη διαμορφωμένες όμβριες καμπύλες που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο των υδραυλικών μελετών «Οριστικής μελέτης διευθετήσεως χειμάρρου Καλλιθέας Μυτιλήνης» (Κουτσογιάννης-Ματίσεν, 1988), «Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων υδατικού διαμερίσματος νήσων Αιγαίου» (TEM ΑΕ, 2005) και της μεταπτυχιακής εργασίας «Διερεύνηση ισχυρών βροχοπτώσεων και κατάρτιση όμβριων καμπύλων στα νησιά του Αιγαίου» (Κωτσής, 2005). Επίσης, για λόγους ενίσχυσης της αξιοπιστίας στη μελέτη των ισχυρών καταιγίδων ως προς τη χωροχρονική τους κατανομή πραγματοποιήθηκε σύγκριση μεταξύ δορυφορικών δεδομένων βροχόπτωσης και διαθέσιμων μετρήσεων από βροχογράφους, οι οποίοι βρίσκονται σε κοντινή απόσταση με γεγονότα μεγάλων εντάσεων βροχής (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2016).

Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθεί η όμβρια καμπύλη που καταρτίστηκε για το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας στο σταθμό Κεράμι Καλλονής (Εικόνα 2.1), καθώς βρίσκεται πλησιέστερα στα όρια της λεκάνης απορροής που μελετάται.





**Εικόνα 2.1:** Όμβριες καμπύλες σταθμού Κεράμι Καλλονής  
(Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2016)

## 2.3 Μοναδιαίο υδρογράφημα

Η ύπαρξη και ισχύς ενός μοναδιαίου υδρογραφήματος έπεται ορισμένων παραδοχών (Λουκάς, 2015):

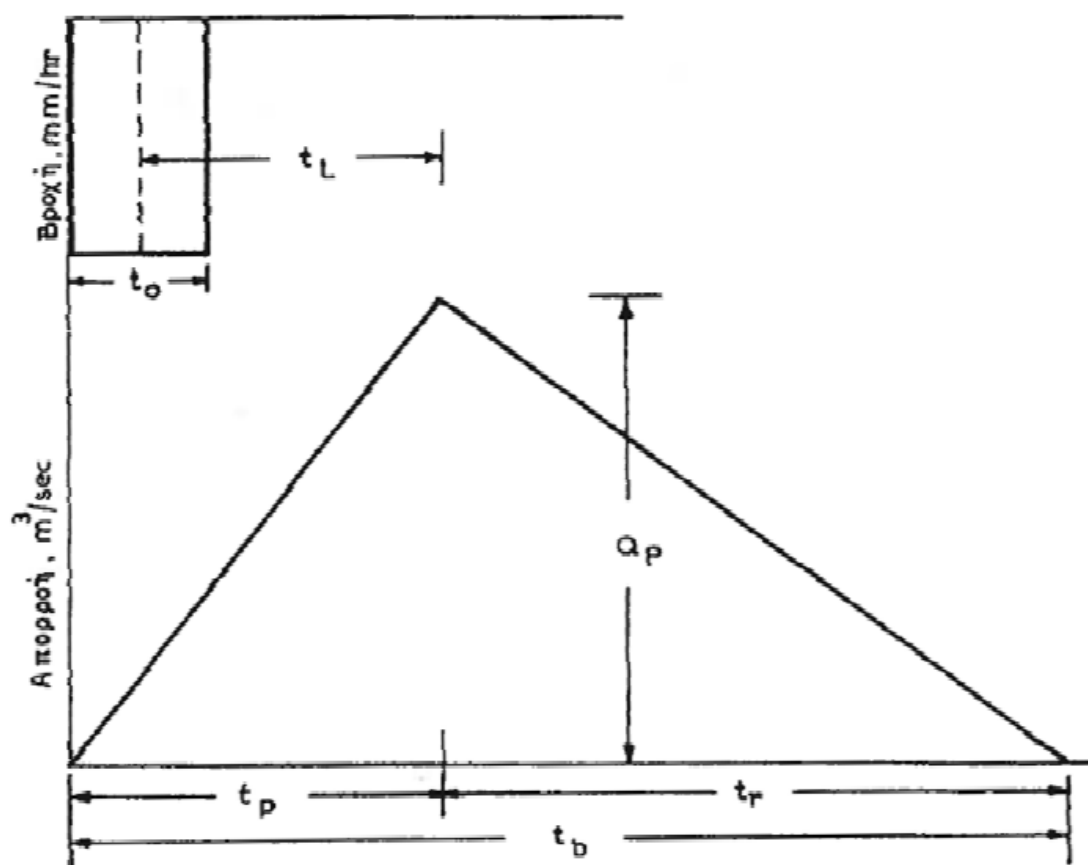
- i. Η χωροχρονική κατανομή της ενεργού βροχόπτωσης δεν αλλάζει για βροχοπτώσεις ίδιας διάρκειας.
- ii. Η ένταση της βροχόπτωσης θεωρείται σταθερή σε όλη τη διάρκεια του φαινομένου.
- iii. Το σχήμα του μοναδιαίου υδρογραφήματος για συγκεκριμένη διάρκεια βροχής είναι ενδεικτικό των φυσικών χαρακτηριστικών της λεκάνης.
- iv. Η κατάσταση στη λεκάνη απορροής δεν μεταβάλλεται.
- v. Η άμεση απορροή που δημιουργείται είναι αποτέλεσμα συγκεκριμένης βροχόπτωσης και είναι ανεξάρτητη από προηγούμενα γεγονότα.

Επιπλέον, κάθε μοναδιαίο υδρογράφημα διέπεται από δύο αρχές (Λουκάς, 2015):

- i. Την αρχή της αναλογίας, όπου ενεργές βροχοπτώσεις δύο γεγονότων που παρουσιάζουν ίδια διάρκεια αλλά διαφορετική ένταση, δημιουργούν υδρογραφήματα άμεσης απορροής με ίδια χρονική βάση και λόγο παροχών ίσο με το λόγο των εντάσεων.
- ii. Την αρχή της επαλληλίας, όπου σε περίπτωση διαδοχικών βροχοπτώσεων, το υδρογράφημα άμεσης απορροής που προκύπτει είναι το άθροισμα των παροχών των επιμέρους υδρογραφημάτων άμεσης απορροής.

Σε περιπτώσεις με ελλιπή ή καθόλου δεδομένα κορεσμένου εδάφους, βροχόπτωσης συγκεκριμένης διάρκειας ή μετρήσεων σταθμηγράφου, υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας των συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων, τα οποία προκύπτουν από τα γεωμετρικά στοιχεία της λεκάνης απορροής και μέσω εμπειρικών σχέσεων συνδέουν την πλημμυρική αιχμή και το χρόνο διάρκειας μεταξύ του κέντρου βάρους της βροχής και της πλημμυρικής αιχμής (Λουκάς, 2015).

Στην παρούσα εργασία και ειδικότερα μέσω του λογισμικού HEC-HMS, θα χρησιμοποιηθεί το αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα της Soil Conservation Service (SCS), το οποίο αντιπροσωπεύεται γεωμετρικά από ένα τρίγωνο (Εικόνα 2.2). Το αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα της SCS προέκυψε από ένα μεγάλο αριθμό πραγματικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων με ποικίλο μέγεθος και σε διάφορες τοποθεσίες, ώστε να είναι πιο αντιπροσωπευτικό της πραγματικής κατάστασης. Τα στοιχεία που εκτιμώνται είναι το μέγεθος της αιχμής του υδρογραφήματος ( $Q_p$ ), ο χρόνος αιχμής ( $t_p$ ), ο χρόνος αποχώρησης ( $t_r$ ), η διάρκεια της απορροϊκής ή ενεργούς βροχόπτωσης ( $t_o$ ) και ο χρόνος υστέρησης ( $t_L$ ).



**Εικόνα 2.2:** Τριγωνικό υδρογράφημα της μεθόδου SCS (Λουκάς, 2015)

## 2.4 Περίσσευμα βροχής

Στην αρχή της βροχοπτώσης και πριν εμφανιστεί η απορροή ξεκινούν διάφορες διαδικασίες, οι οποίες αποτελούν τις απώλειες βροχής. Οι διαδικασίες εκείνες, σύμφωνα με τη χρονική εξέλιξη εμφάνισής τους είναι η εξάτμιση και η διαπνοή, η συγκράτηση από τη φυτοκόμμη, η διήθηση, η συγκράτηση σε επιφανειακές κοιλότητες, η επιφανειακή αποθήκευση, η επιφανειακή απορροή και η ταχεία υπεδάφια ροή (Μάρης, 2013). Η διαφορά μεταξύ του συνολικού ύψους βροχοπτώσης και του ύψους απωλειών ονομάζεται περίσσευμα βροχής ή καθαρό ύψος βροχής και είναι αυτό που μετατρέπεται σε άμεση απορροή. (Λευθεριώτης, 2020).

Στην παρούσα εργασία και ειδικότερα μέσω του λογισμικού HEC-HMS, θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της SCS. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, ο υπολογισμός του ύψους περισσέυματος της βροχής που απορρέει επιφανειακά πραγματοποιείται με τη βοήθεια του ύψους βροχοπτώσης, της αρχικής κατάστασης υγρασίας του εδάφους και του υδρολογικού συμπλόκου εδάφους και κάλυψης γης, για βροχοπτώση συγκεκριμένης διάρκειας και αναπαρίσταται από τον αριθμό καμπύλης CN (Curve Number).

## 3. Χρησιμοποιούμενα λογισμικά εργαλεία

### 3.1 Λογισμικά της Autodesk

#### 3.1.1 Λογισμικό AutoCAD

Αποτελεί ένα εργαλείο ειδικά κατασκευασμένο για μηχανικούς και σχεδιαστές, με εξειδικευμένα σετ εργαλείων και αυτοματισμούς για σχεδιασμό δύο ή τριών διαστάσεων ([www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)).

#### 3.1.2 Λογισμικό AutoCAD Raster Design

Αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο επεξεργασίας κανονικοποιημένων αρχείων, αλλά και μετατροπής αυτών σε διανυσματικές οντότητες. Έχει τη δυνατότητα επεξεργασίας, βελτίωσης και διατήρησης σαρωμένων χαρτών και σχεδίων, στο περιβάλλον του AutoCAD ([www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)).

#### 3.1.3 Λογισμικό Civil 3D

Αποτελεί ένα εργαλείο που υποστηρίζει τις ροές εργασιών BIM (Building Information Modeling) με σκοπό τη βελτιωμένη απόδοση και τεκμηρίωση του σχεδιασμού και της κατασκευής, την ενίσχυση της παραγωγικότητας και τη βέλτιστη λήψη αποφάσεων. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου εδάφους, μέσω της επεξεργασίας δικτύου ακανόνιστων τριγώνων, καθώς και αυτοματοποιημένες μεθόδους διαμόρφωσης και ογκομέτρησης εδάφους ([www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)).

### 3.2 Λογισμικά της ESRI

#### 3.2.1 Λογισμικό ArcMap

Αποτελεί ένα εργαλείο το οποίο δίνει τη δυνατότητα προβολής και επεξεργασίας κανονικοποιημένων ή διανυσματικών αρχείων, προσθήκης συμβόλων και δημιουργίας χαρτών για εκτύπωση ή δημοσίευση, συνδυάζοντας γεωγραφικές και περιγραφικές πληροφορίες σε ένα σύνολο επιπέδων ([www.esri.com](http://www.esri.com)).

#### 3.2.2 Επέκταση Arc Hydro Tools

Αποτελεί ένα εργαλείο, στο περιβάλλον του ArcMap, με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή μεγάλου πλήθους δεδομένων τα οποία μπορούν να περιγράψουν τα πρότυπα αποστράγγισης μιας λεκάνης απορροής σε ένα ψηφιακό μοντέλο επιφάνειας. Αρχικά πραγματοποιείται η ανάλυση των κανονικοποιημένων δεδομένων, ορίζοντας την κατεύθυνση, τη συσσώρευση, τον ορισμό, την τμηματοποίηση της ροής και την οριοθέτηση της λεκάνης απορροής. Στη συνέχεια, τα δεδομένα αυτά

χρησιμοποιούνται για τη διανυσματική απεικόνιση του υδρογραφικού δικτύου και των υπολεκανών (ESRI, 2011).

### 3.2.3 Επέκταση HEC-GeoHMS

Η τρέχουσα εξέλιξη στα εργαλεία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Geographic Information System) για υδρολογική και υδραυλική μοντελοποίηση μεταφέρει την τεχνολογία σε πολλά πρακτικά προϊόντα μηχανικής, συμπεριλαμβανομένης και της επέκτασης, στο περιβάλλον του ArcMap, HEC-GeoHMS (Hydrologic Engineering Center's Geospatial Hydrologic Modeling). Η επέκταση HEC-GeoHMS έχει αναπτυχθεί ως μία εργαλειοθήκη γεωχωρικής υδρολογίας για μηχανικούς και υδρολόγους με περιορισμένη εμπειρία στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Επιτρέπει στους χρήστες να απεικονίζουν χωρικές πληροφορίες, να τεκμηριώνουν τα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής, να πραγματοποιούν χωρική ανάλυση, να σχηματίζουν τις υπολεκάνες και τις μιογάγγειες, να προετοιμάζουν τα δεδομένα για εισαγωγή σε υδρολογικά μοντέλα και να βοηθούν στην προετοιμασία αναφορών. Το HEC-GeoHMS, μέσω των εργαλείων και των επιλογών του, επιτρέπει στο χρήστη να δημιουργήσει γρήγορα υδρολογικά δεδομένα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας από το Σύστημα Υδρολογικής Μοντελοποίησης του Κέντρου Υδρολογικής Μηχανικής HEC-HMS (US Army Corps of Engineers, 2013).

### 3.3 Λογισμικό HEC-HMS

Το Σύστημα Υδρολογικής Μοντελοποίησης (Hydrologic Modelling System) είναι ένα ελεύθερο στην χρήση λογισμικό που έχει σχεδιαστεί για να προσομοιώνει τις διαδικασίες βροχόπτωσης και απορροής δενδριτικών υδρογραφικών δικτύων. Μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος γεωγραφικών περιοχών, καλύπτοντας όσο το δυνατόν περισσότερα προβλήματα, περιλαμβάνοντας μεγάλες λεκάνες απορροής, την υδρολογία πλημμυρών και μικρότερες αστικές ή φυσικές λεκάνες. Τα υδρογραφήματα που παράγονται από το λογισμικό μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας ή σε συνδυασμό με άλλα προγράμματα για μελέτες διαθεσιμότητας νερού, αποστράγγισης αστικών περιοχών, πρόβλεψης ροής, μελλοντικών επιπτώσεων της αστικοποίησης, σχεδιασμού υπερχειλίσης δεξαμενών, μείωσης καταστροφών από πλημμύρες και ρύθμισης πλημμυρικών πεδίων (US Army Corps of Engineers, 2018).

Το HEC-HMS είναι ένα γενικευμένο σύστημα μοντελοποίησης ικανό να αντιπροσωπεύσει πολλές διαφορετικές λεκάνες απορροής. Ο υδρολογικός κύκλος διαχωρίζεται σε διαχειρίσιμα τμήματα, βοηθώντας στη δημιουργία και στην οριοθέτηση της λεκάνης απορροής. Οποιαδήποτε ροή μάζας ή ενέργειας εντός του υδρολογικού κύκλου, μπορεί να αναπαρασταθεί με ένα μαθηματικό μοντέλο. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι διαθέσιμες

αρκετές επιλογές μοντελοποίησης για την προσομοίωση κάθε ροής. Κάθε μαθηματικό μοντέλο που περιλαμβάνεται στο λογισμικό μπορεί να αναπαραστήσει διαφορετικά περιβάλλοντα και συνθήκες, όμως η σωστή επιλογή απαιτεί γνώση της λεκάνης απορροής, των στόχων της υδρολογικής μελέτης, αλλά και κρίση μηχανικού (US Army Corps of Engineers, 2018).

### 3.4 Λογισμικό vbClisi

Το ελεύθερο πρόγραμμα vbClisi έχει καταρτιστεί σε γλώσσα Visual Basic 6.0, από το Τμήμα Δασοτεχνικής Διευθέτησης Χειμάρρων της Γενικής Γραμματείας Δασών του Υπουργείου Γεωργίας. Προσδιορίζει την κλίση αντιστάθμισης με τις μεθόδους Μουλόπουλου, Bernard, Valentini, Romiti, Muller και Κωτούλα, αλλά και των στοιχείων ροής, όπως ύψος και ταχύτητα νερού μετά την αποκατάσταση της κλίσης αντιστάθμισης (Καπετανόπουλος, 2001).

Το νερό κινούμενο στις μιογάγγειες τείνει να δημιουργεί καταστάσεις ισορροπίας. Στην περίπτωση που η κλίση του ρέματος είναι μικρή, τότε η συρτική δύναμη είναι μικρότερη από εκείνη που απαιτείται για τη μετακίνηση των στερεών υλικών και θα πραγματοποιηθεί απόθεση και εν συνεχεία αύξηση της κλίσης του. Η αυξανόμενη κλίση, παρόλο που μειώνει το βάθος ροής και την υδραυλική ακτίνα, εν τέλει αυξάνει την παρασυρτική δύναμη και τη μέση ταχύτητα ροής, με αποτέλεσμα τα προσαγόμενα φερτά υλικά να μεταφερθούν και να υπάρξει σταθεροποίηση της κλίσης (Καπετανόπουλος, 2001).

Αντίθετα, αν η κλίση του ρέματος είναι μεγάλη και η παρασυρτική δύναμη μεγαλύτερη από την αντίσταση του πυθμένα της κοίτης, τότε θα υπάρξει διάβρωση και μείωση της κλίσης του. Λαμβάνοντας υπόψη ότι κατά τη ροή αποσπώνται λεπτόκοκκα υλικά της κοίτης, τα οποία μπορεί να αντικατασταθούν από χονδρόκοκκα, η ισορροπία που επιτυγχάνεται παίρνει μια δυναμική έννοια. Με βάση αυτά, ισχύουν ότι (Καπετανόπουλος, 2001):

- i. Κλίση αντιστάθμισης είναι η κλίση ενός ρέματος, κατά την οποία η μεταφορά των υλικών δεν μεταβάλλουν την κοίτη του, είτε λόγω του ότι δεν παρασύρει ή δεν αποθέτει υλικά σε αυτήν, είτε λόγω του ότι υπάρχει αντιστάθμιση μεταξύ εκείνων που παρασύρονται και εκείνων που αποτίθενται.
- ii. Κλίση ισορροπίας είναι η κλίση του ρέματος η οποία προκύπτει λόγω υδατοπαροχής, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η στερεομεταφορά και επιτυγχάνεται μέσω διαδοχικών ενδιάμεσων κλίσεων αντιστάθμισης.
- iii. Κλίση περιπλάνησης είναι η μέγιστη δυνατή κλίση αντιστάθμισης για συγκεκριμένη παροχή. Δημιουργείται σε πεδινές περιοχές ή σε σημεία με απότομη φυσική πτώση. Όταν το ρέμα εκχύνεται στην

πεδιάδα, το μικρό βάθος ροής ελαχιστοποιεί τη συρτική δύναμη, με αποτέλεσμα τα φερτά υλικά να αποτίθενται με μια πολύ μεγάλη κλίση αντιστάθμισης.

Το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού της κλίσης αντιστάθμισης ή ισορροπίας «I», μέσω των εξισώσεων [3.1] έως [3.6], με αυτόματη συμπλήρωση του συντελεστή τριβής «f» στις δύο πρώτες μεθόδους (κυμαίνεται κοντά στο 0,76), τη μέση ταχύτητα ροής «v», το βάθος ροής «t» με επαναληπτικές μεθόδους, το εμβαδόν της κάθετης στη ροή διατομής του νερού «F», το μήκος της βρεχόμενη περιμέτρου «U», την υδραυλική ακτίνα «R», την παροχή ελέγχου «Q<sub>t</sub>» και το συντελεστή χειμαρρικότητας «K». Η χαρακτηριστική διάσταση λίθων «b» λαμβάνεται ως το μέσο μήκος, κατά τη διεύθυνση ροής, των περισσότερων κοινών λίθων του καλυπτήριου στρώματος της κοίτης. Ο συντελεστής τραχύτητας «n» στην εξίσωση του Manning λαμβάνεται από πίνακες. Τη μέγιστη υδατοστερεοπαροχή στην πλησιέστερη προς την εκβολή του χειμάρρου διατομή της κοίτης «Q<sub>o</sub>», το λογισμικό λαμβάνει ότι θα είναι ίση με τη μέγιστη υδατοστερεοπαροχή «Q», δηλαδή το άθροισμα της μέγιστης υδατοπαροχής «Q<sub>U</sub>» και της μέγιστης στερεοπαροχής «Q<sub>s</sub>», στο μελετώμενο τμήμα της κοίτης για το οποίο θα υπολογιστεί η κλίση αντιστάθμισης. Το μήκος των ογκοδέστερων λίθων «w<sub>o</sub>» λαμβάνεται ως η μέση διάσταση κατά τη διεύθυνση ροής των ογκοδέστερων λίθων που μεταφέρθηκαν από πρόσφατες πλημμύρες, με την προϋπόθεση ότι η στερεομεταφορά δεν έχει τη μορφή λάβας. Το αρχικό πλάτος της κοίτης «s<sub>o</sub>» λαμβάνεται ως το πλάτος της κοίτης για τη μέγιστη υδατοστερεοπαροχή πριν τη διευθέτηση του χειμάρρου. Το μήκος των λίθων για επιθυμητή κλίση «w» λαμβάνεται ως η μέση διάσταση κατά τη διεύθυνση ροής των περισσότερο κοινών λίθων της κοίτης, για την επίτευξη της κλίσης αντιστάθμισης. Το πλάτος της κοίτης μετά τη διευθέτηση «s» λαμβάνεται ως το πλάτος της κοίτης για τη μέγιστη υδατοστερεοπαροχή μετά τη διευθέτηση του χειμάρρου. Η μέση κατά μήκος κλίση της κοίτης «I<sub>o</sub>» λαμβάνεται ως η μέση κατά μήκος κλίση του τμήματος της κοίτης για το οποίο υπολογίζεται η κλίση αντιστάθμισης. Η αντιπροσωπευτική διάμετρος «d<sub>m</sub>» εκτιμάται από την κοκκομετρική σύσταση του καλυπτήριου στρώματος του πυθμένα της κοίτης. Η κλίση πρανών μετά τη διευθέτηση «m», λαμβάνεται ως η συνεφαπτομένη της οξείας γωνίας που δημιουργούν τα πρανή με το οριζόντιο επίπεδο. Το ειδικό βάρος του ύδατος «γ<sub>v</sub>» λαμβάνεται με βάση τη θερμοκρασία του από πίνακες. Το ειδικό βάρος των εδαφικών κόκκων «γ<sub>s</sub>» κυμαίνεται μεταξύ 2.600 kg/m<sup>3</sup> και 2.700 kg/m<sup>3</sup> (Καπετανόπουλος, 2001).

$$I_{\text{Μουλόπουλου}} = \left( \frac{\lambda \cdot f \cdot b \cdot n^2}{R^3 + \lambda \cdot b \cdot n^2} \right) = \left[ \frac{\frac{\gamma_s - \gamma_v}{0,03 \cdot \gamma_v \cdot K^2} \cdot f \cdot b \cdot n^2}{\left( \frac{F}{U} \right)^{\frac{4}{3}} + \frac{\gamma_s - \gamma_v}{0,03 \cdot \gamma_v \cdot K^2} \cdot b \cdot n^2} \right] =$$

$$\left\{ \frac{\frac{\gamma_s - \gamma_v}{0,03 \cdot \gamma_v \cdot \left[ \frac{\gamma_v}{\gamma_v + \xi \cdot (\gamma_s - \gamma_v)} \right]^2} \cdot f \cdot b \cdot n^2}{\left[ \frac{(s+m) \cdot t}{s+2 \cdot t \cdot \sqrt{1+m^2}} \right]^{\frac{4}{3}} + \frac{\gamma_s - \gamma_v}{0,03 \cdot \gamma_v \cdot \left[ \frac{\gamma_v}{\gamma_v + \xi \cdot (\gamma_s - \gamma_v)} \right]^2} \cdot b \cdot n^2} \right\} = \left\{ \frac{\frac{\gamma_s - \gamma_v}{0,03 \cdot \gamma_v \cdot \left[ \frac{\gamma_v}{\gamma_v + \frac{Q_s}{Q_v} \cdot (\gamma_s - \gamma_v)} \right]^2} \cdot f \cdot b \cdot n^2}{\left[ \frac{(s+m) \cdot t}{s+2 \cdot t \cdot \sqrt{1+m^2}} \right]^{\frac{4}{3}} + \frac{\gamma_s - \gamma_v}{0,03 \cdot \gamma_v \cdot \left[ \frac{\gamma_v}{\gamma_v + \frac{Q_s}{Q_v} \cdot (\gamma_s - \gamma_v)} \right]^2} \cdot b \cdot n^2} \right\}$$

**[3.1]**

$$I_{\text{Bernard}} = \left( \frac{\lambda \cdot f \cdot b \cdot n^2}{R^3} \right) = \left[ \frac{\frac{\gamma_s - \gamma_v}{0,03 \cdot \gamma_v \cdot K^2} \cdot f \cdot b \cdot n^2}{\left( \frac{F}{U} \right)^{\frac{4}{3}}} \right] = \left\{ \frac{\frac{\gamma_s - \gamma_v}{0,03 \cdot \gamma_v \cdot \left[ \frac{\gamma_v}{\gamma_v + \xi \cdot (\gamma_s - \gamma_v)} \right]^2} \cdot f \cdot b \cdot n^2}{\left[ \frac{(s+m) \cdot t}{s+2 \cdot t \cdot \sqrt{1+m^2}} \right]^{\frac{4}{3}}} \right\} =$$

$$\left\{ \frac{\frac{\gamma_s - \gamma_v}{0,03 \cdot \gamma_v \cdot \left[ \frac{\gamma_v}{\gamma_v + \frac{Q_s}{Q_v} \cdot (\gamma_s - \gamma_v)} \right]^2} \cdot f \cdot b \cdot n^2}{\left[ \frac{(s+m) \cdot t}{s+2 \cdot t \cdot \sqrt{1+m^2}} \right]^{\frac{4}{3}}} \right\}$$

**[3.2]**

$$I_{\text{Valentini}} = \left( 0,093 \cdot \frac{b}{R} \right) = \left( 0,093 \cdot \frac{b}{\frac{F}{U}} \right) = \left[ 0,093 \cdot \frac{b}{\frac{(s+m) \cdot t}{s+2 \cdot t \cdot \sqrt{1+m^2}}} \right]$$

**[3.3]**

$$I_{\text{Romiti}} = \left[ \frac{1}{3+G \cdot \left( \frac{Q}{Q_0} \right)^2 \cdot \left( \frac{w_0 \cdot s_0}{w \cdot s} \right)^2} \right] = \left[ \frac{1}{3 + \frac{(1-1,5 \cdot I_0)^2}{I_0 + I_0^3} \cdot \left( \frac{Q_U + Q_S}{Q_0} \right)^2 \cdot \left( \frac{w_0 \cdot s_0}{w \cdot s} \right)^2} \right]$$

**[3.4]**

$$I_{\text{Muller}} = \left( \frac{d_m}{10} \cdot \frac{U}{t \cdot s} \right) = \left( \frac{d_m}{10} \cdot \frac{s+2 \cdot t \cdot \sqrt{1+m^2}}{t \cdot s} \right)$$

**[3.5]**

$$I_{\text{Κωτούλα}} = \left[ 1,18 \cdot d_m^{1,16} \cdot \frac{e^{0,385 \cdot \frac{Q_S}{s}}}{\left( \frac{Q_U}{s} \right)^{0,77}} \right]$$

**[3.6]**

Το εμβαδόν της κάθετης στη ροή διατομής του νερού «F», το μήκος της βρεχόμενης περιμέτρου «U», η υδραυλική ακτίνα «R», ο συντελεστής χειμαρρικότητας «K» και οι παράμετροι «λ» και «G» οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν στις εξισώσεις [3.1] έως [3.5] παρουσιάζονται στις εξισώσεις [3.7] έως [3.12] (Καπετανόπουλος, 2001).

$$F = [(s + m \cdot t) \cdot t] \quad \mathbf{[3.7]}$$

$$U = (s + 2 \cdot t \cdot \sqrt{1 + m^2}) \quad \mathbf{[3.8]}$$



$$R = \left(\frac{F}{U}\right) = \left[\frac{(s+m \cdot t) \cdot t}{s+2 \cdot t \cdot \sqrt{1+m^2}}\right] \quad [3.9]$$

$$K = \left[\frac{\gamma_v}{\gamma_v + \xi \cdot (\gamma_s - \gamma_v)}\right] = \left[\frac{\gamma_v}{\gamma_v + \frac{Q_s}{Q_v} \cdot (\gamma_s - \gamma_v)}\right] \quad [3.10]$$

$$\lambda = \frac{\gamma_s - \gamma_v}{0,03 \cdot \gamma_v \cdot K^2} \quad [3.11]$$

$$G = \frac{(1-1,5 \cdot I_0)^2}{I_0 + I_0^3} \quad [3.12]$$

Η μέση ταχύτητα ροής «v» για τις μεθόδους Μουλόπουλου, Bernard, Romiti και Κωτούλα υπολογίζεται για τη μέγιστη υδατοστερεοπαροχή όταν αποκατασταθεί η κλίση αντιστάθμισης μέσω της εξίσωσης [3.13], ενώ για τις μεθόδους Valentini και Muller για τη μέγιστη υδατοπαροχή όταν αποκατασταθεί η κλίση ισορροπίας μέσω της εξίσωσης [3.14] (Καπετανόπουλος, 2001).

$$v = \left(K \cdot \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}\right) = \left[\frac{\gamma_v}{\gamma_v + \xi \cdot (\gamma_s - \gamma_v)} \cdot \frac{1}{n} \left(\frac{F}{U}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}\right] = \left\{\frac{\gamma_v}{\gamma_v + \frac{Q_s}{Q_v} \cdot (\gamma_s - \gamma_v)} \cdot \frac{1}{n} \left[\frac{(s+m \cdot t) \cdot t}{s+2 \cdot t \cdot \sqrt{1+m^2}}\right]^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}\right\} \quad [3.13]$$

$$v = \left(\frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}\right) = \left[\frac{1}{n} \left(\frac{F}{U}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}\right] = \left\{\frac{1}{n} \left[\frac{(s+m \cdot t) \cdot t}{s+2 \cdot t \cdot \sqrt{1+m^2}}\right]^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}\right\} \quad [3.14]$$

Η παροχή ελέγχου «Q<sub>t</sub>» προσεγγίζει τη μέγιστη υδατοστερεοπαροχή για τις μεθόδους Μουλόπουλου, Bernard, Romiti και Κωτούλα στην εξίσωση [3.15], ενώ για τις μεθόδους Valentini και Muller προσεγγίζει τη μέγιστη υδατοπαροχή στην εξίσωση [3.16] (Καπετανόπουλος, 2001).

$$Q_t = (v \cdot F) = \left[K \cdot \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot (s + m \cdot t) \cdot t\right] = \left[\frac{\gamma_v}{\gamma_v + \xi \cdot (\gamma_s - \gamma_v)} \cdot \frac{1}{n} \left(\frac{F}{U}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot (s + m \cdot t) \cdot t\right] = \left\{\frac{\gamma_v}{\gamma_v + \frac{Q_s}{Q_v} \cdot (\gamma_s - \gamma_v)} \cdot \frac{1}{n} \left[\frac{(s+m \cdot t) \cdot t}{s+2 \cdot t \cdot \sqrt{1+m^2}}\right]^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot (s + m \cdot t) \cdot t\right\} \quad [3.15]$$

$$Q_t = (v \cdot F) = \left[\frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot (s + m \cdot t) \cdot t\right] = \left[\frac{1}{n} \cdot \left(\frac{F}{U}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot (s + m \cdot t) \cdot t\right] = \left\{\frac{1}{n} \cdot \left[\frac{(s+m \cdot t) \cdot t}{s+2 \cdot t \cdot \sqrt{1+m^2}}\right]^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot (s + m \cdot t) \cdot t\right\} \quad [3.16]$$

### 3.5 Λογισμικό Diarrus

Το ελεύθερο πρόγραμμα Diarrus έχει καταρτιστεί σε γλώσσα Visual Basic 6.0, από το Τμήμα Δασοτεχνικής Διευθέτησης Χειμάρρων της Γενικής Γραμματείας Δασών του Υπουργείου Γεωργίας. Έχει τη δυνατότητα υπολογισμού του βέλτιστου διάρρου, αλλά και ελέγχου, με προσδιορισμό

της παροχής, ενός υπάρχοντος. Ο διάρρους διαστασιολογείται ώστε (Καπετανόπουλος, 2000):

- i. Να παροχετεύει τη μέγιστη υδατοστερεοπαροχή στη θέση κατασκευής του φράγματος.
- ii. Να μη δημιουργεί προβλήματα στη πλευρική θεμελίωση του φράγματος.
- iii. Να απομακρύνει το νερό από τα πρανή, διαμορφώνοντας την επιθυμητή κοίτη, ανάντη του φράγματος.
- iv. Να συμβάλλει στη μείωση του κόστους διευθέτησης του χειμάρρου, μέσω της μείωσης της υποσκαφής, του βάθους θεμελίωσης, της πίεσης που ασκείται στο φράγμα και της αύξησης της κλίσης αντιστάθμισης.

Το λογισμικό υπολογίζει το ύψος του νερού « $H_w$ » μέσω διαδοχικών προσεγγίσεων, την αγωγιμότητα « $Q$ » του διάρρου θεωρώντας την ταχύτητα προσέγγισης του νερού μηδενική, την άνω « $b_a$ » και κάτω « $b_k$ » βάση του διάρρου λαμβάνοντας ως ύψος « $H_a$ » την στρογγυλοποίηση του ύψους του νερού στο πλησιέστερο δεκατόμετρο και την κλίση του αριστερού « $K_a$ » και δεξιού « $K_d$ » πρανούς του διάρρου, μέσω των εξισώσεων [3.17] και [3.18]. Ο συντελεστής εκροής « $m$ » λαμβάνεται 1,90 για τους ελεύθερους και 1,47 για τους βυθισμένους εκχειλιστές (Καπετανόπουλος, 2000).

$$Q = \left( m \cdot H_w^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{2 \cdot b_k + 3 \cdot b_a}{5} \right) \quad [3.17]$$

$$b_a = \left[ b_k + \frac{H_a \cdot (K_a + K_d)}{100} \right] \quad [3.18]$$

### 3.6 Λογισμικό FrgBarus

Το ελεύθερο πρόγραμμα FrgBarus έχει καταρτιστεί σε γλώσσα Visual Basic 6.0, από το Τμήμα Δασοτεχνικής Διευθέτησης Χειμάρρων της Γενικής Γραμματείας Δασών του Υπουργείου Γεωργίας. Χρησιμοποιείται για την επίλυση των στατικών υπολογισμών σε ευθύγραμμα φράγματα βαρύτητας ή ελέγχου ενός δεδομένου φράγματος, προσδιορίζοντας την ελάχιστη διατομή ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες ευστάθειας, με τις παραδοχές ότι (Καπετανόπουλος, 2003):

- i. Το κατάντες μέτωπο είναι κεκλιμένο ή κατακόρυφο, με τη δυνατότητα ύπαρξης ή μη ποδιάς και γείσου.
- ii. Το ανάντες μέτωπο είναι κατακόρυφο ή βαθμιδωτό.
- iii. Η βάση του φράγματος είναι κεκλιμένη ή οριζόντια, αναλόγως των συνθηκών ολίσθησης.

Στη διαστασιολόγηση του φράγματος οι δυνάμεις που λαμβάνονται υπόψη είναι (Καπετανόπουλος, 2003):

- i. Το βάρος του φράγματος ( $P_g$ ).

- ii. Η δύναμη φόρτισης της στέψης λόγω ύδατος και φερτών υλικών ( $P_k$ ).
- iii. Η δύναμη φόρτισης των βαθμίδων ( $P_{vo}$ ).
- iv. Η οριζόντια πίεση στο ανάντες μέτωπο του φράγματος λόγω της ώθησης γαιών και του ύδατος ( $P_{ho}$ ).
- v. Η κάθετη στη βάση δύναμη της άνωσης ( $P_a$ ).
- vi. Η κατακόρυφη δύναμη φόρτισης στο κατάντες μέτωπο του φράγματος ( $P_{vu}$ ).
- vii. Η οριζόντια πίεση στο κατάντες μέτωπο ( $P_{hu}$ ).

Για την κατασκευή προεξοχής ή ποδιάς του φράγματος, το λογισμικό υπολογίζει τις διαστάσεις ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος από τις αναπτυσσόμενες τέμνουσες δυνάμεις, τις ροπές κάμψης, την πρόσκρουση του ύδατος και των φερτών υλικών, εκτιμώντας το μέγιστο μήκος προεξοχής της ποδιάς « $X_{pk}$ » χωρίς την απαίτηση οπλισμού, με δεδομένα το άνω μήκος της ποδιάς « $X_{pa}$ », το επιθυμητό ύψος ποδιάς « $H_p$ » και την κλίση του κατάντη μετώπου του φράγματος « $C_m$ », μέσω της εξίσωσης [3.19] (Καπετανόπουλος, 2003).

$$X_{pk} = \left( X_{pa} - \frac{H_p \cdot C_m}{100} \right) \quad [3.19]$$

Επιπλέον, στην περίπτωση φράγματος από σκυρόδεμα υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής γείσου, εκτιμώντας το ελάχιστο πάχος « $H_{gu}$ » στο άκρο του γείσου ώστε να μην απαιτείται οπλισμός, με δεδομένα το ελάχιστο πάχος στην πάκτωση « $H_{go}$ » και το μήκος του ανοίγματος « $X_{gu}$ » το οποίο λειτουργεί σαν πρόβολος, μέσω της εξίσωσης [3.20] (Καπετανόπουλος, 2003).

$$H_{gu} = (H_{go} - X_{gu} \cdot 0,3) \quad [3.20]$$

Επίσης, μπορεί να συμπληρωθεί το πάχος της προστατευτικής λιθοδομής στη στέψη του φράγματος για προστασία από την κατατριβή. Τέλος, το λογισμικό εξάγει τις δυνάμεις και τις ροπές που προέκυψαν λόγω του βάρους του φράγματος, του εδάφους θεμελίωσης και των γεωμετρικών στοιχείων που δόθηκαν.

### 3.7 Λογισμικό Torrential-MIK

Το ελεύθερο πρόγραμμα Torrential-MIK δημιουργήθηκε από το Εργαστήριο Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων και Διαχείρισης Κινδύνου, του Τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης. Χρησιμοποιεί τις γλώσσες προγραμματισμού JavaScript, Html και φύλλα μορφής CSS. Όλες οι εργασίες του προγράμματος εκτελούνται απευθείας από τους περιηγητές ιστού (browser), οι οποίοι βασίζονται σε μηχανές Gecko, Presto ή Webkit, με ενεργοποιημένο το χαρακτηριστικό XMLHttpRequest. Οι υδραυλικοί υπολογισμοί που διεκπεραιώνονται μέσω του προγράμματος είναι (Μάρης, 2012):

- i. Ο υπολογισμός της παροχής και της στερεοπαροχής χειμάρρου.
- ii. Ο υπολογισμός της ταχύτητας ροής.
- iii. Ο υπολογισμός της κλίσης αντιστάθμισης.
- iv. Ο υπολογισμός της στάθμης ύδατος του χειμάρρου.
- v. Ο υπολογισμός των γεωμετρικών στοιχείων του διάρρου φράγματος.
- vi. Ο υπολογισμός των γεωμετρικών στοιχείων και του οπλισμού του γείσου φράγματος.
- vii. Ο στατικός υπολογισμός φράγματος βαρύτητας.
- viii. Ο στατικός υπολογισμός τοίχου αντιστήριξης.
- ix. Ο στατικός υπολογισμός συρματοπλεχτών τοίχων (σαρζανέτ).

Για τον υπολογισμό της στάθμης του νερού στα κατάντη του φράγματος, το λογισμικό υπολογίζει αρχικά το κρίσιμο ύψος του νερού για ορθογωνική διατομή με βάση την υδατοστερεοπαροχή « $Q_0$ », το πλάτος της κοίτης « $s$ » και την επιτάχυνση της βαρύτητας « $g$ », μέσω του τύπου [3.21]. Στη συνέχεια, ο υπολογισμός του κρίσιμου βάθους τραπεζοειδούς διατομής πραγματοποιήθηκε με τη σταδιακή μείωση του ύψους του τραπέζιου, μέχρι να επιτευχθεί ισότητα μεταξύ ορθογωνικής και τραπεζοειδούς διατομής (Μάρης, 2012).

$$H = \left(\frac{3}{2} \cdot h_{κρ}\right) = \left(\frac{3}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}\right) = \left[\frac{3}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{(Q_0)^2}{g}}\right] \quad [3.21]$$

Για τον υπολογισμό του βάθους της μέγιστης υποσκαφής « $S_0$ », του μήκους της μέγιστης υποσκαφής « $L_s$ » και της υποσκαφής του θεμελίου « $h_s$ » το λογισμικό χρησιμοποιεί τις εξισώσεις [3.22] έως [3.24] του Κωτούλα, ενώ για την εκτίμηση της ελάχιστης διαμέτρου « $D_e$ » των λίθων για επένδυση της κοίτης με στόχο την αποτροπή της υποσκαφής γίνεται χρήση της εξίσωσης [3.25] του Meyer-Petter. Ο συντελεστής « $W_s$ » λαμβάνεται 0,78 για τους ελεύθερους και 0,70 για τους βυθισμένους εκχειλιστές. Ως ύψος του φράγματος « $H_h$ » λαμβάνεται το υπέργειο ύψος. Η ειδική παροχή « $q$ » αποτελεί το λόγο της υδατοστερεοπαροχής προς το πλάτος της κοίτης. Η διάμετρος των λίθων « $d_{90}$ » αναφέρεται στο 90% του βάρους του μίγματος.

Ο συντελεστής « $W_e$ » λαμβάνεται 0,75 για τους ελεύθερους και 1,45 για τους βυθισμένους εκχειλιστές. Ως κλίση κατόπι του φράγματος λαμβάνεται η κλίση αντιστάθμισης « $J_a$ ». Ο συντελεστής « $a$ » λαμβάνεται από το λογισμικό ίσος με 0,17, με βάση τον Κωτούλα (Μάρης, 2012).

$$S_o = \left( \frac{W_s \cdot H h^{0,35} \cdot q^{0,7}}{d_{90}^{0,4}} \right) \quad \mathbf{[3.22]}$$

$$L_s = \left( \frac{W_e \cdot H h^{0,45} \cdot q^{0,9}}{d_{90}^{0,8}} \right) \quad \mathbf{[3.23]}$$

$$h_s = (S_o - H_{wu}) = \left( \frac{W_s \cdot H h^{0,35} \cdot q^{0,7}}{d_{90}^{0,4}} - \frac{3}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \right) \quad \mathbf{[3.24]}$$

$$D_e \geq \left( q^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{J_a}{a} \right) \quad \mathbf{[3.25]}$$

## 4. Περιοχή Μελέτης-Υδατόρεμα Αχερώνας

Η νήσος Λέσβος βρίσκεται στο βορειοανατολικό Αιγαίο. Είναι το τρίτο σε μέγεθος ελληνικό νησί μετά την Κρήτη και την Εύβοια, με έκταση 1.636,7 km<sup>2</sup> και ακτογραμμή 381 km. Εξαιτίας του σχήματός της έχει εξαιρετικά μεγάλη ανάπτυξη ακτών σε σχέση με την έκτασή του (Λέκκας, 2017).

Σε γενικές γραμμές η Λέσβος παρουσιάζει ποικιλία φυσικών πόρων, γεωγραφικών στοιχείων και γεωλογικών σχηματισμών. Οι ακτές της, με πολλούς ορμίσκους και ακρωτήρια παρουσιάζουν μεγάλο μήκος και σχηματίζουν δύο μεγάλους και πλούσιους σε αλιεύματα κόλπους, της Καλλονής (επιφάνειας περίπου 120 km<sup>2</sup>) και της Γέρας (επιφάνειας περίπου 40 km<sup>2</sup>). Ένα τμήμα του νησιού καταλαμβάνεται από πεδιάδες, από τις οποίες σημαντικότερες είναι της Καλλονής και της Γέρας, ενώ τα ποτάμια της Λέσβου δεν έχουν μόνιμη ροή, αντίθετα είναι εφήμεροι χειμαρροί όπως ο Ευεργέτουλας, ο Τοικνιάς και ο Βούλγαρης (Εικόνα 4.1), οι τρεις σε σειρά μεγαλύτεροι ποταμοί της Λέσβου. Οι υψηλότερες κορυφές είναι του Ολύμπου (967 m) και του Λεπέτυμνου (968 m). Το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού καλύπτεται από εκτάσεις με ελαιόδεντρα, ενώ το υπόλοιπο είναι διάσπαρτο με οπωροφόρα και κωνοφόρα δένδρα, αμπελώνες, αγροκτήματα, βοσκότοπους, ενώ ένα μεγάλο τμήμα κυρίως στη δυτική πλευρά καταλαμβάνεται μόνο από χαμηλή φυσική βλάστηση και πουρνάρια (Λέκκας, 2017).

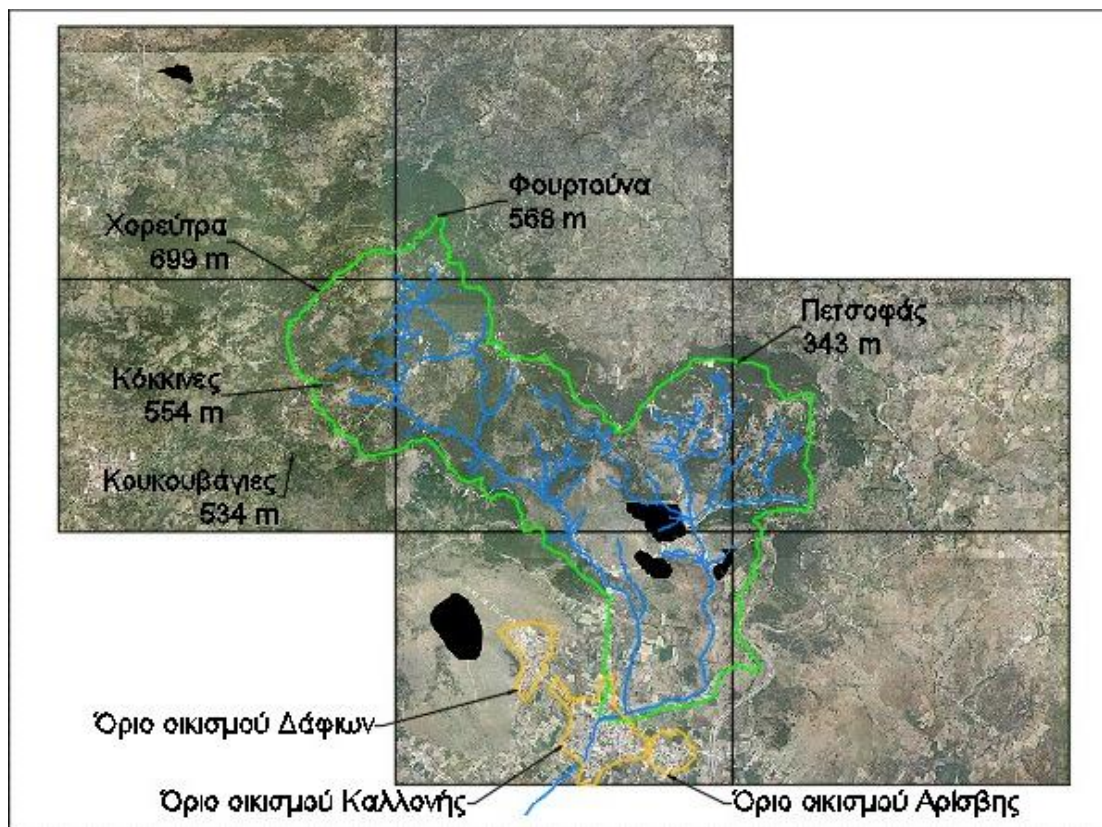


**Εικόνα 4.1:** Λεκάνες απορροής της Λέσβου (Λέκκας, 2017)

Το εξεταζόμενο υδατόρεμα είναι ο κείμαρρος Αχερώνας ο οποίος πηγάζει από ορεινούς σχηματισμούς του κεντρικού λεκανοπεδίου της Λέσβου (Πετσοφάς, Χορεύτρα) μέσω δύο κεντρικών κλάδων, τον δυτικό (Κυπριανού Ρέμα) παράλληλης μορφής και τον ανατολικό (Λαχανικού Ρέμα) δενδριτικής μορφής και αφού διέλθει επικαλυμμένο κάτω από την πόλη της Καλλονής σε μήκος εξακοσίων (600) περίπου μέτρων, καταλήγει στον κεντρικό ποταμό Εννιά Καμάρες ο οποίος εκβάλλει στο βόρειο κεντρικό τμήμα του κόλπου της Καλλονής Λέσβου σε έλος χοανοειδούς μορφής. Πρόκειται για έναν αβαθή κόλπο (το βάθος είναι μικρότερο των 10 m), που δεσπόζει στο κεντρικό τμήμα του νησιού. Στα δυτικά του κόλπου ανυψώνονται σχετικά απότομα οι ηφαιστειακοί ορεινοί όγκοι του Όρδυμνου. Αντίθετα, στα βόρεια και ανατολικά του κόλπου απαντώνται εκτεταμένες περιοχές προσχώσεων.

Η λεκάνη απορροής Εννιά Καμάρες είναι η τρίτη σε έκταση (45 km<sup>2</sup>) από αυτές που εκβάλλουν στον κόλπο Καλλονής. Η γειτονική, προς ανατολικά, λεκάνη είναι του ποταμού Τσικνιά (η δεύτερη πιο σημαντική λεκάνη του νησιού με συνολικό εμβαδόν 91,79 km<sup>2</sup>).

Η λεκάνη απορροής του Αχερώνα, οριοθετείται από τις κορυφογραμμές Πετσοφάς (343 m), Φουρτούνα (568 m) και Χορεύτρα (699 m) στα βόρεια και τις Κόκκινες (554 m) και Κουκουβάγιες (534 m) στα βορειοδυτικά (Εικόνα 4.2). Οι δύο κεντρικοί κλάδοι της λεκάνης απορροής του Αχερώνα συμβάλλουν σε κοντινή απόσταση από τον οικισμό της Καλλονής. Το σημείο όπου τα όρια του οικισμού ενώνονται με το υδατόρεμα θα αποτελέσει και τις εκβολές του υδροκρίτη της περιοχής μελέτης.



**Εικόνα 4.2:** Οικισμοί και υψώματα της λεκάνης απορροής Αχερώνα

Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης Αχερώνα ελέγχεται από παράγοντες όπως η γεωλογία, η τεκτονική και η ηφαιστειακή δραστηριότητα του παρελθόντος. Γεωλογικά, η λεκάνη απορροής δομείται από σωρούς και εκτεταμένες ροές λαβών, δηλαδή ηφαιστειακά πετρώματα Νεογενούς ηλικίας, τα οποία αποτελούν προϊόντα μιας ηφαιστειακής δραστηριότητας που έλαβε χώρα στο βόρειο και κεντρικό Αιγαίο κατά την περίοδο του Άνω Ολιγοκαίνου με Μέσου Μειοκαίνου. Πρόκειται για ένα ηφαιστειακό τόξο, αποτέλεσμα της δραστηριότητάς του ήταν η δημιουργία μιας ζώνης ηφαιστειακών πετρωμάτων ασβεσταλκαλικής έως σωσονιτικής σύστασης, που εκτείνεται στην περιοχή του βόρειου και κεντρικού Αιγαίου και φτάνει μέχρι τη Δυτική Ανατολία. Ειδικότερα, η λεκάνη του Αχερώνα τοποθετείται εντός μιας σειράς από στρωματομόρφα ηφαιστειακά πετρώματα βασάλτη, ανδεσίτη, δακίτη και ρυόλιθου, τα οποία σχηματίζουν μία αλυσίδα ηφαιστειακών κέντρων, που εκτείνεται σε ΝΔ-ΒΑ διεύθυνση και περιλαμβάνει μία πιθανή καλδέρα στην περιοχή της Βατούσας (Λέκκας, 2017).

## 4.1 Ιστορικές πλημμύρες κατάντη της λεκάνης

Το 1953 στη Καλλονή πλημμύρισε το κέντρο της πόλης και καταστράφηκαν οικίες και καταστήματα εκατέρωθεν του κύριου ρέματος που διαπερνά την Καλλονή. Τα πλημμυρικά ύδατα επεκτάθηκαν αρκετά



τετράγωνα (κυρίως προς τα δυτικά) πλημμυρίζοντας αλλά και γκρεμίζοντας κατασκευές, με επιβεβαιωμένα τρία ή τέσσερα θύματα (Λέκκας, 2017).

Στις 21 Ιανουαρίου του 1966 στη Καλλονή και στη Μήθυμνα, πολλές οικίες κατακλύστηκαν από τα ύδατα, ξεριζώθηκαν πολλά ελαιόδεντρα και πνίγηκαν πολλά ζώα (Λέκκας, 2017).

Το 1986 στη Καλλονή προκλήθηκαν καταστροφές σε περιουσίες και αγροτικές εκτάσεις (Λέκκας, 2017).

Στις 25 Νοεμβρίου του 2005, στην Καλλονή, στην Αγία Παρασκευή, στη Μυτιλήνη, στη Πέτρα και στο Πέραμα προκλήθηκαν μεγάλες καταστροφές από τις πλημμύρες. Ιδιαίτερα στην Καλλονή το νερό ξεπέρασε το ένα μέτρο και στην Αγ. Παρασκευή και Μυτιλήνη πλημμύρισαν σπίτια και καταστήματα. Μεγάλες ήταν επίσης, οι καταστροφές στο οδικό, επαρχιακό, αγροτικό και εθνικό δίκτυο (Λέκκας, 2017).

Στις 13 Δεκεμβρίου του 2011 στη Καλλονή προκλήθηκαν ζημιές σε περιουσίες, επιχειρήσεις και κατοικίες κυρίως κατά μήκος του ρέματος που περνάει μέσα από τον οικισμό. Αναφορές στον τοπικό τύπο περιγράφουν για ένα τεράστιο δέντρο, το οποίο σφηνώθηκε στη γέφυρα στην είσοδο του πλακοσκεπούς αγωγού, όπου υπερχειλίσε το ποτάμι. Οι κάτοικοι διαμαρτύρονται έχοντας πρόσφατη την καταστροφή του 2005 (Λέκκας, 2017).

Στις 29 Νοεμβρίου του 2016, λόγω μιας καταιγίδας υψηλής έντασης η οποία προκάλεσε έντονα πλημμυρικά φαινόμενα κυρίως σε δυτική και βόρεια Λέσβο, στην Καλλονή πραγματοποιήθηκαν από την Πυροσβεστική Υπηρεσία πενήντα εννέα αντλήσεις υδάτων, ενώ σε είκοσι τρεις περιπτώσεις δεν έγιναν ενέργειες λόγω χαμηλής στάθμης. Ειδικότερα, σε επτά ώρες και έως τις τρεις τα ξημερώματα, στο λεκανοπέδιο της Καλλονής στην κεντρική Λέσβο, έπεσαν περισσότερα από διακόσια είκοσι χιλιοστά νερού. Το αποτέλεσμα ήταν, να υπερχειλίσουν ο ποταμός Αχερώνας που διαπερνά την κωμόπολη της Καλλονής αλλά και ο μεγάλος ποταμός Τσικνιάς, με επακόλουθο να πλημμυρίσουν η Καλλονή, το Κεράμι ακόμα και η παραθαλάσσια Σκάλα Καλλονής. Τόνοι νερού και λάσπης μπήκαν σε δεκάδες σπίτια και μαγαζιά προκαλώντας τεράστιες ζημιές. Τέλος, πραγματοποιήθηκαν πέντε διασώσεις (μεταφορά σε ασφαλές σημείο) στην Καλλονή και μία στην Σκάλα Καλλονής (Λέκκας, 2017).

Από τα παραπάνω καταγεγραμμένα γεγονότα πλημμυρών, καθίσταται φανερό ότι η κωμόπολη της Καλλονής παρουσιάζει περιοδικά φαινόμενα πλημμυρικών γεγονότων, με σημαντικές ζημιές, οι οποίες οφείλονται κυρίως, στην υπερχειλίση του χείμαρρου Αχερώνα που περνάει επικαλυμμένος κάτω από τον κεντρικό δρόμο του οικισμού. Η είσοδος της επικάλυψης του κεντρικού κλάδου εντός του οικισμού Καλλονής έχει καθαρό άνοιγμα 8,00 m × 2,10 m και η έξοδος κατάντη της πλατείας έχει

καθαρό άνοιγμα 10,30 m × 1,90 m. Η επικάλυψη του χειμάρρου πραγματοποιήθηκε το 1956, με επακόλουθα τη σημαντική μείωση της παροχетеυτικότητας, καθώς και την περιορισμένη προσβασιμότητα, με συνέπεια το δύσκολο καθαρισμό του από φερτά υλικά.

Η υπάρχουσα τεχνητή διατομή είναι μικρότερη από την φυσική, αλλά μπορεί να παροχетеύσει τις παροχές που αντιστοιχούν σε περίοδο επαναφοράς δέκα έως είκοσι ετών. Όμως η πιθανότητα υπερχειλίσης μετά την κάλυψη του χειμάρρου αυξήθηκε, αφού η φυσική διατομή που υπήρχε πριν το 1956 είχε τη δυνατότητα παροχетеυσης πλημμυρών μεγαλύτερης περιόδου επαναφοράς. Επιπρόσθετα, η συνεχής εναπόθεση φερτών στην τεχνητή διατομή μειώνει σταδιακά την παροχетеυτικότητά της, με αποτέλεσμα την υπερχειλίση του χειμάρρου από εντάσεις βροχής οι οποίες στο παρελθόν δεν θα είχαν προκαλέσει τόσο σημαντικά προβλήματα. Έτσι, όσο η παροχетеυτικότητά της διατομής μειώνεται, τόσο η πιθανότητα πλημμυρών αυξάνεται, δεδομένου ότι όλο και πιο μικρότερης έντασης και διάρκειας βροχοπτώσεις, θα προκαλούν υπερχειλίση του χειμάρρου και κατά συνέπεια πλημμύρες (Μουτάφης, 2012).

## 5. Μεθοδολογία

### 5.1 Επεξεργασία στο AutoCAD Raster Design

Αφού εντοπίστηκε η περιοχή μελέτης, στη συνέχεια έγινε η επιλογή των τοπογραφικών διαγραμμάτων της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού τα οποία περιέχουν τη λεκάνη απορροής του Αχερώνα. Ακολούθησε η γεωαναφορά τους, λαμβάνοντας υπόψη τη διακριτική ικανότητα του ματιού για τη συγκεκριμένη κλίμακα των χαρτών ΓΥΣ μέσω της εξίσωσης [5.1].

$$\text{ανεκτά όρια σφάλματος} = 0,00025 \text{ m} \cdot 5.000 \text{ m} = 1,25 \text{ m} \quad [5.1]$$

Πραγματοποιήθηκε μετασχηματισμός των ακραίων συντεταγμένων από την πλάγια ισαπέχουσα αζιμουθιακή προβολή Hatt, στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς, ΕΓΣΑ '87, μέσω του ελεύθερου λογισμικού Geodetic2009. Οι χάρτες ΓΥΣ που χρειάστηκε να γεωαναφερθούν είναι πέντε στον αριθμό και η γεωαναφορά επιτεύχθηκε μέσω του λογισμικού AutoCAD Raster Design της Autodesk. Τα φύλλα ΓΥΣ που γεωαναφέρθηκαν είναι: 5629\_2 / 5629\_4 / 5629\_6 / 5720\_3 / 5720\_5.

Για το φύλλο 5629\_2, οι συντεταγμένες στις οποίες βασίστηκε η γεωαναφορά παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.1 και 5.2.

**Πίνακας 5.1:** Συντεταγμένες Hatt των γωνιών του φύλλου 5629\_2

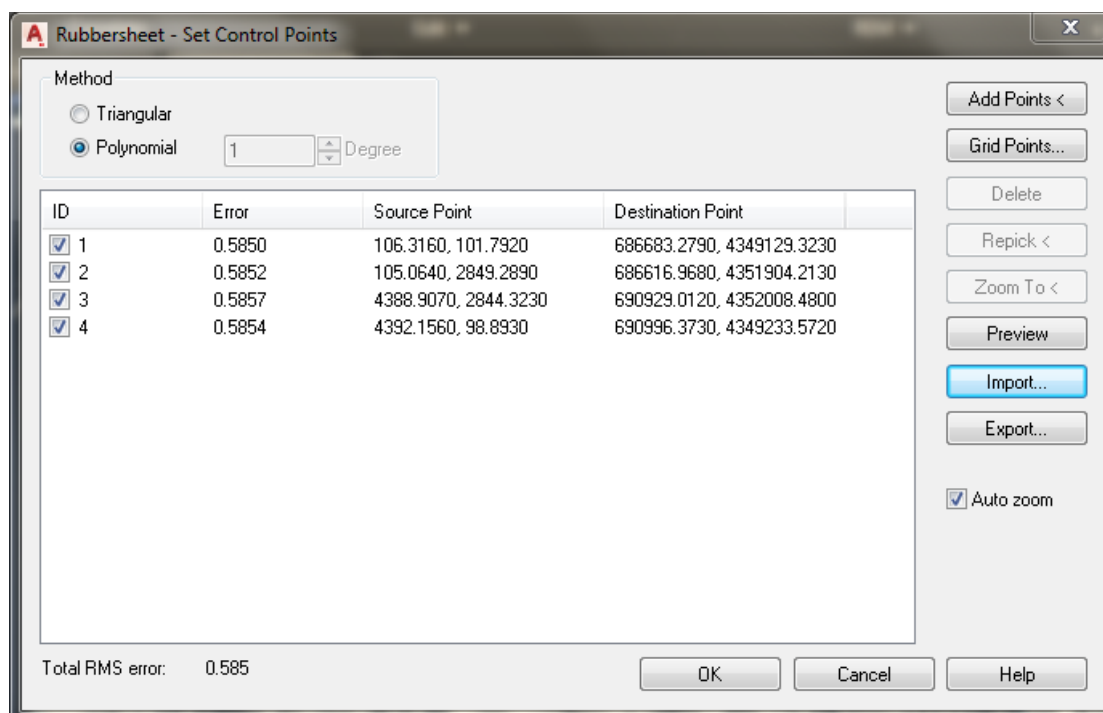
Σημείο Hatt	X (m)	Y (m)
5629_2(A)	17072,94	2591,31
5629_2(B)	17066,8	5366,91
5629_2(Γ)	21379,95	5377,65
5629_2(Δ)	21387,14	2602,06

**Πίνακας 5.2:** Συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87 των γωνιών του φύλλου 5629\_2

Σημείο ΕΓΣΑ '87	X (m)	Y (m)
5629_2(A)	686683,279	4349129,323
5629_2(B)	686616,968	4351904,213
5629_2(Γ)	690929,012	4352008,48
5629_2(Δ)	690996,373	4349233,572

Το σφάλμα της γεωαναφοράς για το φύλλο 5629\_2 βρίσκεται εντός των επιθυμητών ορίων (Εικόνα 5.1).

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*



**Εικόνα 5.1:** Μέσο τετραγωνικό σφάλμα για το φύλλο 5629\_2

Για το φύλλο 5629\_4, οι συντεταγμένες στις οποίες βασίστηκε η γεωαναφορά παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.3 και 5.4.

**Πίνακας 5.3:** Συντεταγμένες Hatt των γωνιών του φύλλου 5629\_4

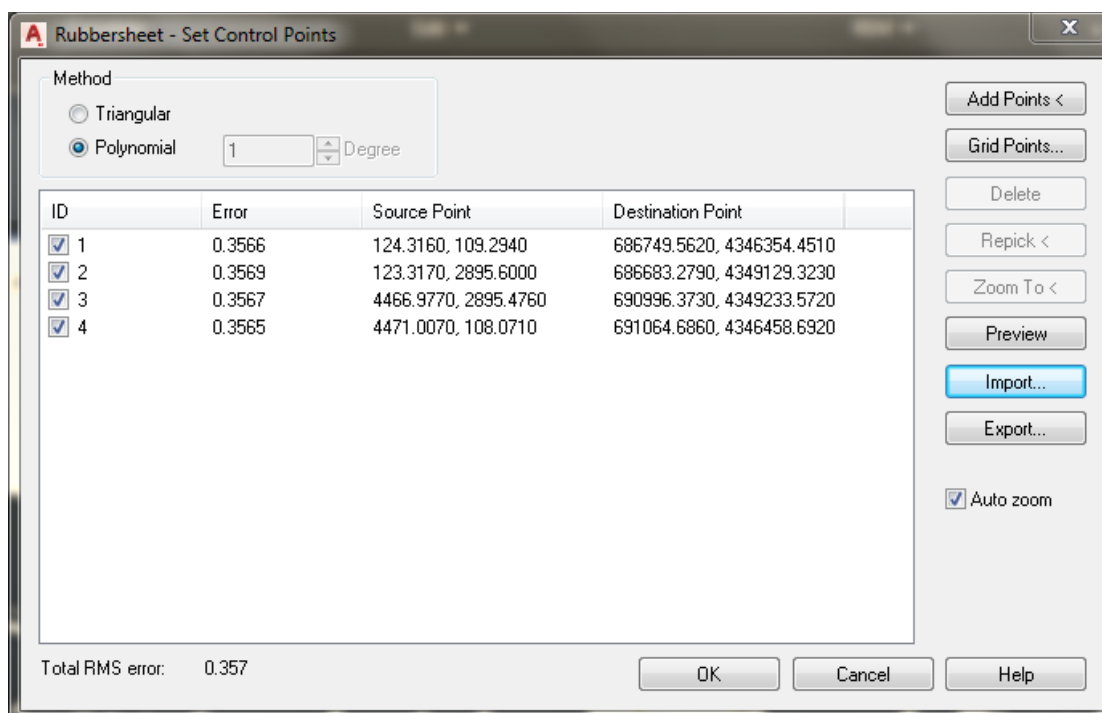
Σημείο Hatt	X (m)	Y (m)
<b>5629_4(A)</b>	17079,09	-184,27
<b>5629_4(B)</b>	17072,94	2591,31
<b>5629_4(Γ)</b>	21387,14	2602,06
<b>5629_4(Δ)</b>	21395,32	-173,52

**Πίνακας 5.4:** Συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87 των γωνιών του φύλλου 5629\_4

Σημείο ΕΓΣΑ '87	X (m)	Y (m)
<b>5629_4(A)</b>	686749,562	4346354,451
<b>5629_4(B)</b>	686683,279	4349129,323
<b>5629_4(Γ)</b>	690996,373	4349233,572
<b>5629_4(Δ)</b>	691064,686	4346458,692

Το σφάλμα της γεωαναφοράς για το φύλλο 5629\_4 βρίσκεται εντός των επιθυμητών ορίων (Εικόνα 5.2).

Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
 Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου



**Εικόνα 5.2:** Μέσο τετραγωνικό σφάλμα για το φύλλο 5629\_4

Για το φύλλο 5629\_6, οι συντεταγμένες στις οποίες βασίστηκε η γεωαναφορά παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.5 και 5.6.

**Πίνακας 5.5:** Συντεταγμένες Hatt των γωνιών του φύλλου 5629\_6

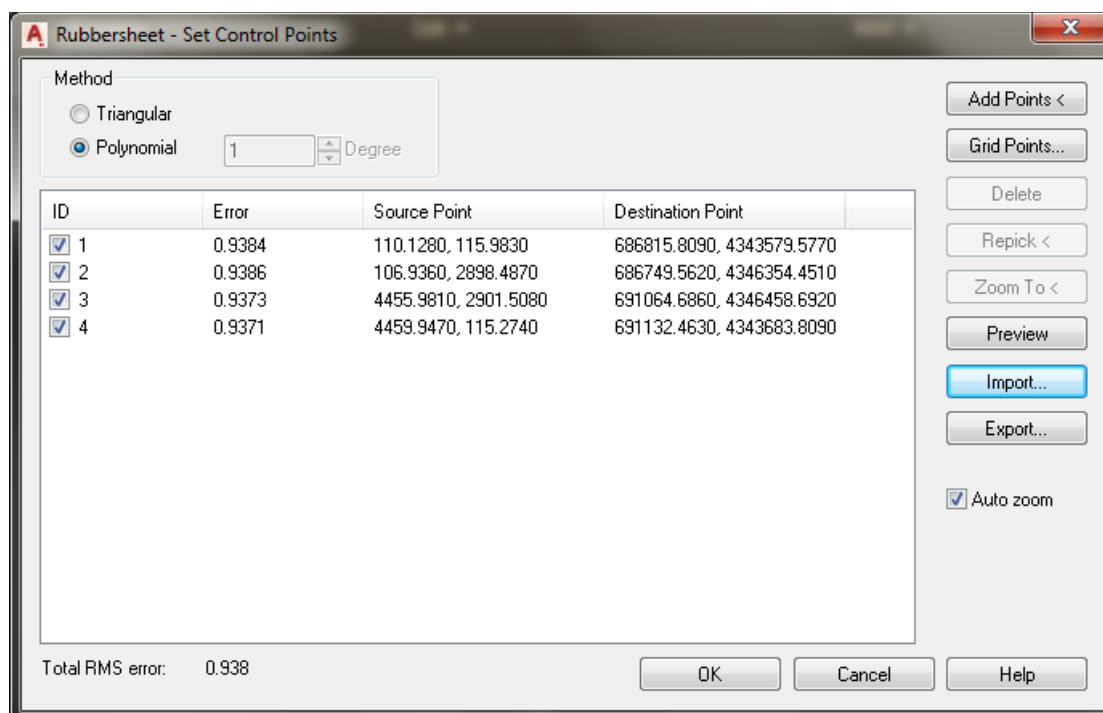
Σημείο Hatt	X (m)	Y (m)
<b>5629_6(A)</b>	17085,24	-2959,85
<b>5629_6(B)</b>	17079,09	-184,27
<b>5629_6(Γ)</b>	21395,32	-173,52
<b>5629_6(Δ)</b>	21403	-2949,09

**Πίνακας 5.6:** Συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87 των γωνιών του φύλλου 5629\_6

Σημείο ΕΓΣΑ '87	X (m)	Y (m)
<b>5629_6(A)</b>	686815,809	4343579,577
<b>5629_6(B)</b>	686749,562	4346354,451
<b>5629_6(Γ)</b>	691064,686	4346458,692
<b>5629_6(Δ)</b>	691132,463	4343683,809

Το σφάλμα της γεωαναφοράς για το φύλλο 5629\_6 βρίσκεται εντός των επιθυμητών ορίων (Εικόνα 5.3).

Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου



**Εικόνα 5.3:** Μέσο τετραγωνικό σφάλμα για το φύλλο 5629\_6

Για το φύλλο 5720\_3, οι συντεταγμένες στις οποίες βασίστηκε η γεωαναφορά παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.7 και 5.8.

**Πίνακας 5.7:** Συντεταγμένες Hatt των γωνιών του φύλλου 5720\_3

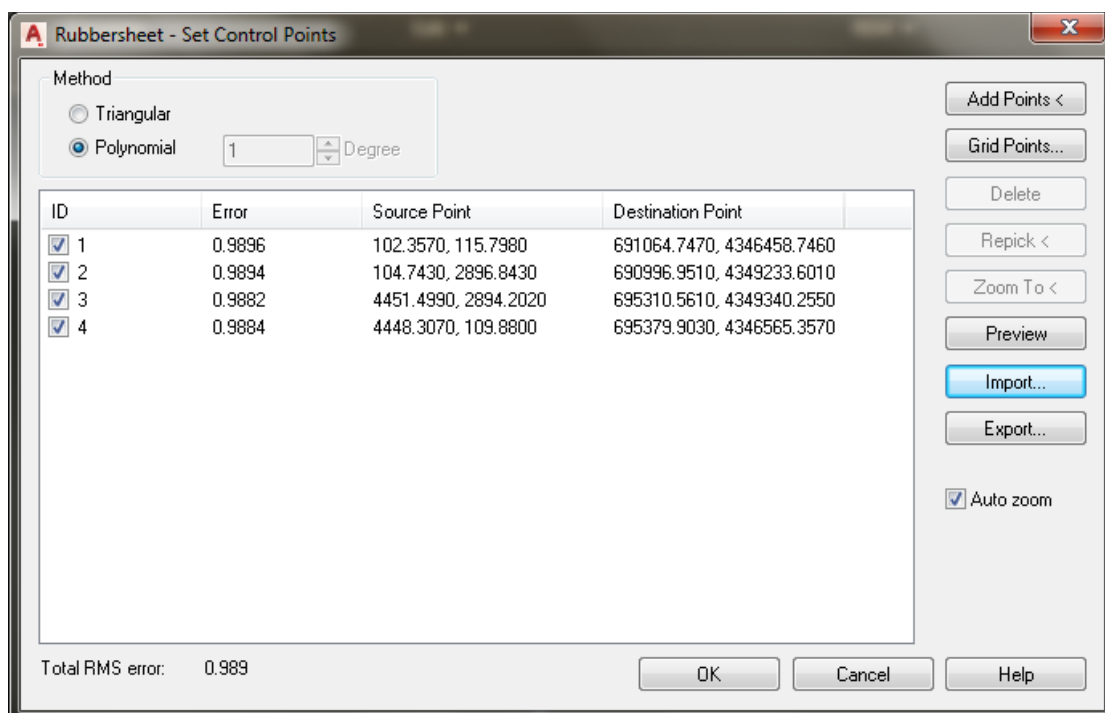
Σημείο Hatt	X (m)	Y (m)
<b>5720_3(A)</b>	-21760,52	-172,28
<b>5720_3(B)</b>	-21752,85	2603,2
<b>5720_3(Γ)</b>	-17438,3	2592,5
<b>5720_3(Δ)</b>	-17444,41	-183,01

**Πίνακας 5.8:** Συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87 των γωνιών του φύλλου 5720\_3

Σημείο ΕΓΣΑ '87	X (m)	Y (m)
<b>5720_3(A)</b>	691064,747	4346458,746
<b>5720_3(B)</b>	690996,951	4349233,601
<b>5720_3(Γ)</b>	695310,561	4349340,255
<b>5720_3(Δ)</b>	695379,903	4346565,357

Το σφάλμα της γεωαναφοράς για το φύλλο 5720\_3 βρίσκεται εντός των επιθυμητών ορίων (Εικόνα 5.4).

Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου



**Εικόνα 5.4:** Μέσο τετραγωνικό σφάλμα για το φύλλο 5720\_3

Για το φύλλο 5720\_5, οι συντεταγμένες στις οποίες βασίστηκε η γεωαναφορά παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.9 και 5.10.

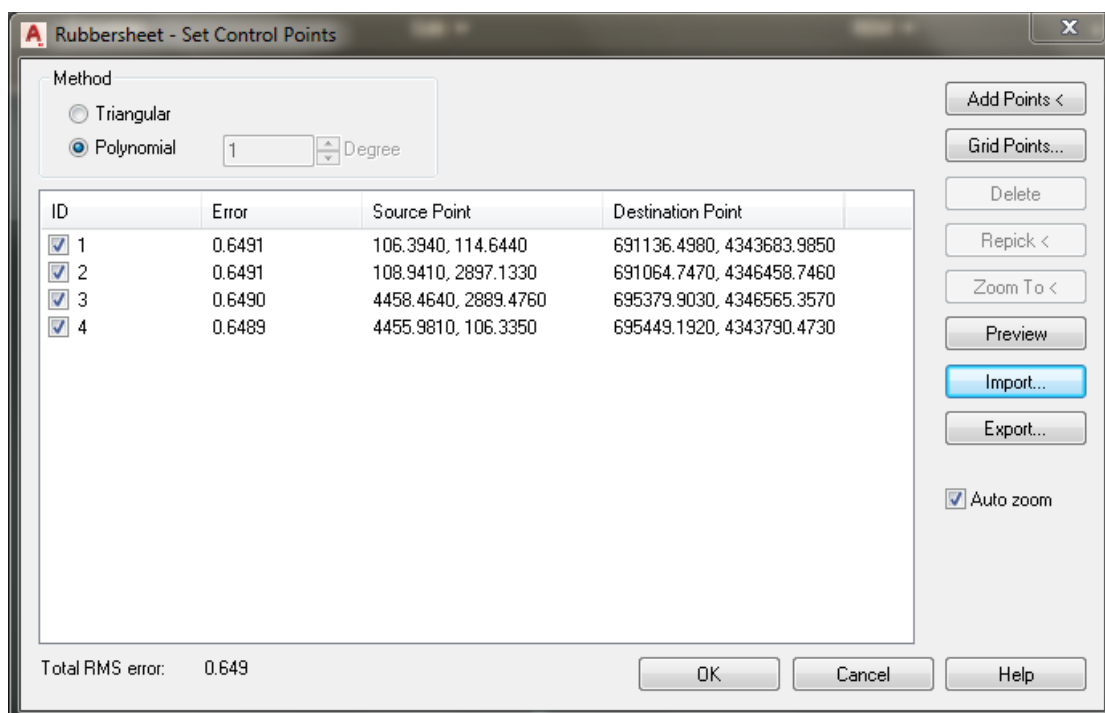
**Πίνακας 5.9:** Συντεταγμένες Hatt των γωνιών του φύλλου 5720\_5

Σημείο Hatt	X (m)	Y (m)
<b>5720_5(A)</b>	-21764,2	-2947,78
<b>5720_5(B)</b>	-21760,52	-172,28
<b>5720_5(Γ)</b>	-17444,41	-183,01
<b>5720_5(Δ)</b>	-17450,54	-2958,51

**Πίνακας 5.10:** Συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87 των γωνιών του φύλλου 5720\_5

Σημείο ΕΓΣΑ '87	X (m)	Y (m)
<b>5720_5(A)</b>	691136,498	4343683,985
<b>5720_5(B)</b>	691064,747	4346458,746
<b>5720_5(Γ)</b>	695379,903	4346565,357
<b>5720_5(Δ)</b>	695449,192	4343790,473

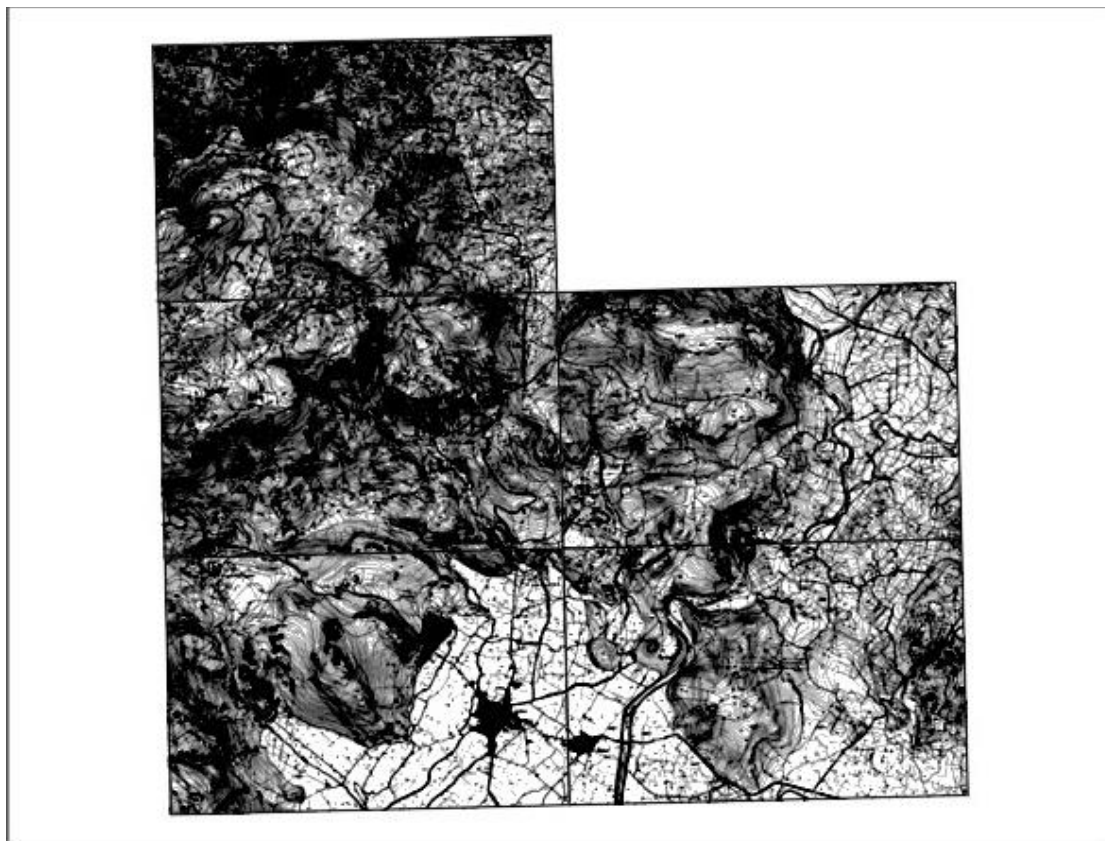
Το σφάλμα της γεωαναφοράς για το φύλλο 5720\_5 βρίσκεται εντός των επιθυμητών ορίων (Εικόνα 5.5).



**Εικόνα 5.5:** Μέσο τετραγωνικό σφάλμα για το φύλλο 5720\_5

Επομένως, οι γεωαναφερμένοι χάρτες ΓΥΣ, εντός των οποίων βρίσκεται η περιοχή μελέτης παρουσιάζονται στην Εικόνα 5.6.

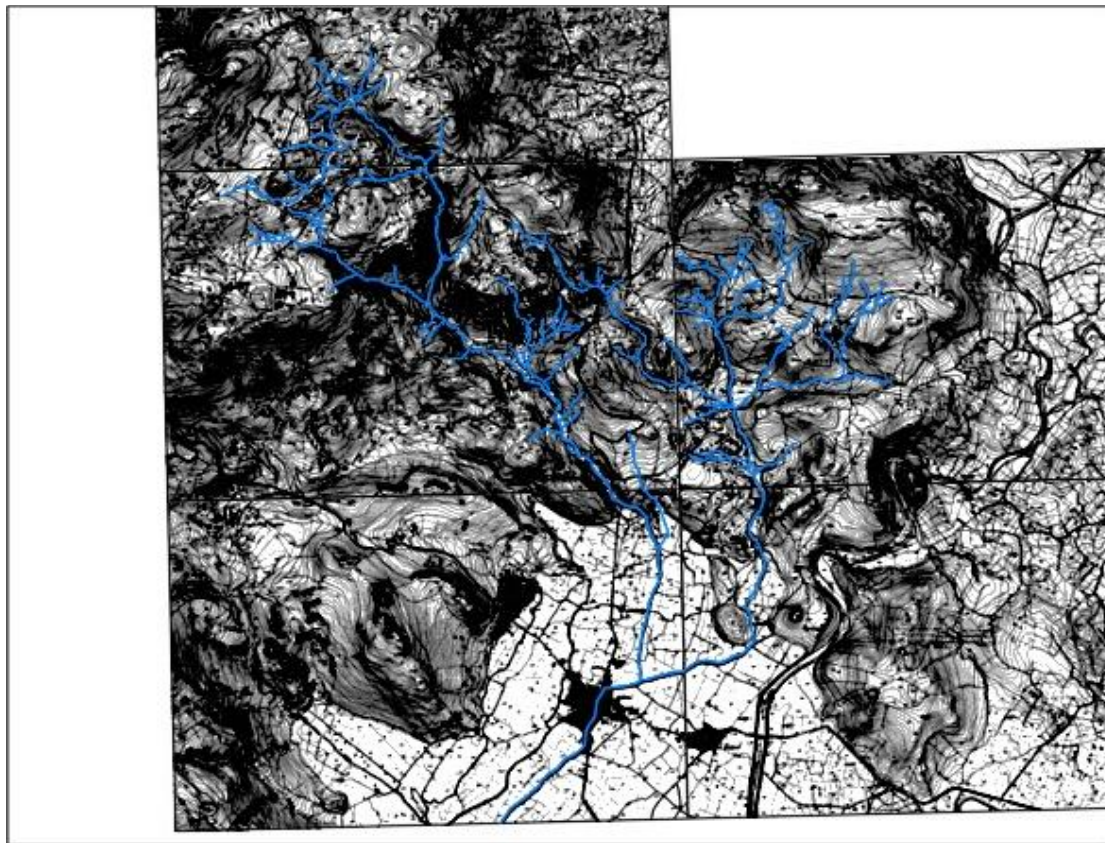




**Εικόνα 5.6:** Γεωαναφερμένα φύλλα ΓΥΣ της λεκάνης του Αχερώνα

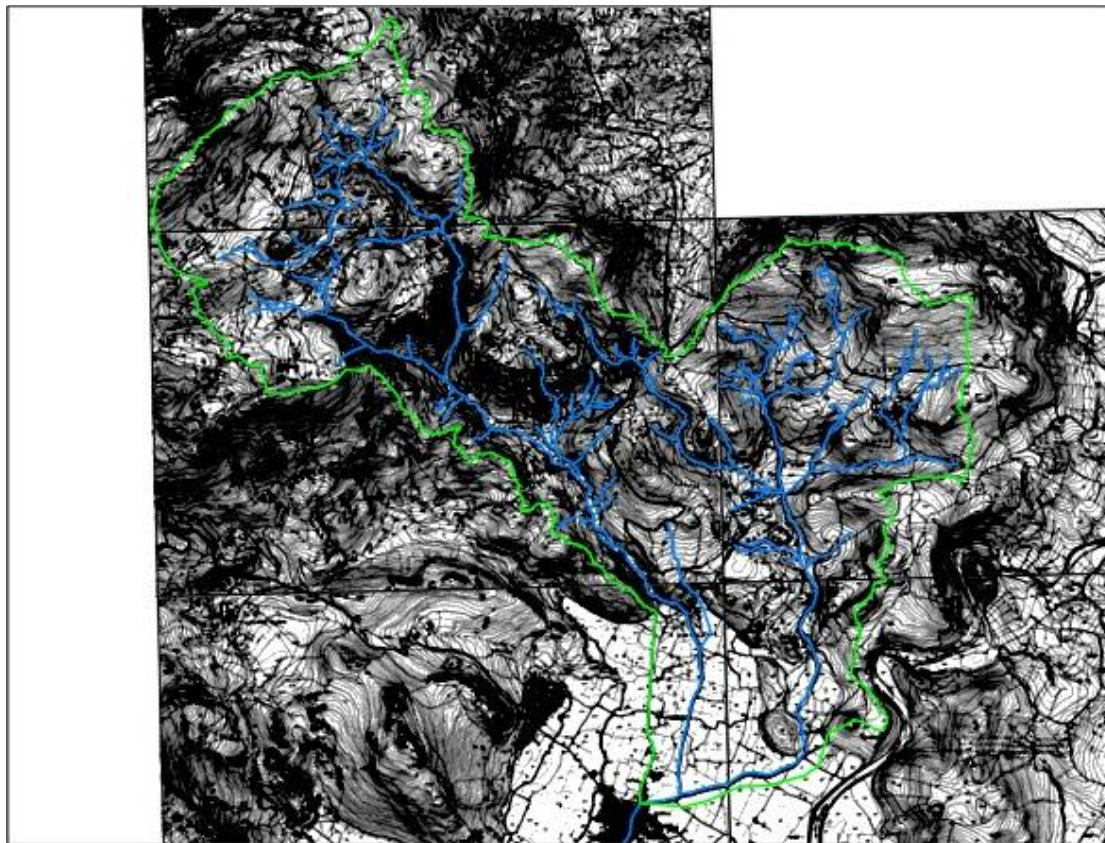
## 5.2 Επεξεργασία στο AutoCAD

Με την ολοκλήρωση της γεωαναφοράς έγινε εφικτή η ψηφιοποίηση του ρέματος, με σημείο εκβολής την είσοδό του στην κωμόπολη της Καλλονής (Εικόνα 5.7).



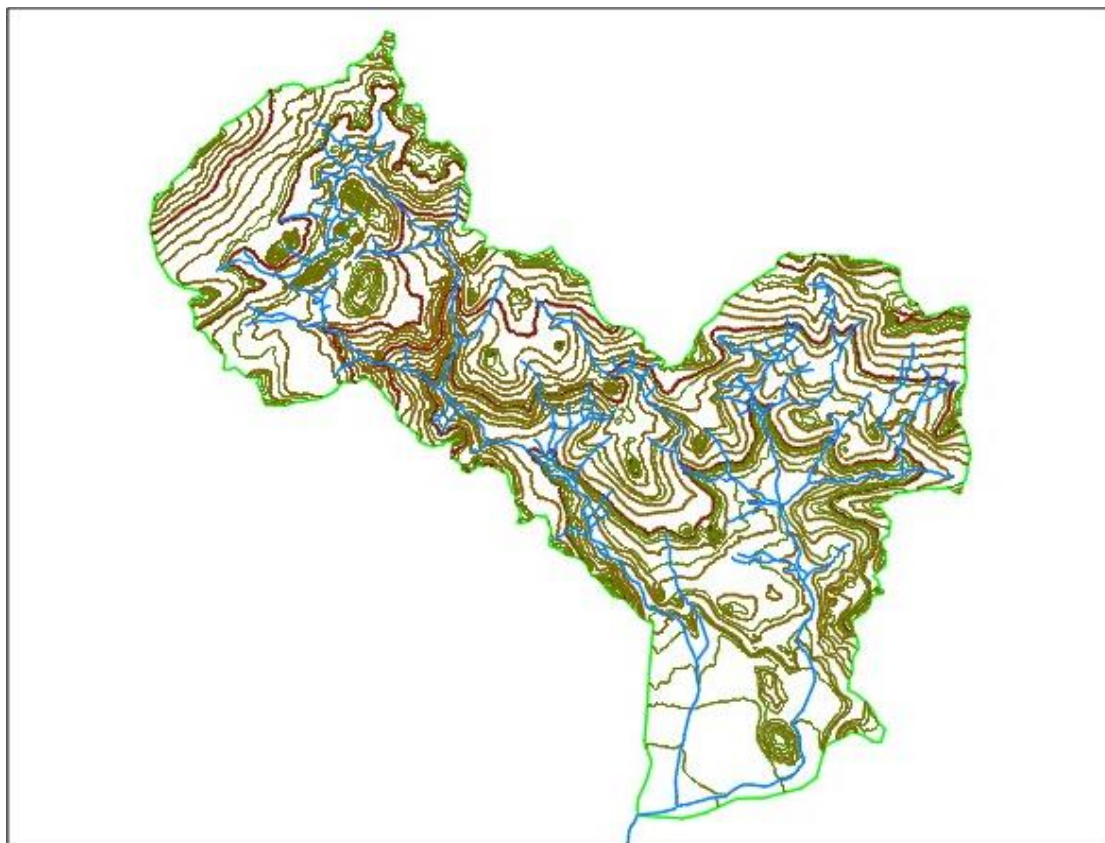
**Εικόνα 5.7:** Ψηφιοποίηση του υδατορέματος Αχερώνα

Η ψηφιοποίηση του ρέματος διευκόλυνε τη διαδικασία χάραξης του υδροκρίτη της λεκάνης απορροής (Εικόνα 5.8).



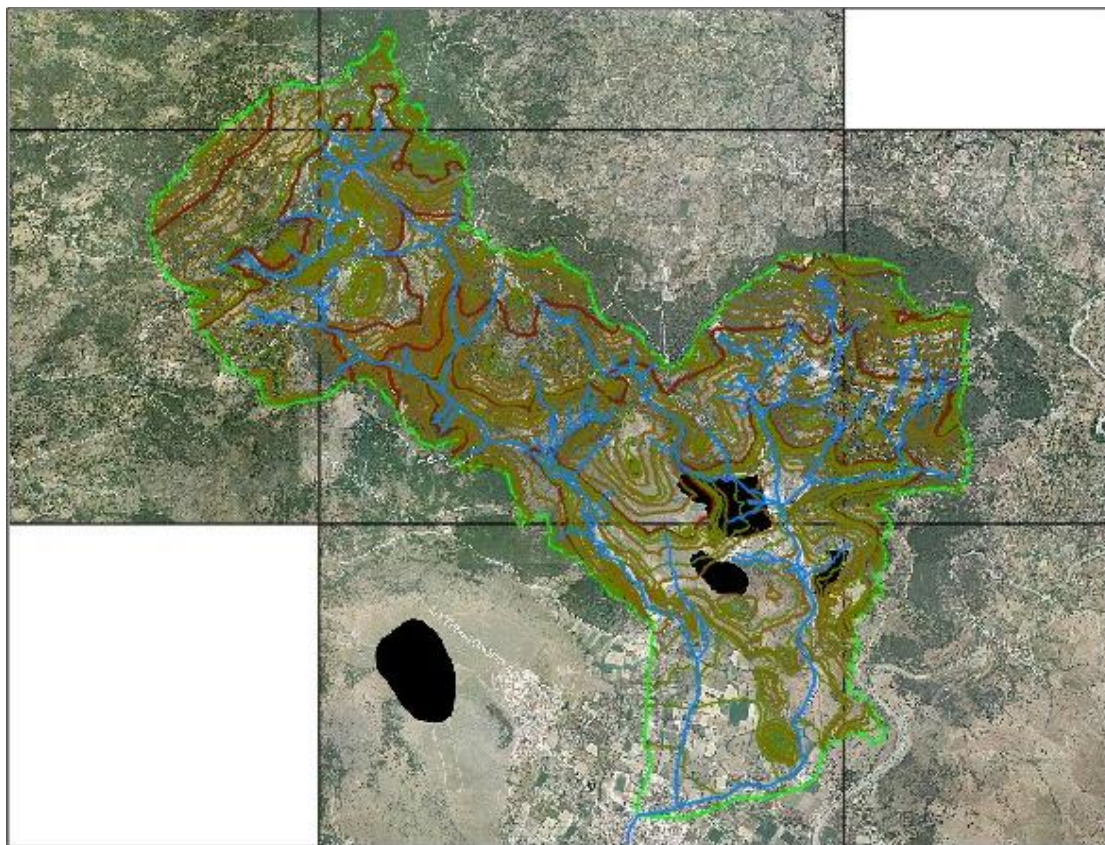
**Εικόνα 5.8:** Ψηφιοποίηση του υδροκρίτη της λεκάνης απορροής

Σε επόμενο βήμα, πραγματοποιήθηκε η ψηφιοποίηση όλων των ισοϋψών με υπόμετρο ακέραιο πολλαπλάσιο του εκατό και του είκοσι. Σε ορισμένες θέσεις και για την καλύτερη απόδοση τοπικών υψωμάτων έγινε η ψηφιοποίηση των ισοϋψών με ακέραιο πολλαπλάσιο του τέσσερα (Εικόνα 5.9).



**Εικόνα 5.9:** Ψηφιοποιημένες ισοϋψείς της λεκάνης του Αχερώνα

Για την καλύτερη οπτικοποίηση της λεκάνης απορροής με το φυσικό ανάγλυφο, αναζητήθηκαν οι συνολικά επτά ορθοφωτοχάρτες του Κτηματολογίου που καλύπτουν την περιοχή (Εικόνα 5.10).



**Εικόνα 5.10:** Η λεκάνη απορροής σε υπόβαθρο ορθοφωτοχαρτών

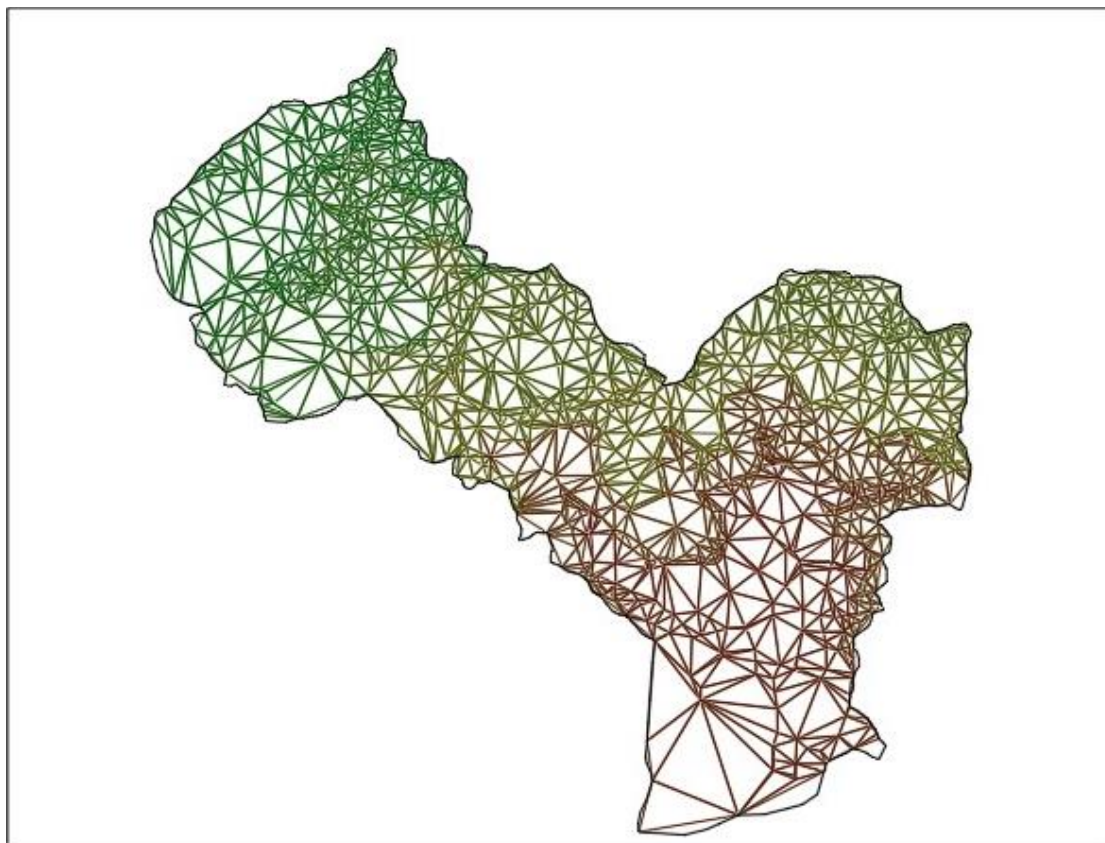
### 5.3 Επεξεργασία στο Civil 3D

Ένα δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων μπορεί να δημιουργηθεί εφόσον κάθε ισοϋψής εμπεριέχει το ορθομετρικό υψόμετρο της περιοχής που διασχίζει. Ωστόσο υπάρχουν περιοχές όπου είτε οι ισοϋψείς είναι αραιές, είτε δημιουργούνται διάσελα, είτε ακόμα στα όρια του υδροκρίτη σχηματίζονται κορυφές που απέχουν από την τελευταία ψηφιοποιημένη ισοϋψή. Για τους ανωτέρω λόγους, το ανάγλυφο δεν αποδόθηκε σωστά και ακολουθήθηκε διαδικασία βελτίωσης. Σε αυτές τις θέσεις, τα τοπογραφικά διαγράμματα της ΓΥΣ δίνουν σημεία ή και βοηθητικές ισοϋψείς με υψόμετρα ακέραια πολλαπλάσια του δύο. Μετά από δοκιμές, με τη δημιουργία του τρισδιάστατου ανάγλυφου, εντοπίστηκαν περιοχές με τα παραπάνω χαρακτηριστικά και στις κατάλληλες θέσεις τοποθετήθηκαν επιπλέον σημεία με το ορθομετρικό υψόμετρο της περιοχής ώστε να αποδοθεί καλύτερα το ανάγλυφο, όπως αυτό εμφανίζεται στην Εικόνα 5.11.



**Εικόνα 5.11:** Ψηφιοποίηση βοηθητικών σημείων από τα φύλλα ΓΥΣ

Στη συνέχεια σχηματίστηκε το τρισδιάστατο ανάγλυφο της λεκάνης απορροής, μέσω του δικτύου ακανόνιστων τριγώνων (Εικόνα 5.12).



**Εικόνα 5.12:** Τρισδιάστατο δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων της λεκάνης

Έπειτα από το σχεδιασμό του ψηφιακού ανάγλυφου το πρόγραμμα προσφέρει ορισμένα στατιστικά χαρακτηριστικά (Πίνακας 5.11).

**Πίνακας 5.11:** Στατιστικά χαρακτηριστικά της λεκάνης του Αχερώνα

<b>Ελάχιστο υψόμετρο (m)</b>	5,96
<b>Μέγιστο υψόμετρο (m)</b>	696,00
<b>Μέσο υψόμετρο (m)</b>	236,91
<b>Επιφάνεια επίπεδης περιοχής (m<sup>2</sup>)</b>	15.174.458,20
<b>Επιφάνεια τρισδιάστατης περιοχής (m<sup>2</sup>)</b>	15.796.071,80
<b>Μέση κλίση λεκάνης (%)</b>	25,30
<b>Πλήθος τριγώνων</b>	71.875,00
<b>Μέγιστο μήκος τριγώνου (m)</b>	397,56

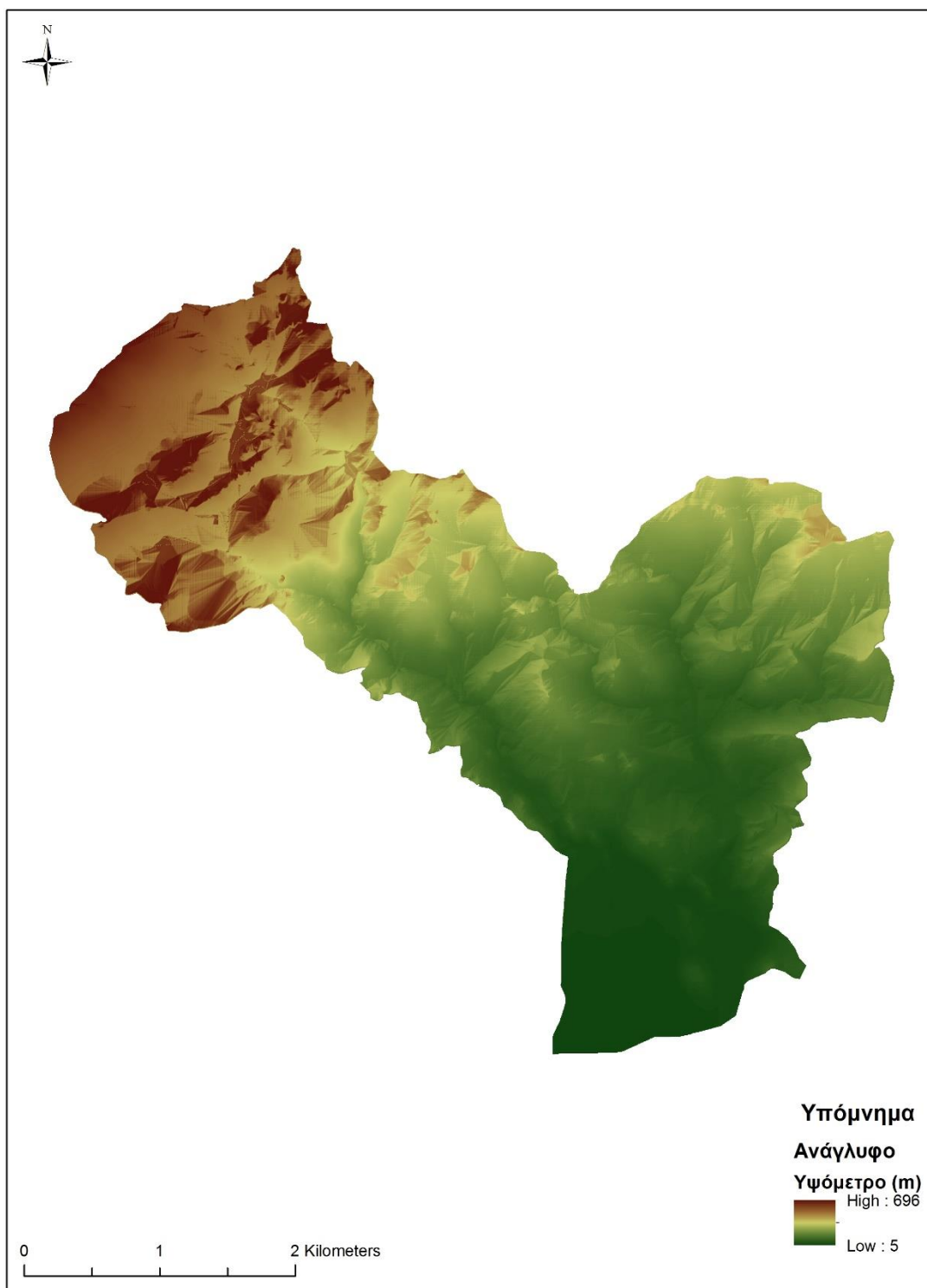
Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής του ακανόνιστου δικτύου τριγώνων σε αρχείο μορφής geotif, το οποίο περιέχει το γεωγραφικό και υψομετρικό προσδιορισμό της περιοχής. Για ακριβέστερη απόδοση του ψηφιοποιημένου ανάγλυφου επιλέχθηκε η δημιουργημένη εικόνα να έχει μέγεθος pixel 1 m x 1 m.

## 5.4 Επεξεργασία στο Arc Hydro Tools εντός ArcMap

### 5.4.1 Προεπεξεργασία ανάγλυφου

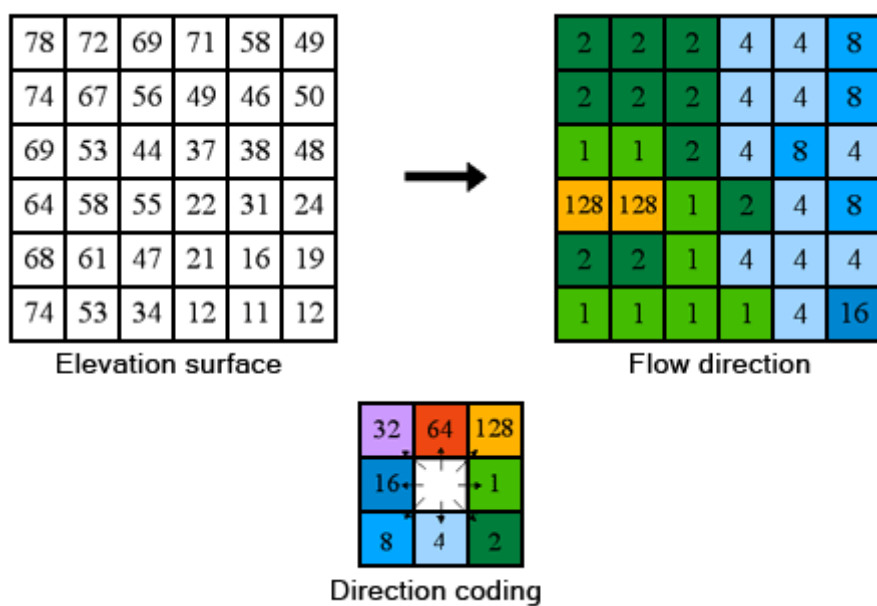
Εισάγοντας το αρχείο geotif στο ArcMap, αναγνωρίστηκε ως ψηφιακό μοντέλο εδάφους μορφής Digital Elevation Model (DEM). Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι, στην αναπαράσταση του υδρογραφικού δικτύου από την εργαλειοθήκη του Arc Hydro Tools, υπήρχαν παρεκκλίσεις από τα ψηφιοποιημένα ρέματα των χαρτών ΓΥΣ. Για αυτόν το λόγο έγινε επεξεργασία του ψηφιακού μοντέλου (DEM manipulation), στην οποία πραγματοποιήθηκε επιδιόρθωσή του (DEM reconditioning), όπου τα ψηφιοποιημένα ρέματα χαράζουν το διαμορφωμένο ανάγλυφο ανάλογα με την επιθυμητή οριζόντια και κατακόρυφη απόσταση. Ακολούθησε η βελτίωση των πιθανών βυθισμάτων (fill sinks), ώστε το νερό να έχει συνεχή κίνηση προς τα κατόντη. Η τελική μορφή του ψηφιακού μοντέλου της λεκάνης απορροής, παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.13.





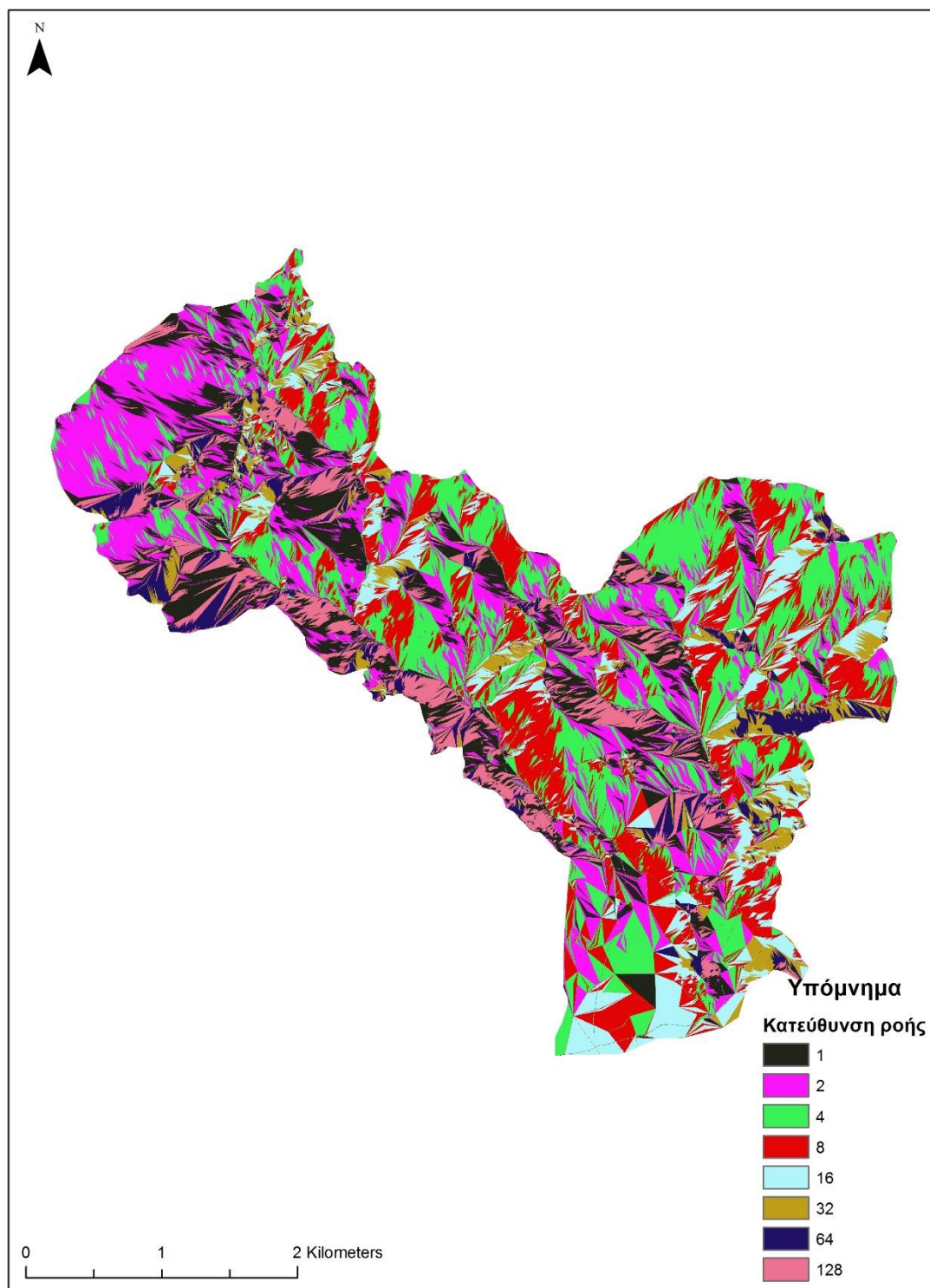
**Εικόνα 5.13:** Τρισδιάστατο μοντέλο εδάφους της λεκάνης απορροής

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε η κατεύθυνση ροής (flow direction), όπου για κάθε pixel προσδιορίστηκε η κατεύθυνση ροής (Εικόνα 5.14).



**Εικόνα 5.14:** Αναπαράσταση του αλγορίθμου κατεύθυνσης ροής  
 (www.esri.com)

Ο θεματικός χάρτης των κατευθύνσεων ροής, που δημιουργήθηκαν, φαίνεται στην Εικόνα 5.15.



**Εικόνα 5.15:** Αναπαράσταση της κατεύθυνσης ροής του νερού

Ακολούθησαν οι διαδικασίες της συσσώρευσης ροής (flow accumulation), του ορισμού (stream definition) και της τμηματοποίησης των ρεμάτων (stream segmentation), οι οποίες προσδιόρισαν και σχημάτισαν τις

μισογάγγειες της λεκάνης απορροής. Με την ολοκλήρωση των παραπάνω επιτεύχθηκε η οριοθέτηση των υπολεκανών (catchment grid delineation), με σημείο εκβολής σε κάθε διακλάδωση ρέματος, με αποτέλεσμα να σχηματιστούν πενήντα εννέα (59) υπολεκάνες, όπως αυτές παρουσιάζονται στην Εικόνα 5.16.



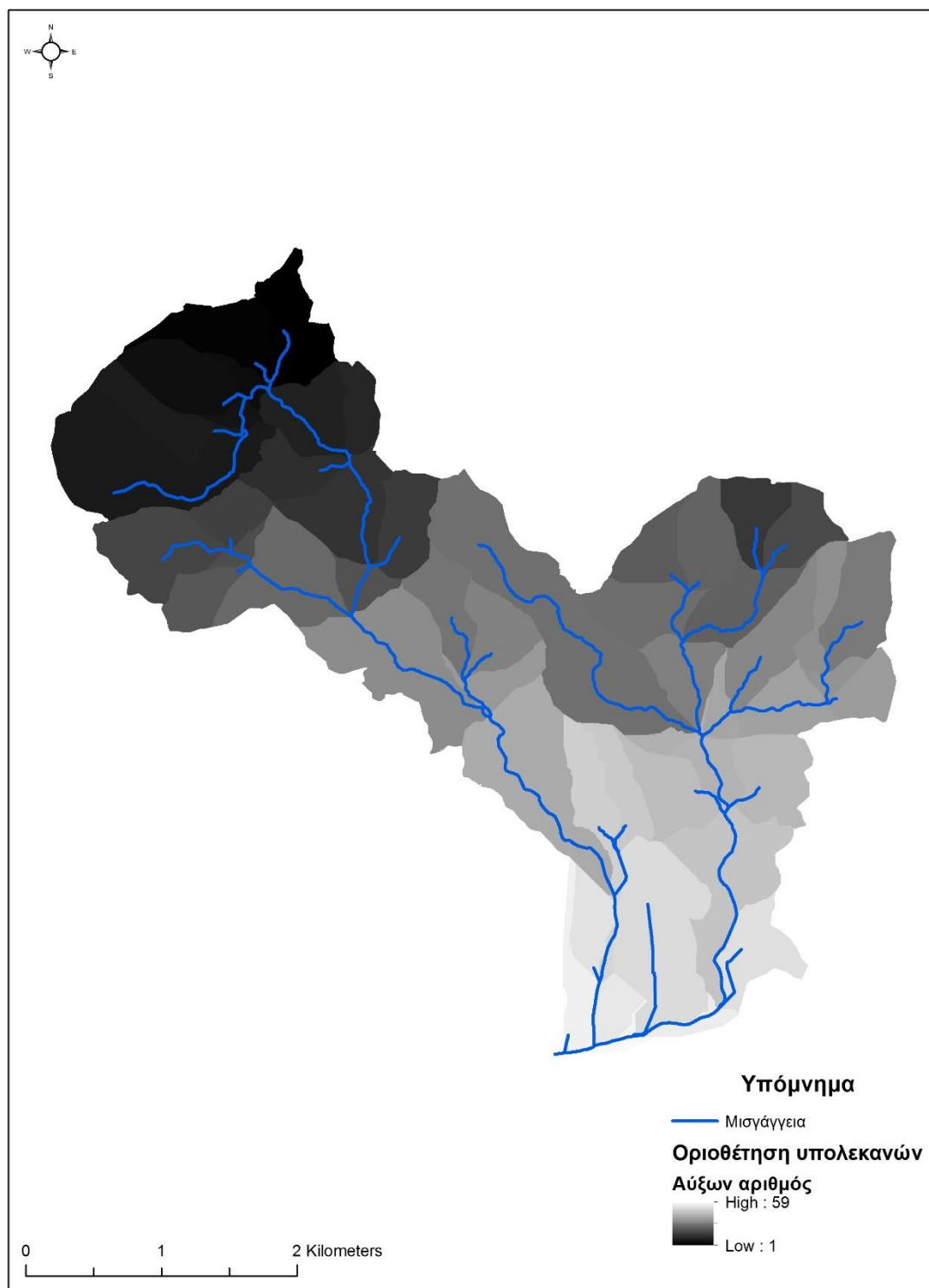
**Εικόνα 5.16:** Οι αρχικές δημιουργημένες υπολεκάνες

Το πλήθος των υπολεκανών που δημιουργήθηκε είναι κανονικοποιημένης μορφής (raster) και έτσι απαιτείται επεξεργασία των υπολεκανών (catchment polygon processing) ώστε να μετασχηματιστούν σε

διανυσματικής μορφής (vector) και να χρησιμοποιηθούν, ως υπόβαθρο, σε επόμενο στάδιο υδρολογικής επεξεργασίας (HMS). Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν οι διαδικασίες της επεξεργασίας των γραμμών αποστράγγισης (drainage line processing) κατά την οποία σχηματίστηκαν τα ρέματα που διασχίζουν κάθε υπολεκάνη, η βοηθητική επεξεργασία της απορροής (adjoint catchment processing) για τη δημιουργία των ορίων των υπολεκανών που περικλείουν κάθε κλάδο του υδρογραφικού δικτύου και η επεξεργασία των σημείων αποστράγγισης (drainage point processing) για το σχηματισμό των σημείων εξόδου κάθε υπολεκάνης. Τέλος τοποθετήθηκε το σημείο εξόδου της λεκάνης απορροής (batch point generation), στο κατώτερο σημείο, λίγο πριν την έξοδο και εντός της λεκάνης απορροής.

#### 5.4.2 Επεξεργασία υπολεκανών απορροής

Πλέον μπορεί να οριοθετηθεί η λεκάνη απορροής απορροής (batch watershed delineation) και να γίνει ανίχνευση της διαδρομής της ροής (flow path tracing), επιλέγοντας το ανάντη σημείο κάθε μισογάγγειας για τις υπολεκάνες που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στην παραπέρα επεξεργασία. Με αυτόν τον τρόπο, διαμορφώθηκε το υδρογραφικό δίκτυο, όπως προέκυψε από την σύμπτυξη των ψηφιοποιημένων κλάδων του υδατορέματος με το τρισδιάστατο ανάγλυφο της λεκάνης (Εικόνα 5.17).



**Εικόνα 5.17:** Δημιουργία κύριων κλάδων μέσω Arc Hydro Tools

## 5.5 Επεξεργασία στο HEC-GeoHMS εντός ArcMap

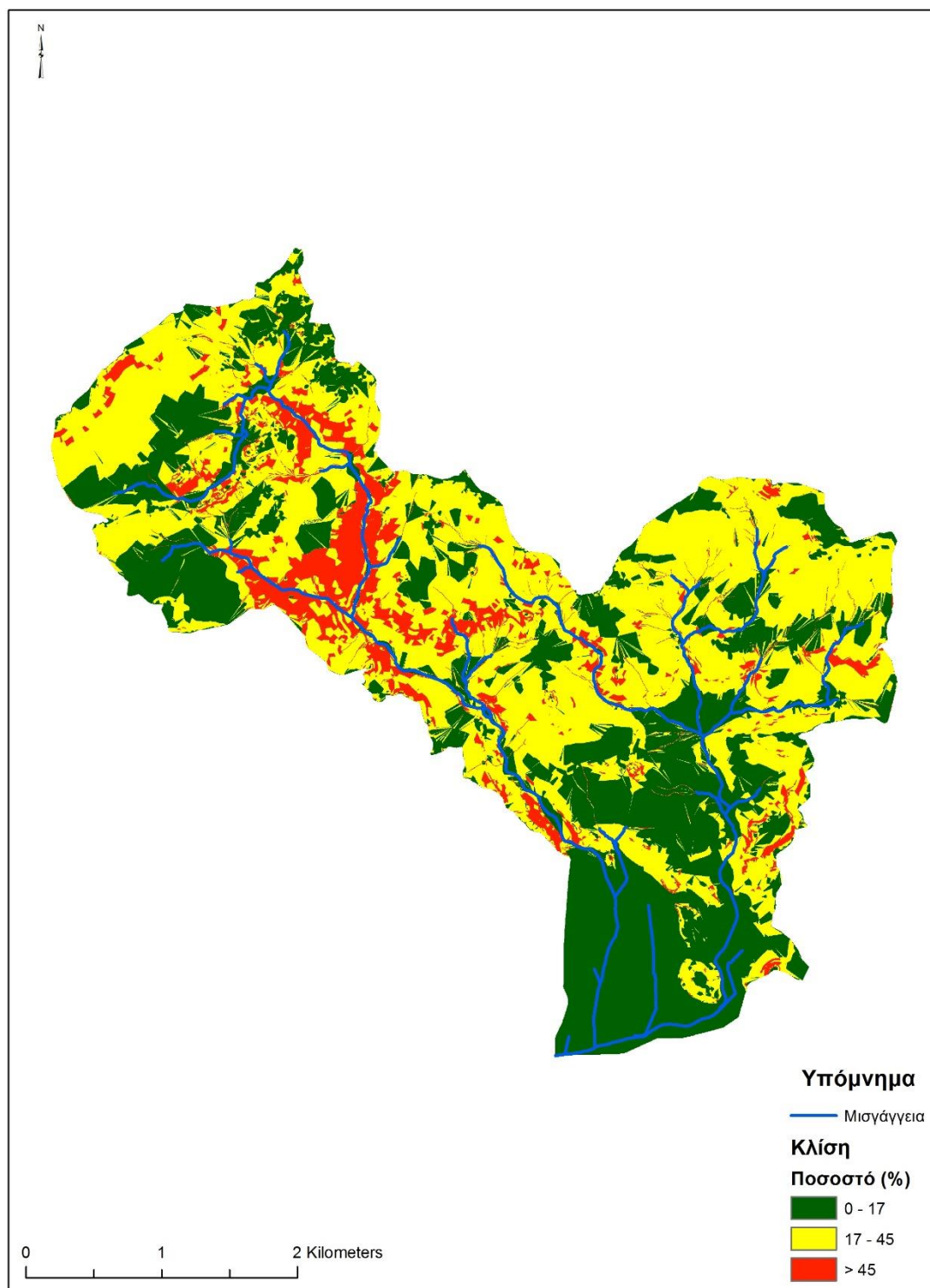
### 5.5.1 Διαμόρφωση έργου

Ακολούθησε η διαχείριση των δεδομένων (data management) όπου πραγματοποιήθηκε η αντιστοίχιση των παραπάνω δημιουργημένων αρχείων με την ονομασία που απαιτεί το υδρολογικό μοντέλο HEC-HMS. Έπειτα έγινε η εκκίνηση ενός νέου έργου (start new project) δημιουργώντας μια γεωβάση στην οποία αποθηκεύτηκαν τα νέα διαμορφωμένα αρχεία και τοποθετήθηκε το σημείο εκβολής (add project points), λίγο πιο ανάντη από την έξοδο της λεκάνης απορροής. Με αυτόν τον τρόπο είναι εφικτή η δημιουργία του έργου (generate project), με την εισαγωγή των υπολεκανών, των ρεμάτων και των υπόλοιπων διαμορφωμένων αρχείων εντός της σχηματισμένης γεωβάσης.

### 5.5.2 Επεξεργασία λεκανών

Επειδή ορισμένες από τις υπολεκάνες που δημιουργήθηκαν στις προηγούμενες διαδικασίες είτε είναι μικρές, είτε βρίσκονται σε πεδινές περιοχές πραγματοποιήθηκε συγχώνευση των υπολεκανών (basin merge). Για την εύρεση του κατάλληλου τρόπου συγχώνευσης των υπολεκανών σχηματίστηκε ο θεματικός χάρτης κλίσεων, με την βοήθεια του οποίου μπορούν να καθοριστούν τα σημεία ελέγχου των υπολεκανών. Χρησιμοποιήθηκε η ταξινόμηση φυσικού διαχωρισμού (natural breaks) σε τρεις κλάσεις, για το ιστόγραμμα των τιμών κλίσεων (Εικόνα 5.18).

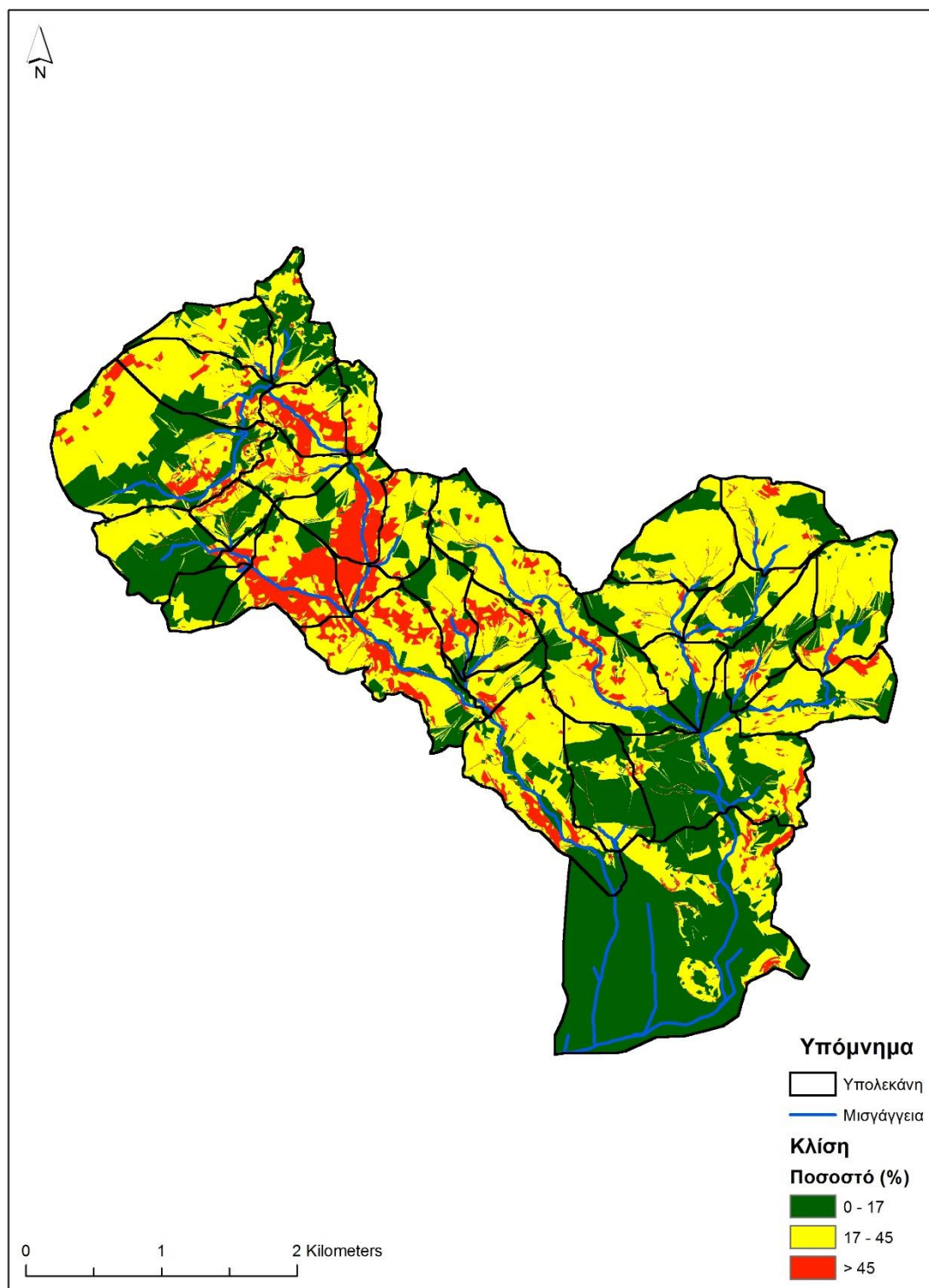




**Εικόνα 5.18:** Ποσοστιαία μεταβολή των κλίσεων

Η συνένωση των υπολεκανών πραγματοποιήθηκε σε περιοχές με κλίσεις μέχρι 45%, ενώ προτιμήθηκε οι εκβολές των υπολεκανών, υποψήφιες για σχεδιασμό αντιπλημμυρικών έργων, να βρίσκονται σε περιοχές με μεγάλες

κλίσεις, άνω των 45% (Εικόνα 5.19). Σε αυτές τις θέσεις, η ύπαρξη εξόδου υπολεκάνης λειτουργεί ως σημείο εύρεσης της παροχής από το HEC-HMS, το οποίο βοηθάει στην καλύτερη εκτίμηση της παροχής σχεδιασμού για την πιθανή κατασκευή μικρών αντιπλημμυρικών έργων στα κατάντη. Με αυτόν τον τρόπο το πλήθος των υπολεκανών μειώθηκε από τις πενήντα εννέα (59) στις τριάντα δύο (32), όπως αυτές εμφανίζονται στην Εικόνα 5.19.



**Εικόνα 5.19:** Συνένωση των αρχικών δημιουργημένων υπολεκανών

### 5.5.3 Χαρακτηριστικά

Από τα κύρια ρέματα που διαμορφώθηκαν υπολογίστηκε το μήκος τους (river length), όπου στους κλάδους με ίδιο DrainID δείχνει ότι βρίσκονται εντός της ίδιας υπολεκάνης, η οποία δημιουργήθηκε από συνένωση (Πίνακας 5.12). Οι στήλες OBJECTID και DrainID αποτελούν την ταυτοποίηση κάθε ρέματος, οι οποίες δημιουργήθηκαν από το ArcMap και την επέκταση HEC-GeoHMS, αντίστοιχα. Παρόλο που οι λεκάνες συνενώθηκαν, οι κλάδοι των ρεμάτων παρέμειναν σε αριθμό ίσο με των αρχικών δημιουργημένων υπολεκανών.

**Πίνακας 5.12:** Μήκος των κύριων κλάδων

<b>OBJECTID</b>	<b>DrainID</b>	<b>RivLen (m)</b>
1	<b>61</b>	207,2
2	<b>60</b>	452,0
3	<b>65</b>	71,8
4	<b>65</b>	238,6
5	<b>65</b>	210,1
6	<b>65</b>	262,5
7	<b>67</b>	259,1
8	<b>68</b>	873,6
9	<b>69</b>	14,0
10	<b>71</b>	55,1
11	<b>71</b>	248,9
12	<b>67</b>	1482,0
13	<b>75</b>	100,6
14	<b>76</b>	632,0
15	<b>72</b>	905,4
16	<b>74</b>	360,0
17	<b>78</b>	232,2
18	<b>80</b>	117,2
19	<b>77</b>	415,6
20	<b>77</b>	318,1
21	<b>83</b>	186,9
22	<b>83</b>	120,5
23	<b>84</b>	910,7
24	<b>79</b>	426,3
25	<b>85</b>	467,4
26	<b>82</b>	1002,5
27	<b>88</b>	7,3
28	<b>88</b>	603,6
29	<b>87</b>	584,0
30	<b>90</b>	313,3
31	<b>97</b>	235,3
32	<b>97</b>	97,4

33	<b>91</b>	516,5
34	<b>97</b>	797,1
35	<b>92</b>	1453,4
36	<b>95</b>	372,7
37	<b>86</b>	2713,1
38	<b>89</b>	757,8
39	<b>102</b>	42,4
40	<b>102</b>	286,8
41	<b>102</b>	642,1
42	<b>102</b>	301,4
43	<b>102</b>	319,4
44	<b>102</b>	51,4
45	<b>107</b>	267,0
46	<b>107</b>	243,0
47	<b>99</b>	1905,1
48	<b>99</b>	378,3
49	<b>118</b>	123,3
50	<b>118</b>	707,0
51	<b>118</b>	1708,5
52	<b>118</b>	565,3
53	<b>118</b>	1119,4
54	<b>118</b>	729,3
55	<b>118</b>	500,8
56	<b>118</b>	313,8
57	<b>118</b>	144,1
58	<b>118</b>	243,1
59	<b>118</b>	74,1

Η κλίση κάθε ρέματος (river slope) υπολογίστηκε μέσω της εξίσωσης [5.2] από το HEC-GeoHMS χρησιμοποιώντας το ανώτερο υψόμετρο από το οποίο ξεκινάει ο κλάδος του ρέματος, έως το υψόμετρο εξόδου του από την υπολεκάνη ή στο σημείο διακλάδωσης με άλλη μισογάγγεια (Πίνακας 5.13).

$$Slp = \left( \frac{ElevUP - ElevDS}{RiverLen} \right) \quad [5.2]$$

**Πίνακας 5.13:** Κλίση των κύριων κλάδων

OBJECTID	DrainID	ElevUP (m)	ElevDS (m)	RivLen (m)	Slp
1	<b>61</b>	466,0	438,0	207,2	0,1351
2	<b>60</b>	499,4	438,0	452,0	0,1358
3	<b>65</b>	438,0	438,0	71,8	0,0000
4	<b>65</b>	438,0	438,0	238,6	0,0000
5	<b>65</b>	464,0	438,0	210,1	0,1238
6	<b>65</b>	458,0	438,0	262,5	0,0762
7	<b>67</b>	480,4	458,0	259,1	0,0866

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

8	<b>68</b>	438,0	338,0	873,6	0,1145
9	<b>69</b>	338,0	338,0	14,0	0,0000
10	<b>71</b>	338,0	338,0	55,1	0,0000
11	<b>71</b>	368,0	338,0	248,9	0,1205
12	<b>67</b>	510,4	458,0	1482,0	0,0354
13	<b>75</b>	419,0	398,0	100,6	0,2088
14	<b>76</b>	459,9	398,0	632,0	0,0980
15	<b>72</b>	338,0	208,0	905,4	0,1436
16	<b>74</b>	276,0	208,0	360,0	0,1889
17	<b>78</b>	398,0	357,0	232,2	0,1765
18	<b>80</b>	419,4	357,0	117,2	0,5330
19	<b>77</b>	222,0	174,0	415,6	0,1155
20	<b>77</b>	215,8	174,0	318,1	0,1314
21	<b>83</b>	159,9	128,0	186,9	0,1709
22	<b>83</b>	145,0	128,0	120,5	0,1411
23	<b>84</b>	357,0	160,0	910,7	0,2163
24	<b>79</b>	208,0	160,0	426,3	0,1126
25	<b>85</b>	128,0	86,0	467,4	0,0899
26	<b>82</b>	174,0	86,0	1002,5	0,0878
27	<b>88</b>	98,0	98,0	7,3	0,0000
28	<b>88</b>	183,0	98,0	603,6	0,1408
29	<b>87</b>	187,0	97,0	584,0	0,1541
30	<b>90</b>	120,1	97,0	313,3	0,0738
31	<b>97</b>	98,0	86,0	235,3	0,0510
32	<b>97</b>	88,0	86,0	97,4	0,0205
33	<b>91</b>	120,6	56,0	516,5	0,1251
34	<b>97</b>	86,0	56,0	797,1	0,0376
35	<b>92</b>	160,0	72,0	1453,4	0,0605
36	<b>95</b>	97,0	72,0	372,7	0,0671
37	<b>86</b>	265,0	47,0	2713,1	0,0804
38	<b>89</b>	86,0	47,0	757,8	0,0515
39	<b>102</b>	47,0	46,0	42,4	0,0236
40	<b>102</b>	56,0	46,0	286,8	0,0349
41	<b>102</b>	46,0	38,0	642,1	0,0125
42	<b>102</b>	46,0	38,0	301,4	0,0265
43	<b>102</b>	40,0	38,0	319,4	0,0063
44	<b>102</b>	38,0	38,0	51,4	0,0000
45	<b>107</b>	38,0	14,0	267,0	0,0899
46	<b>107</b>	48,1	14,0	243,0	0,1403
47	<b>99</b>	72,0	10,0	1905,1	0,0325
48	<b>99</b>	14,0	10,0	378,3	0,0106
49	<b>118</b>	8,5	6,0	123,3	0,0203
50	<b>118</b>	10,0	6,0	707,0	0,0057
51	<b>118</b>	38,0	9,0	1708,5	0,0170
52	<b>118</b>	13,0	9,0	565,3	0,0071



*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

53	<b>118</b>	10,7	6,0	1119,4	0,0042
54	<b>118</b>	9,0	6,0	729,3	0,0041
55	<b>118</b>	6,0	5,0	500,8	0,0020
56	<b>118</b>	6,0	5,0	313,8	0,0032
57	<b>118</b>	6,2	5,0	144,1	0,0085
58	<b>118</b>	5,0	5,0	243,1	0,0000
59	<b>118</b>	5,0	5,0	74,1	0,0000

Τη μέση κλίση υπολεκάνης (basin slope) το πρόγραμμα την υπολόγισε χρησιμοποιώντας το κανονικοποιημένο αρχείο κλίσεων μεγέθους pixel 1 m x 1 m όπου οριοθετείται από τον υδροκρίτη κάθε συγκωνευμένης ή μη υπολεκάνης (Πίνακας 5.14). Καθώς το πλήθος των υπολεκανών μειώθηκε από τις πενήντα εννέα στις τριάντα δύο, η αρίθμηση στη στήλη OBJECTID δεν βαίνει αυξανόμενη.

**Πίνακας 5.14:** Μέση κλίση των υπολεκανών

OBJECTID	DrainID	BasinSlope (%)
1	<b>60</b>	18,8
2	<b>61</b>	22,7
6	<b>65</b>	27,9
8	<b>67</b>	23,7
9	<b>68</b>	38,4
10	<b>69</b>	30,2
12	<b>71</b>	31,1
13	<b>72</b>	41,8
15	<b>74</b>	27,9
16	<b>75</b>	24,5
17	<b>76</b>	17,2
18	<b>77</b>	27,4
19	<b>78</b>	38,1
20	<b>79</b>	54,4
21	<b>80</b>	14,4
23	<b>82</b>	21,4
24	<b>83</b>	24,1
25	<b>84</b>	44,1
26	<b>85</b>	26,1
27	<b>86</b>	27,5
28	<b>87</b>	29,5
29	<b>88</b>	23,6
30	<b>89</b>	24,2
31	<b>90</b>	33,3
32	<b>91</b>	22,9
33	<b>92</b>	34,2
36	<b>95</b>	25,0



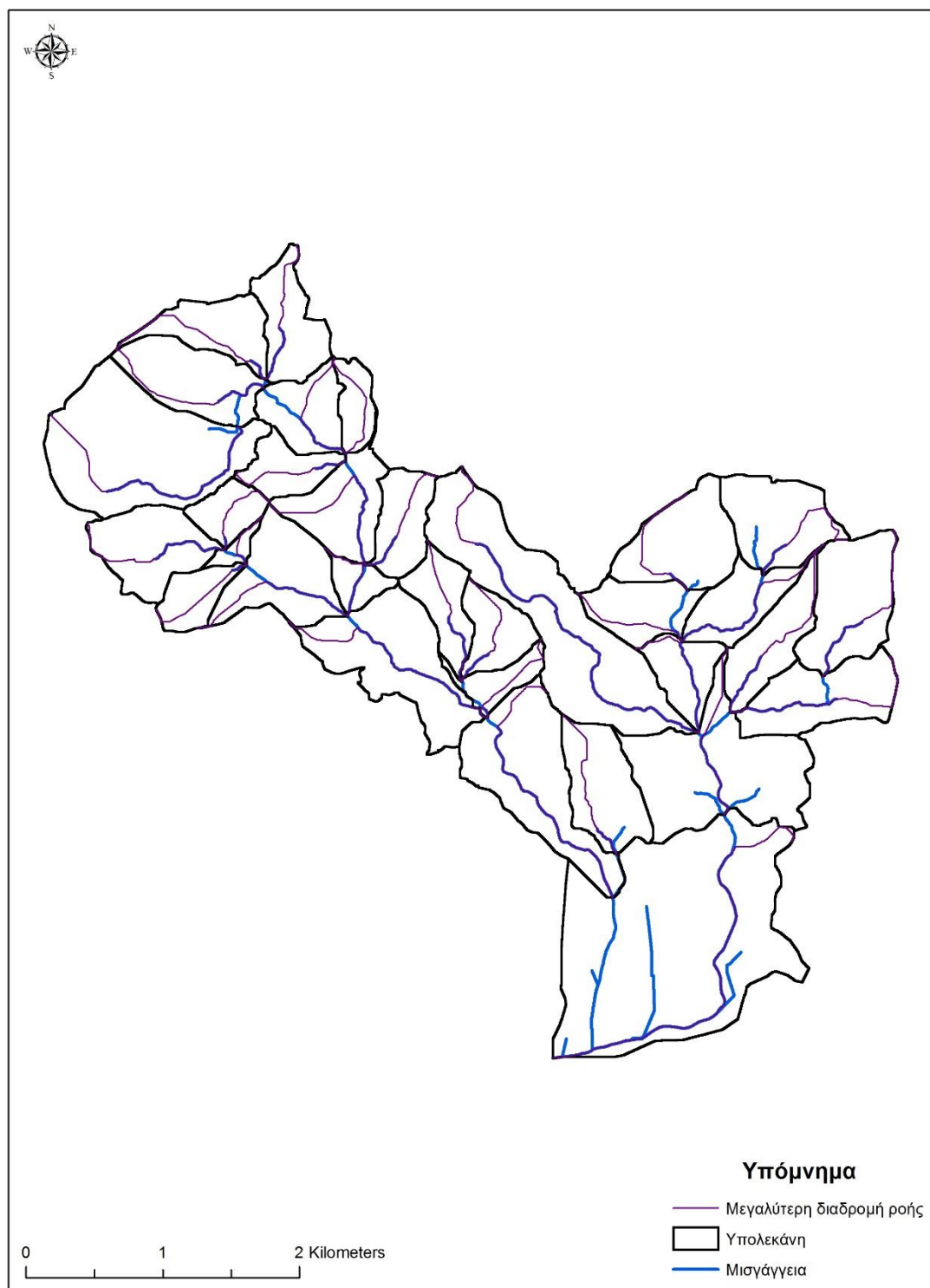
*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

---

38	<b>97</b>	26,1
40	<b>99</b>	26,4
43	<b>102</b>	16,7
48	<b>107</b>	15,9
59	<b>118</b>	8,7
<b>Μέση κλίση λεκάνης απορροής (HEC-GeoHMS)</b>		27,1
<b>Μέση κλίση λεκάνης απορροής (Civil 3D)</b>		25,3

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε η μέγιστη διαδρομή της ροής (longest flowpath) για κάθε συνενωμένη υπολεκάνη (Εικόνα 5.20).





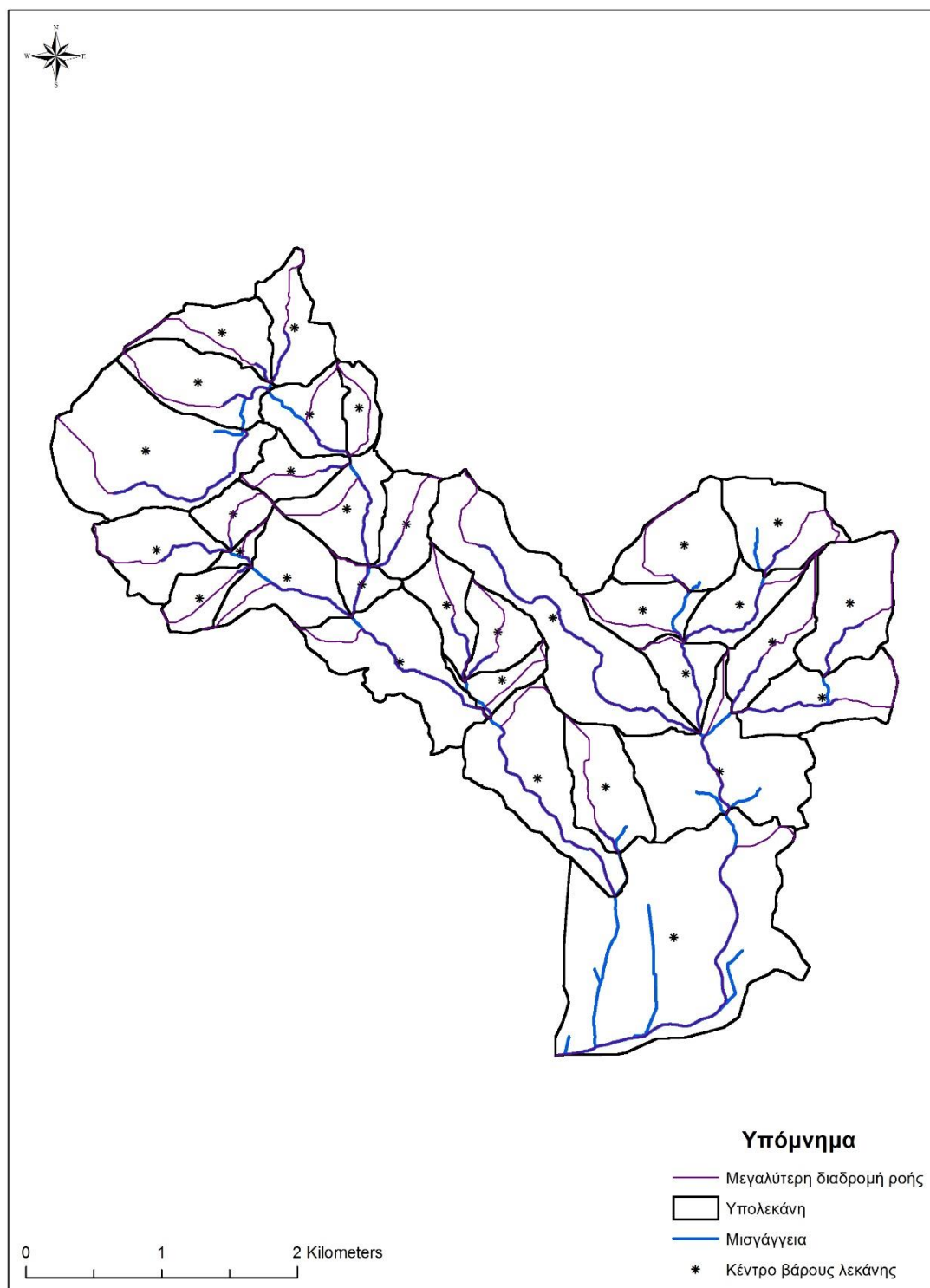
**Εικόνα 5.20:** Μέγιστη διαδρομή ροής για κάθε υπολεκάνη

Το πρόγραμμα HEC-GeoHMS υπολόγισε το μήκος της μέγιστης διαδρομής ροής για κάθε συνενωμένη υπολεκάνη (Πίνακας 5.15).

**Πίνακας 5.15:** Μήκος μέγιστης διαδρομής ροής

<b>OBJECTID</b>	<b>DrainID</b>	<b>LongestFL (m)</b>
1	<b>60</b>	1171,1
2	<b>61</b>	1449,4
3	<b>65</b>	1414,8
4	<b>68</b>	1032,4
5	<b>69</b>	917,2
6	<b>67</b>	2245,9
7	<b>86</b>	3474,3
8	<b>71</b>	967,4
9	<b>74</b>	1001,2
10	<b>83</b>	1144,9
11	<b>75</b>	729,7
12	<b>72</b>	1573,1
13	<b>78</b>	499,2
14	<b>76</b>	1383,3
15	<b>88</b>	1440,9
16	<b>77</b>	1142,0
17	<b>87</b>	1227,6
18	<b>91</b>	1632,0
19	<b>79</b>	758,0
20	<b>82</b>	1462,3
21	<b>90</b>	1028,6
22	<b>85</b>	968,8
23	<b>80</b>	902,7
24	<b>92</b>	1985,6
25	<b>84</b>	1382,9
26	<b>95</b>	882,2
27	<b>102</b>	1428,1
28	<b>89</b>	1123,4
29	<b>97</b>	1736,6
30	<b>99</b>	2334,3
31	<b>107</b>	1256,1
32	<b>118</b>	3367,2

Σε κάθε υπολεκάνη υπολογίστηκε το κέντρο βάρους (basin centroid), όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.21.



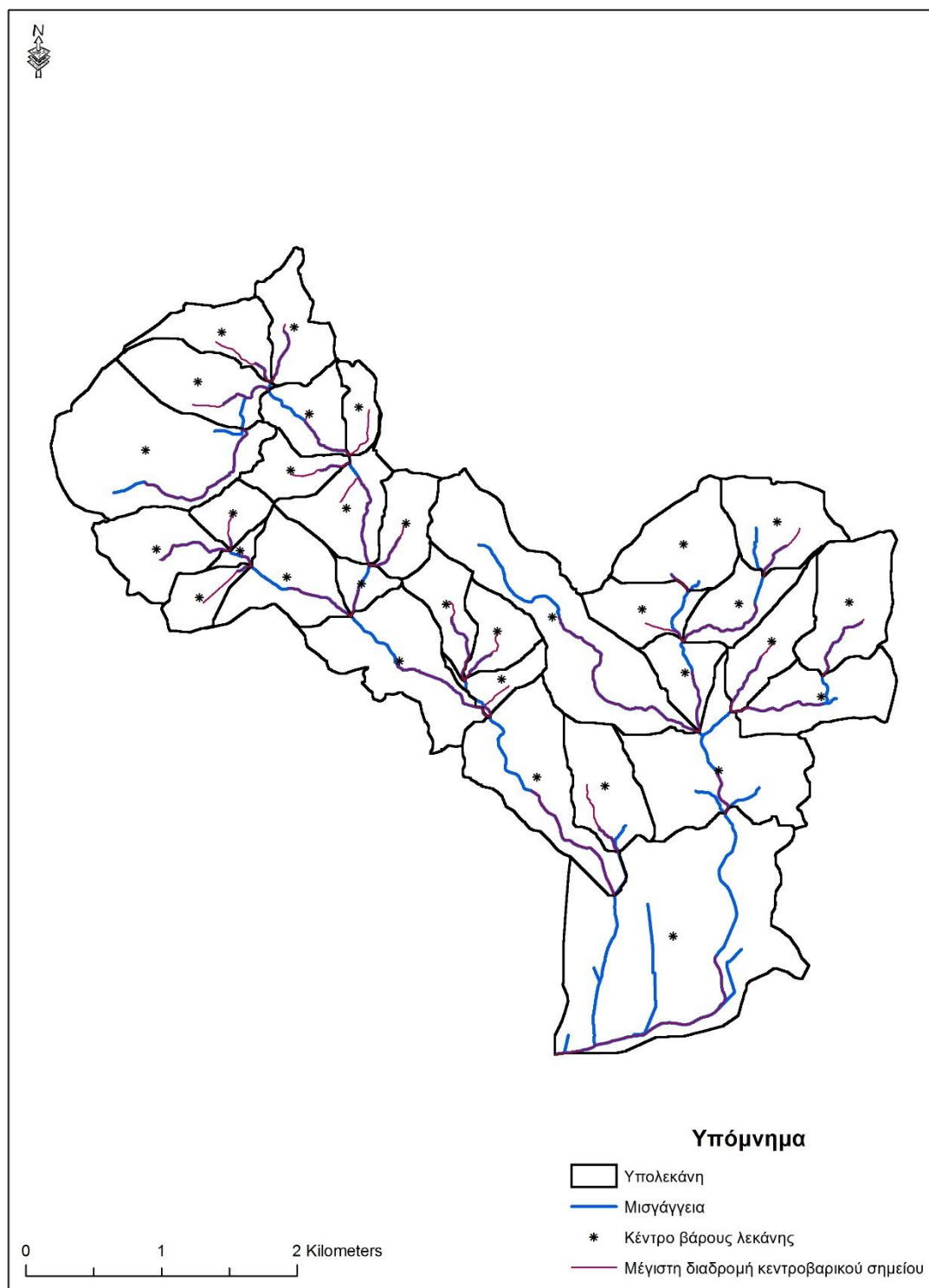
**Εικόνα 5.21:** Δημιουργία κεντροβαρικού σημείου για κάθε υπολεκάνη

Κάθε κεντροειδές ενημερώθηκε με το υψόμετρο (centroid elevation) από το διαμορφωμένο μοντέλο εδάφους (Πίνακας 5.16).

**Πίνακας 5.16:** Ενημέρωση υψομέτρου για κάθε κεντροβαρικό σημείο

<b>OBJECTID</b>	<b>DrainID</b>	<b>Elevation (m)</b>
1	<b>60</b>	503,0
2	<b>61</b>	539,2
3	<b>65</b>	511,8
4	<b>67</b>	515,2
5	<b>68</b>	429,1
6	<b>69</b>	469,8
7	<b>71</b>	413,5
8	<b>72</b>	389,4
9	<b>74</b>	298,0
10	<b>75</b>	436,2
11	<b>76</b>	461,0
12	<b>77</b>	266,5
13	<b>78</b>	405,8
14	<b>79</b>	192,2
15	<b>80</b>	455,4
16	<b>82</b>	164,5
17	<b>83</b>	219,3
18	<b>84</b>	338,9
19	<b>85</b>	148,1
20	<b>86</b>	183,1
21	<b>87</b>	238,7
22	<b>88</b>	205,6
23	<b>89</b>	76,7
24	<b>90</b>	144,0
25	<b>91</b>	137,7
26	<b>92</b>	126,3
27	<b>95</b>	150,5
28	<b>97</b>	89,6
29	<b>99</b>	66,8
30	<b>102</b>	40,0
31	<b>107</b>	75,7
32	<b>118</b>	10,3

Τέλος, δημιουργήθηκε η μέγιστη διαδρομή ροής με κριτήριο την πλησιέστερη απόσταση από το κεντροβαρικό σημείο (centroidal longest flowpath) κάθε υπολεκάνης (Εικόνα 5.22).



**Εικόνα 5.22:** Μέγιστη διαδρομή ροής για κάθε κεντροβαρικό σημείο

#### 5.5.4 Παράμετροι

Στην επιλογή των διαδικασιών για την περαιτέρω επεξεργασία στο υδρολογικό μοντέλο HEC-HMS (select HMS processes) μπορούν, εκ των προτέρων, να καθοριστούν οι μέθοδοι υπολογισμού των απωλειών άμεσης απορροής (loss method), μετατροπής της άμεσης απορροής σε απορροή (transform method), της βασικής απορροής (baseflow method) και της διόδευσης (routing method). Για τη συγκεκριμένη ανάλυση επιλέχθηκε η μέθοδος του αριθμού καμπύλης απορροής (SCS curve number) για την εκτίμηση των απωλειών (LossMet) και το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα (SCS unit hydrograph) για τη μετατροπή της άμεσης απορροής σε υδρογράφημα (TransMet), όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.17.

**Πίνακας 5.17:** Μέθοδοι απωλειών και μετατροπής άμεσης απορροής

<b>OBJECTID</b>	<b>DrainID</b>	<b>BasinSlope (%)</b>	<b>LossMet</b>	<b>TransMet</b>
1	<b>60</b>	18,8	SCS	SCS
2	<b>61</b>	22,7	SCS	SCS
6	<b>65</b>	27,9	SCS	SCS
8	<b>67</b>	23,7	SCS	SCS
9	<b>68</b>	38,4	SCS	SCS
10	<b>69</b>	30,2	SCS	SCS
12	<b>71</b>	31,1	SCS	SCS
13	<b>72</b>	41,8	SCS	SCS
15	<b>74</b>	27,9	SCS	SCS
16	<b>75</b>	24,5	SCS	SCS
17	<b>76</b>	17,2	SCS	SCS
18	<b>77</b>	27,4	SCS	SCS
19	<b>78</b>	38,1	SCS	SCS
20	<b>79</b>	54,4	SCS	SCS
21	<b>80</b>	14,4	SCS	SCS
23	<b>82</b>	21,4	SCS	SCS
24	<b>83</b>	24,1	SCS	SCS
25	<b>84</b>	44,1	SCS	SCS
26	<b>85</b>	26,1	SCS	SCS
27	<b>86</b>	27,5	SCS	SCS
28	<b>87</b>	29,5	SCS	SCS
29	<b>88</b>	23,6	SCS	SCS
30	<b>89</b>	24,2	SCS	SCS
31	<b>90</b>	33,3	SCS	SCS
32	<b>91</b>	22,9	SCS	SCS
33	<b>92</b>	34,2	SCS	SCS
36	<b>95</b>	25,0	SCS	SCS
38	<b>97</b>	26,1	SCS	SCS
40	<b>99</b>	26,4	SCS	SCS

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

43	<b>102</b>	16,7	SCS	SCS
48	<b>107</b>	15,9	SCS	SCS
59	<b>118</b>	8,7	SCS	SCS

Σε αυτό το στάδιο έγινε η κωδικοποίηση των ρεμάτων (river auto name), η οποία χρησιμοποιήθηκε στο HEC-HMS (Πίνακας 5.18). Ως RivLen χαρακτηρίζεται το μήκος της κύριας μιογάγγειας που δημιουργήθηκε για κάθε υπολεκάνη, πριν τη συνένωση αυτών, ενώ η στήλη Slp αφορά την κλίση κάθε κύριας μιογάγγειας, όπως αναλύθηκαν παραπάνω.

**Πίνακας 5.18:** Κωδικοποίηση των κύριων κλάδων

OBJECTID	DrainID	Name	ElevUP (m)	ElevDS (m)	RivLen (m)	Slp
1	61	<b>R10</b>	466,0	438,0	207,2	0,1351
2	60	<b>R20</b>	499,4	438,0	452,0	0,1358
3	65	<b>R30</b>	438,0	438,0	71,8	0,0000
4	65	<b>R40</b>	438,0	438,0	238,6	0,0000
5	65	<b>R50</b>	464,0	438,0	210,1	0,1238
6	65	<b>R60</b>	458,0	438,0	262,5	0,0762
7	67	<b>R70</b>	480,4	458,0	259,1	0,0866
8	68	<b>R80</b>	438,0	338,0	873,6	0,1145
9	69	<b>R90</b>	338,0	338,0	14,0	0,0000
10	71	<b>R100</b>	338,0	338,0	55,1	0,0000
11	71	<b>R110</b>	368,0	338,0	248,9	0,1205
12	67	<b>R120</b>	510,4	458,0	1482,0	0,0354
13	75	<b>R130</b>	419,0	398,0	100,6	0,2088
14	76	<b>R140</b>	459,9	398,0	632,0	0,0980
15	72	<b>R150</b>	338,0	208,0	905,4	0,1436
16	74	<b>R160</b>	276,0	208,0	360,0	0,1889
17	78	<b>R170</b>	398,0	357,0	232,2	0,1765
18	80	<b>R180</b>	419,4	357,0	117,2	0,5330
19	77	<b>R190</b>	222,0	174,0	415,6	0,1155
20	77	<b>R200</b>	215,8	174,0	318,1	0,1314
21	83	<b>R210</b>	159,9	128,0	186,9	0,1709
22	83	<b>R220</b>	145,0	128,0	120,5	0,1411
23	84	<b>R230</b>	357,0	160,0	910,7	0,2163
24	79	<b>R240</b>	208,0	160,0	426,3	0,1126
25	85	<b>R250</b>	128,0	86,0	467,4	0,0899
26	82	<b>R260</b>	174,0	86,0	1002,5	0,0878
27	88	<b>R270</b>	98,0	98,0	7,3	0,0000
28	88	<b>R280</b>	183,0	98,0	603,6	0,1408
29	87	<b>R290</b>	187,0	97,0	584,0	0,1541
30	90	<b>R300</b>	120,1	97,0	313,3	0,0738
31	97	<b>R310</b>	98,0	86,0	235,3	0,0510
32	97	<b>R320</b>	88,0	86,0	97,4	0,0205
33	91	<b>R330</b>	120,6	56,0	516,5	0,1251



*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

34	97	<b>R340</b>	86,0	56,0	797,1	0,0376
35	92	<b>R350</b>	160,0	72,0	1453,4	0,0605
36	95	<b>R360</b>	97,0	72,0	372,7	0,0671
37	86	<b>R370</b>	265,0	47,0	2713,1	0,0804
38	89	<b>R380</b>	86,0	47,0	757,8	0,0515
39	102	<b>R390</b>	47,0	46,0	42,4	0,0236
40	102	<b>R400</b>	56,0	46,0	286,8	0,0349
41	102	<b>R410</b>	46,0	38,0	642,1	0,0125
42	102	<b>R420</b>	46,0	38,0	301,4	0,0265
43	102	<b>R430</b>	40,0	38,0	319,4	0,0063
44	102	<b>R440</b>	38,0	38,0	51,4	0,0000
45	107	<b>R450</b>	38,0	14,0	267,0	0,0899
46	107	<b>R460</b>	48,1	14,0	243,0	0,1403
47	99	<b>R470</b>	72,0	10,0	1905,1	0,0325
48	99	<b>R480</b>	14,0	10,0	378,3	0,0106
49	118	<b>R490</b>	8,5	6,0	123,3	0,0203
50	118	<b>R500</b>	10,0	6,0	707,0	0,0057
51	118	<b>R510</b>	38,0	9,0	1708,5	0,0170
52	118	<b>R520</b>	13,0	9,0	565,3	0,0071
53	118	<b>R530</b>	10,7	6,0	1119,4	0,0042
54	118	<b>R540</b>	9,0	6,0	729,3	0,0041
55	118	<b>R550</b>	6,0	5,0	500,8	0,0020
56	118	<b>R560</b>	6,0	5,0	313,8	0,0032
57	118	<b>R570</b>	6,2	5,0	144,1	0,0085
58	118	<b>R580</b>	5,0	5,0	243,1	0,0000
59	118	<b>R590</b>	5,0	5,0	74,1	0,0000

Κωδικοποίηση γίνεται και στις υπολεκάνες (basin auto name), η οποία χρησιμοποιήθηκε στο HEC-HMS (Πίνακας 5.19).

**Πίνακας 5.19:** Κωδικοποίηση των υπολεκανών

<b>OBJECTID</b>	<b>DrainID</b>	<b>Name</b>	<b>BasinSlope (%)</b>	<b>LossMet</b>	<b>TransMet</b>
1	60	<b>W600</b>	18,8	SCS	SCS
2	61	<b>W610</b>	22,7	SCS	SCS
6	65	<b>W650</b>	27,9	SCS	SCS
8	67	<b>W670</b>	23,7	SCS	SCS
9	68	<b>W680</b>	38,4	SCS	SCS
10	69	<b>W690</b>	30,2	SCS	SCS
12	71	<b>W710</b>	31,1	SCS	SCS
13	72	<b>W720</b>	41,8	SCS	SCS
15	74	<b>W740</b>	27,9	SCS	SCS
16	75	<b>W750</b>	24,5	SCS	SCS
17	76	<b>W760</b>	17,2	SCS	SCS
18	77	<b>W770</b>	27,4	SCS	SCS
19	78	<b>W780</b>	38,1	SCS	SCS





*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

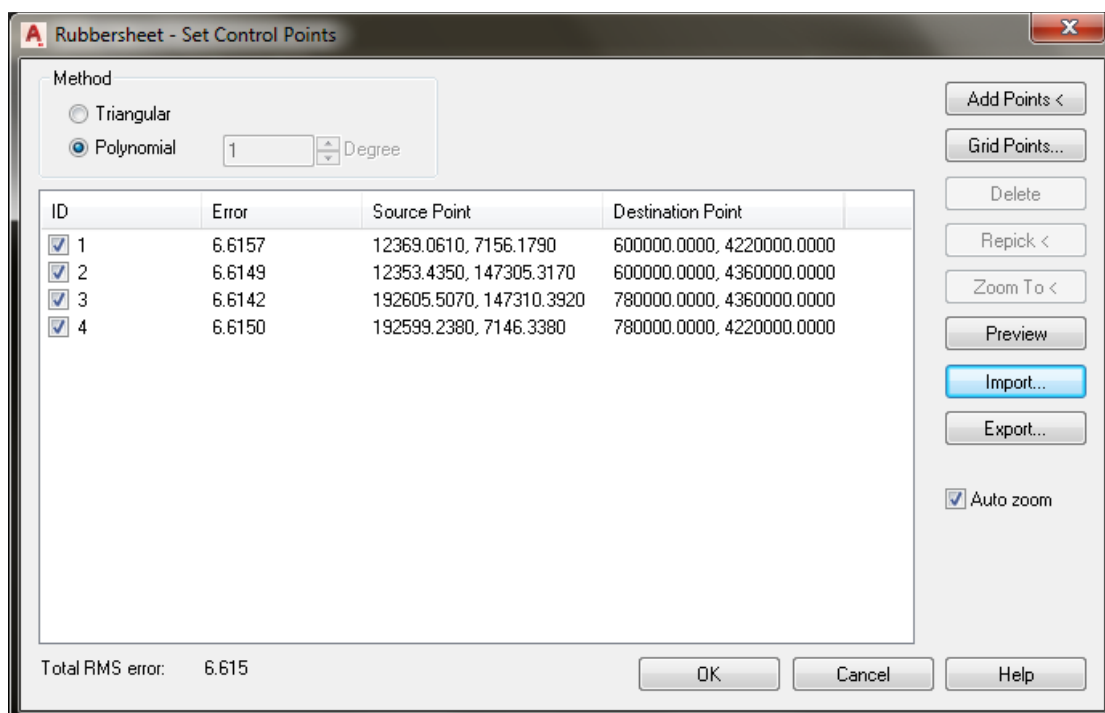
20	79	<b>W790</b>	54,4	SCS	SCS
21	80	<b>W800</b>	14,4	SCS	SCS
23	82	<b>W820</b>	21,4	SCS	SCS
24	83	<b>W830</b>	24,1	SCS	SCS
25	84	<b>W840</b>	44,1	SCS	SCS
26	85	<b>W850</b>	26,1	SCS	SCS
27	86	<b>W860</b>	27,5	SCS	SCS
28	87	<b>W870</b>	29,5	SCS	SCS
29	88	<b>W880</b>	23,6	SCS	SCS
30	89	<b>W890</b>	24,2	SCS	SCS
31	90	<b>W900</b>	33,3	SCS	SCS
32	91	<b>W910</b>	22,9	SCS	SCS
33	92	<b>W920</b>	34,2	SCS	SCS
36	95	<b>W950</b>	25,0	SCS	SCS
38	97	<b>W970</b>	26,1	SCS	SCS
40	99	<b>W990</b>	26,4	SCS	SCS
43	102	<b>W1020</b>	16,7	SCS	SCS
48	107	<b>W1070</b>	15,9	SCS	SCS
59	118	<b>W1180</b>	8,7	SCS	SCS

Τέλος, στο διανυσματικό αρχείο των υπολεκανών (subbasin parameters from raster) προστέθηκαν οι στήλες που μπορούν να συμπληρωθούν με τιμές της συνολικής βροχόπτωσης, τα ύψη της βροχόπτωσης διεικτίας, τα ποσοστά του αδιαπέρατου εδάφους, τις τιμές της αρχικής συγκράτησης και τους αριθμούς καμπύλης απορροής. Για την εκτίμηση του αριθμού καμπύλης απορροής χρησιμοποιήθηκε ο εδαφολογικός χάρτης και οι χρήσεις γης από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος των Νήσων Αιγαίου. Πραγματοποιήθηκε γεωαναφορά του εδαφολογικού χάρτη, λαμβάνοντας υπόψη τη διακριτική ικανότητα του ματιού μέσω της εξίσωσης [5.1] για τη συγκεκριμένη κλίμακα του χάρτη.

$$\text{ανεκτά όρια σφάλματος} = 0,00025 \text{ m} \cdot 200.000 \text{ m} = 50 \text{ m}$$

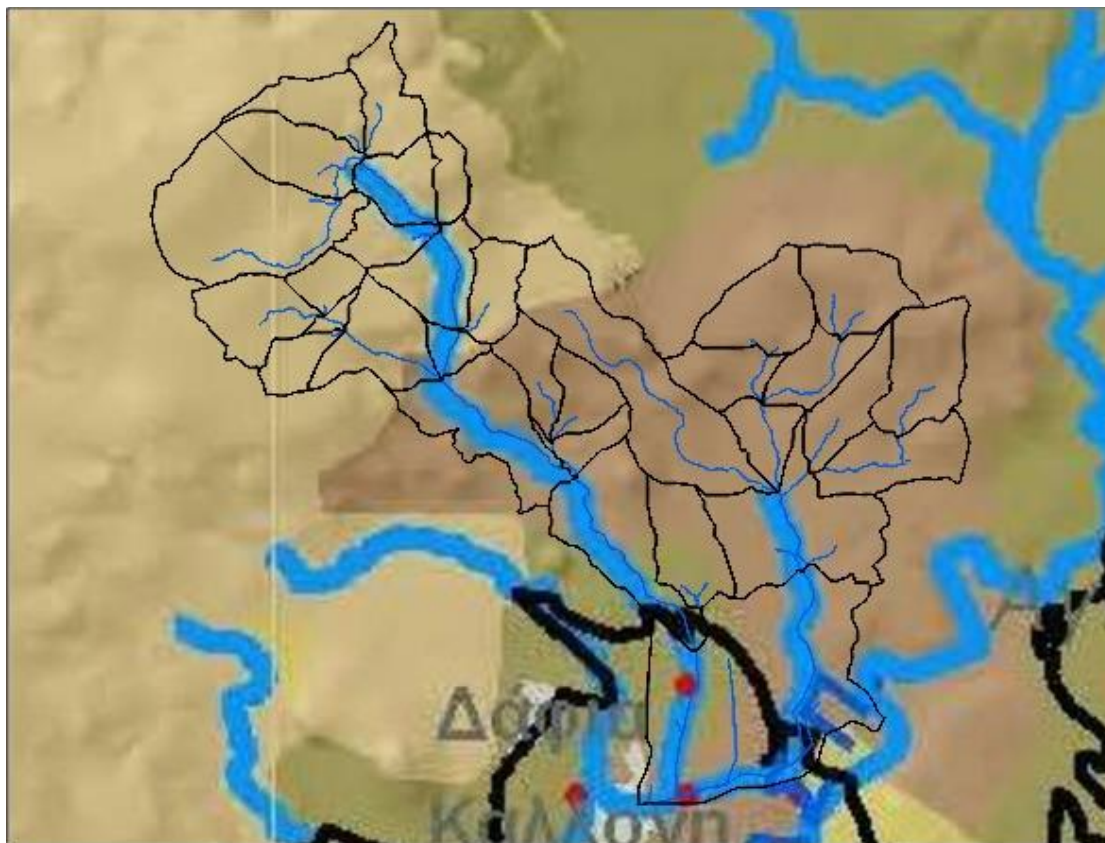
Επιτεύχθηκε γεωαναφορά με σφάλμα εντός των επιθυμητών ορίων (Εικόνα 5.23).





**Εικόνα 5.23:** Μέσο τετραγωνικό σφάλμα για τον εδαφολογικό χάρτη

Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η εκτίμηση του εδαφικού τύπου για κάθε υπολεκάνη, θεωρώντας ότι λαμβάνει τον εδαφικό τύπο που εντοπίστηκε σε μεγαλύτερη έκταση (Εικόνα 5.24).



**Εικόνα 5.24:** Λεκάνη απορροής Αχερώνα επί του εδαφολογικού χάρτη

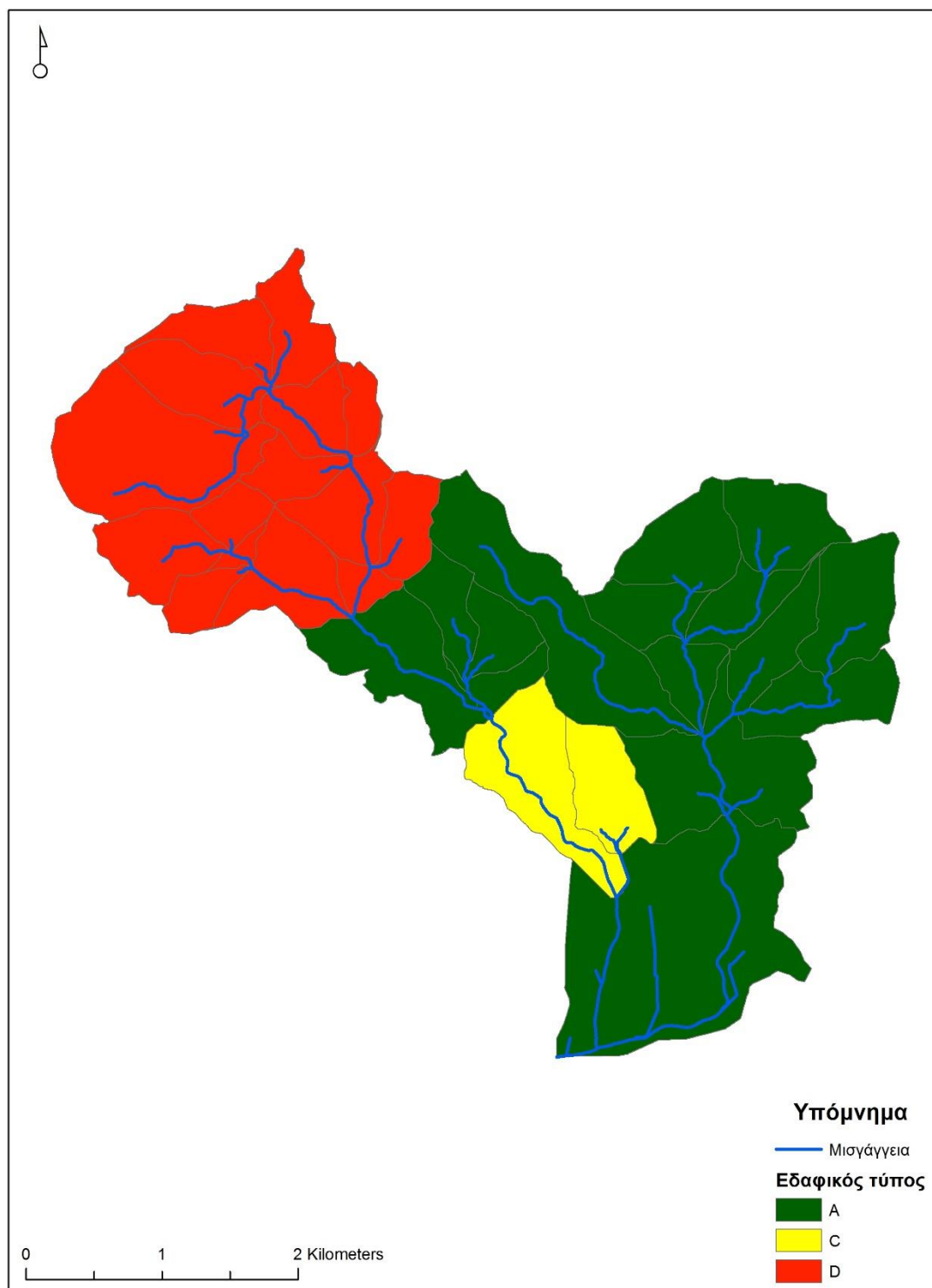
Ο κάθε εδαφολογικός τύπος αναπαρίσταται σύμφωνα με το υπόμνημα της Εικόνας 5.25.

#### Υπόμνημα/Legend

ΕΔΑΦΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ/ SOIL TYPE	ΚΛΑΣΕΙΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ/ SOIL PROPERTIES
A	 Αμμώδη/Sand (S) - Πηλοαμμώδη/Loamy sand (LS) Αμμοπηλώδη/Sandy loam (SL) - Ιλυώδη/Silt (Si)
B	 Ιλοοπηλώδης/Silty loam (SiL) - Πηλώδη/loam (L)
C	 Αμμοαργιλοπηλώδη/Sandy clay loam (SCL) -Αμμοαργιλώδη/Sandy clay (SC)
D	 Αργιλοπηλώδη/Clay loam (CL) Ιλοαργιλοπηλώδη/Silty clay loam (SiCL) Ιλοαργιλώδη/Silty clay (SiC) - Αργιλώδη/Clay (C)

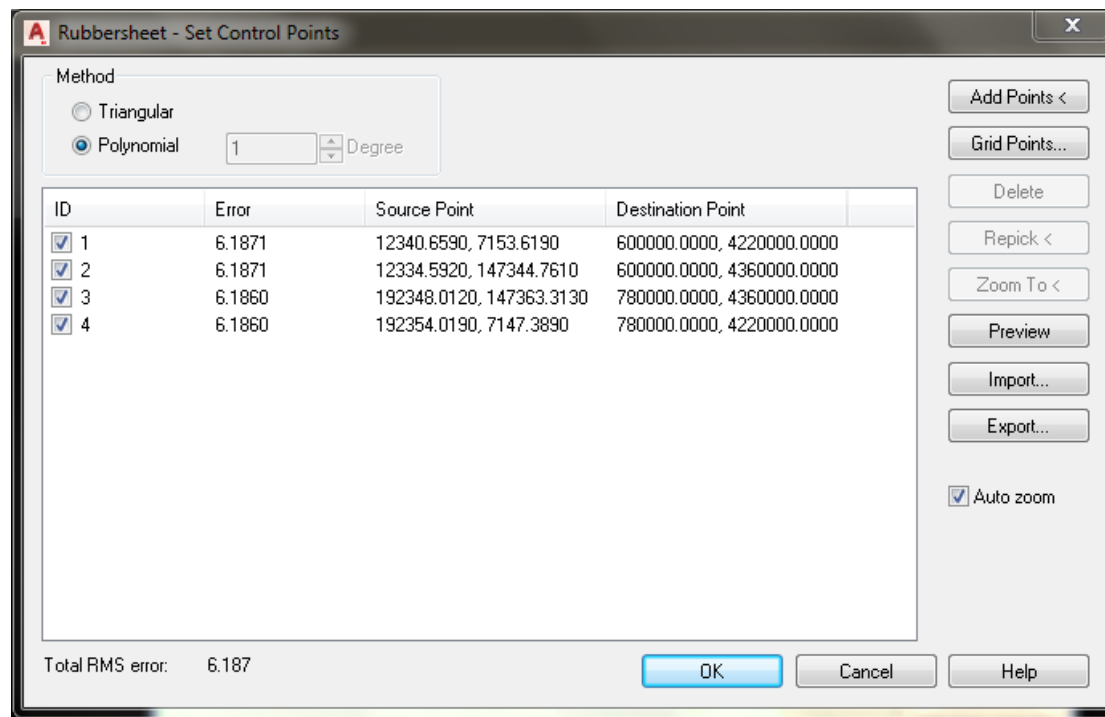
**Εικόνα 5.25:** Υπόμνημα του εδαφολογικού χάρτη  
(Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017)

Ο κυρίαρχος εδαφικός τύπος που επιλέχθηκε για κάθε υπολεκάνη παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.26.



**Εικόνα 5.26:** Κυρίαρχος εδαφικός τύπος για κάθε υπολεκάνη

Επίσης, έγινε χρήση του χάρτη των χρήσεων γης από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος των Νήσων Αιγαίου, ο οποίος γεωαναφέρθηκε με σφάλμα εντός των επιθυμητών ορίων (Εικόνα 5.27).



**Εικόνα 5.27:** Μέσο τετραγωνικό σφάλμα για το χάρτη χρήσεων γης

Για κάθε υπολεκάνη εκτιμήθηκε η χρήση γης η οποία καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη έκταση (Εικόνα 5.28).



**Εικόνα 5.28:** Λεκάνη απορροής Αχερώνα επί του χάρτη χρήσεων γης

Κάθε χρήση γης αναπαρίσταται σύμφωνα με το υπόμνημα της Εικόνας 5.29.

Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

**Υπόμνημα/Legend**

**ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ\***

	Αδιαπέρατες επιφάνειες και επιφάνειες νερού/ Impermeable surfaces and water surfaces (wetlands)
	Γυμνό έδαφος / Bare Soil
	Ευρείες γραμμικές καλλιέργειες/ Broad Linear Cropping
	Καλλιέργειες σιτηρών/ Cereal cropping
	Πυκνές καλλιέργειες/Dense crops
	Χορτολιβαδικές/Grasslands
	Καμένες εκτάσεις (χορτολιβαδικές)/ Burnt areas (grasslands)
	Δενδροκήποι ή δενδροκαλλιέργειες/ Orchards & Arboricultures
	Δάση με συγκόμωση 10-50% Forests with canopy cover 10-50%
	Δάση με συγκόμωση 50-80%/ Forests with canopy cover 50-80%
	Δάση με συγκόμωση >80% Forests with canopy cover >80%
	Χωριά και οικισμοί με αραιά δόμηση (αδιαπέρατες επιφάνειες <40%)/ Villages and settlements with sparse structure (impermeable surfaces < 40%)
	Αστικές περιοχές με πυκνή δόμηση (αδιαπέρατες επιφάνειες >40%)/ Urban areas with dense structure (impermeable surfaces > 40%)





**ΆΛΛΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ/  
OTHER LAND USES**

	Έργα Διαχείρισης Υγρών Αποβλήτων/ Wastewater Treatment Plant
	Υδατοκαλλιέργειες/ Aquacultures
	Λατομεία/Quarries
	Σταυλικές Εγκαταστάσεις/ Stable Facilities
	Κτηνοτροφικές Μονάδες/ Livestock Units

**ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ / INDUSTRIES**

	Άλλες Βιομηχανίες/Other Industries
---	------------------------------------

**ΧΥΤΑ**

	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ / IN OPERATION
	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ / DISABLE
	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ / UNDER CONSTRUCTION
	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΕΝΟΣ / SCHEDULED

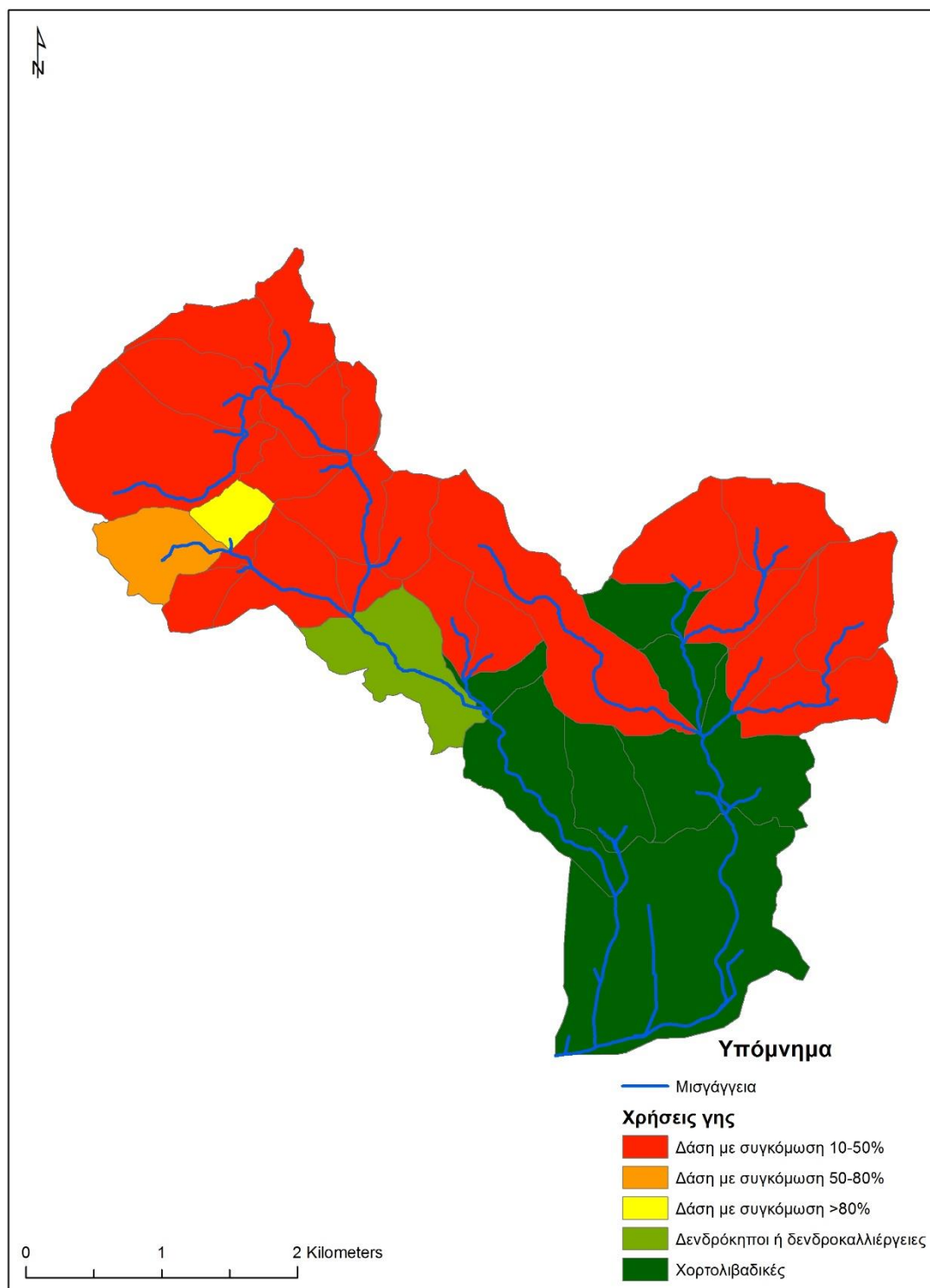
**ΧΑΔΑ**

	ΕΝΕΡΓΟΣ/ENABLE
	ΑΝΕΝΕΡΓΟΣ / DISABLE

	Ενεργές Λατομικές περιοχές/ Active Quarrying areas
---	---

**Εικόνα 5.29:** Υπόμνημα του χάρτη χρήσεων γης  
(Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017)

Η κυρίαρχη χρήση γης που επιλέχθηκε για κάθε υπολεκάνη παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.30.



**Εικόνα 5.30:** Κυρίαρχη χρήση γης για κάθε υπολεκάνη

Στη σελίδα 30987 του ΦΕΚ 2683/Β'/06-07-2018 (έγκριση Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου και της αντίστοιχης Στρατηγικής

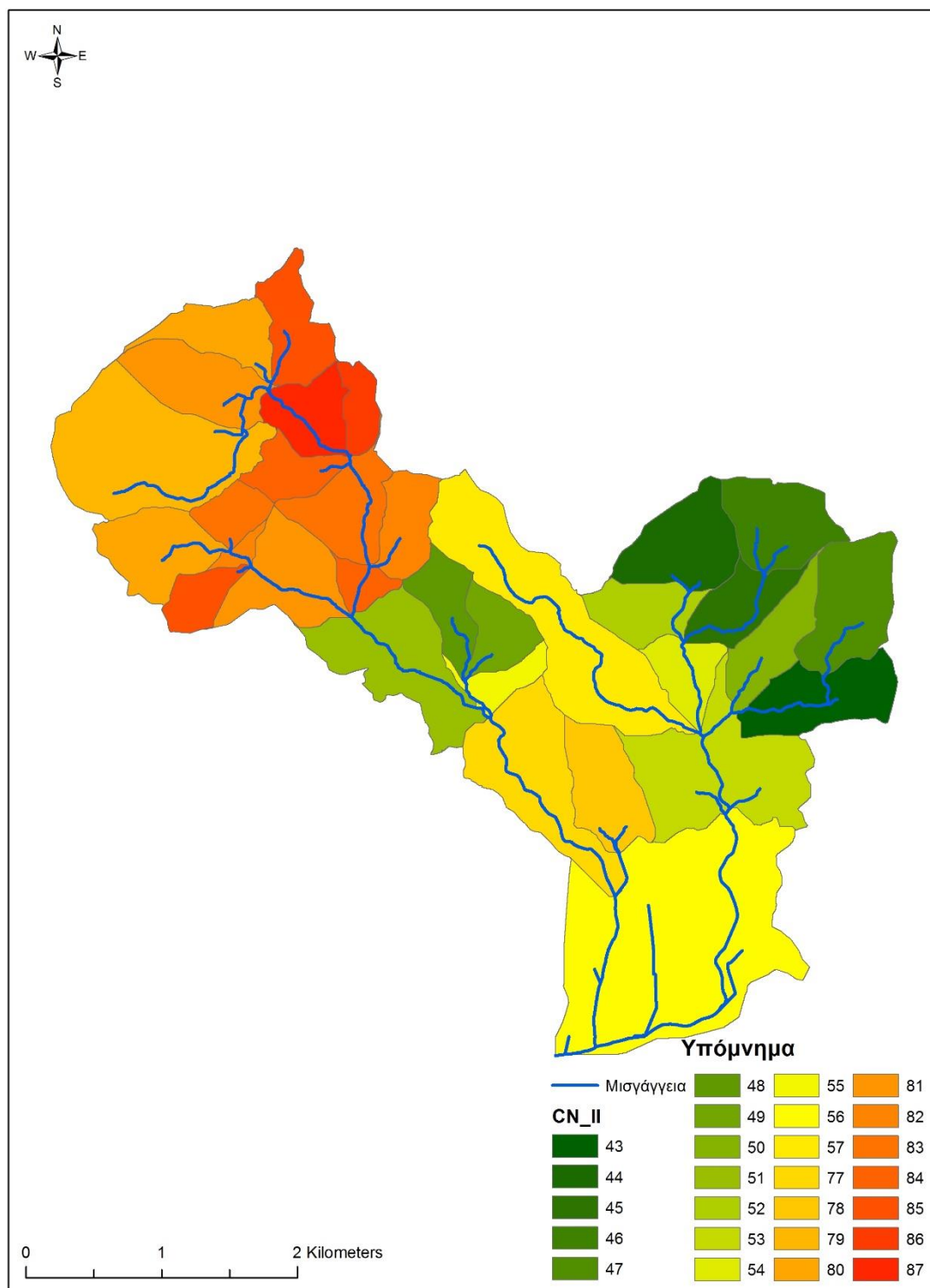


Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων) εμφανίζεται πίνακας που περιέχει την αντιστοιχία των κατηγοριών κάλυψης γης και τύπων εδαφών με τον αριθμό καμπύλης απορροής για συνθήκες υγρασίας τύπου II (Πίνακας 5.20).

**Πίνακας 5.20:** Ομαδοποίηση του αριθμού καμπύλης

Κατηγορία κάλυψης γης	Υδρολογικός τύπος εδάφους			
	A	B	C	D
Αδιαπέρατες επιφάνειες και επιφάνειες νερού	100	100	100	100
Γυμνό έδαφος	77	86	91	94
Ευρείες γραμμικές καλλιέργειες	62 - 66	71 - 74	78 - 80	81 - 82
Καλλιέργειες σιτηρών	63 - 65	75 - 76	83 - 84	87 - 88
Πυκνές καλλιέργειες	51 - 63	67 - 73	76 - 80	80 - 83
Χορτολιβαδικές εκτάσεις	39 - 68	61 - 79	74 - 86	80 - 89
Δενδρόκηποι ή δενδροκαλλιέργειες	35 - 57	58 - 73	72 - 82	79 - 86
Δάση με συγκόμωση 10-50%	36 - 61	59 - 75	73 - 83	79 - 87
Δάση με συγκόμωση 50-80%	33 - 53	57 - 71	71 - 80	78 - 85
Δάση με συγκόμωση >80%	31 - 47	56 - 67	70 - 78	77 - 84
Χωριά και οικισμοί με αραιά δόμηση (αδιαπέρατες επιφάνειες <40%)	51	68	79	84
Αστικές περιοχές με πυκνή δόμηση (αδιαπέρατες επιφάνειες >40%)	80	87	91	93

Με αυτά τα δεδομένα πραγματοποιήθηκε εκτίμηση του αριθμού καμπύλης απορροής για μέσες συνθήκες υγρασίας και για φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης. Οι τιμές των αριθμών καμπύλης επιλέχθηκαν λαμβάνοντας υπόψη όλους τους εδαφικούς τύπους και τις χρήσεις γης που μπορεί να περιέχει μια λεκάνη, με την προϋπόθεση ότι βρίσκονται εντός των ορίων που διαμορφώνεται από τον κυρίαρχο εδαφικό τύπο και την κυρίαρχη χρήση γης για κάθε υπολεκάνη (Εικόνα 5.31).



**Εικόνα 5.31:** Επιλεγμένοι αριθμοί καμπύλης για κάθε υπολεκάνη

Οι εκτιμημένοι αριθμοί καμπύλης εισήχθησαν στη στήλη που είχε δημιουργηθεί με προηγούμενες διαδικασίες (Πίνακας 5.21).

**Πίνακας 5.21:** Αριθμός καμπύλης κάθε υπολεκάνης

<b>Name</b>	<b>BasinSlope (%)</b>	<b>LossMet</b>	<b>TransMet</b>	<b>BasinCN</b>
<b>W600</b>	18,8	SCS	SCS	85
<b>W610</b>	22,7	SCS	SCS	80
<b>W650</b>	27,9	SCS	SCS	81
<b>W670</b>	23,7	SCS	SCS	79
<b>W680</b>	38,4	SCS	SCS	87
<b>W690</b>	30,2	SCS	SCS	86
<b>W710</b>	31,1	SCS	SCS	84
<b>W720</b>	41,8	SCS	SCS	83
<b>W740</b>	27,9	SCS	SCS	82
<b>W750</b>	24,5	SCS	SCS	83
<b>W760</b>	17,2	SCS	SCS	80
<b>W770</b>	27,4	SCS	SCS	46
<b>W780</b>	38,1	SCS	SCS	82
<b>W790</b>	54,4	SCS	SCS	84
<b>W800</b>	14,4	SCS	SCS	85
<b>W820</b>	21,4	SCS	SCS	45
<b>W830</b>	24,1	SCS	SCS	44
<b>W840</b>	44,1	SCS	SCS	81
<b>W850</b>	26,1	SCS	SCS	52
<b>W860</b>	27,5	SCS	SCS	57
<b>W870</b>	29,5	SCS	SCS	48
<b>W880</b>	23,6	SCS	SCS	47
<b>W890</b>	24,2	SCS	SCS	54
<b>W900</b>	33,3	SCS	SCS	49
<b>W910</b>	22,9	SCS	SCS	50
<b>W920</b>	34,2	SCS	SCS	51
<b>W950</b>	25,0	SCS	SCS	55
<b>W970</b>	26,1	SCS	SCS	43
<b>W990</b>	26,4	SCS	SCS	77
<b>W1020</b>	16,7	SCS	SCS	53
<b>W1070</b>	15,9	SCS	SCS	78
<b>W1180</b>	8,7	SCS	SCS	56

Στη συγκεκριμένη ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ο χρόνος υστέρησης υπολογισμένος με τη μέθοδο του αριθμού καμπύλης απορροής (CN lag). Το HEC-GeoHMS μπορεί να υπολογίσει το χρόνο υστέρησης κάθε υπολεκάνης μέσω της εξίσωσης [5.3], αντλώντας δεδομένα από το αρχείο με τη μέγιστη διαδρομή ροής η οποία μετατρέπεται σε πόδια εντός της εξίσωσης και από το αρχείο των υπολεκανών (Πίνακας 5.22).

$$BasinLag = \left\{ \frac{(LongestFL \cdot 3,28084)^{0,8} \cdot \left[ \left( \frac{1.000}{BasinCN} - 10 \right) + 1 \right]^{0,7}}{1.900 \cdot BasinSlope^{0,5}} \right\} \quad [5.3]$$

**Πίνακας 5.22:** Χρόνος υστέρησης κάθε υπολεκάνης

OBJECTID	DrainID	LongestFL (m)	Name	BasinCN	BasinSlope (%)	BasinLag (h)
1	60	1171,1	<b>W600</b>	85	18,8	0,182
2	61	1449,4	<b>W610</b>	80	22,7	0,232
3	65	1414,8	<b>W650</b>	81	27,9	0,199
4	68	1032,4	<b>W680</b>	87	38,4	0,107
5	69	917,2	<b>W690</b>	86	30,2	0,114
6	67	2245,9	<b>W670</b>	79	23,7	0,333
7	86	3474,3	<b>W860</b>	57	27,5	0,793
8	71	967,4	<b>W710</b>	84	31,1	0,126
9	74	1001,2	<b>W740</b>	82	27,9	0,146
10	83	1144,9	<b>W830</b>	44	24,1	0,486
11	75	729,7	<b>W750</b>	83	24,5	0,117
12	72	1573,1	<b>W720</b>	83	41,8	0,166
13	78	499,2	<b>W780</b>	82	38,1	0,072
14	76	1383,3	<b>W760</b>	80	17,2	0,257
15	88	1440,9	<b>W880</b>	47	23,6	0,545
16	77	1142,0	<b>W770</b>	46	27,4	0,432
17	87	1227,6	<b>W870</b>	48	29,5	0,419
18	91	1632,0	<b>W910</b>	50	22,9	0,566
19	79	758,0	<b>W790</b>	84	54,4	0,078
20	82	1462,3	<b>W820</b>	45	21,4	0,611
21	90	1028,6	<b>W900</b>	49	33,3	0,333
22	85	968,8	<b>W850</b>	52	26,1	0,332
23	80	902,7	<b>W800</b>	85	14,4	0,169
24	92	1985,6	<b>W920</b>	51	34,2	0,529
25	84	1382,9	<b>W840</b>	81	44,1	0,155
26	95	882,2	<b>W950</b>	55	25,0	0,292
27	102	1428,1	<b>W1020</b>	53	16,7	0,553
28	89	1123,4	<b>W890</b>	54	24,2	0,369
29	97	1736,6	<b>W970</b>	43	26,1	0,669
30	99	2334,3	<b>W990</b>	77	26,4	0,345
31	107	1256,1	<b>W1070</b>	78	15,9	0,263
32	118	3367,2	<b>W1180</b>	56	8,7	1,411

### 5.5.5 Προετοιμασία HMS

Οι τιμές των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν από το HEC-HMS μετατράπηκαν στο επιθυμητό σύστημα μονάδων (map to HMS units), δηλαδή στο διεθνές σύστημα. Πλέον, μπορεί να γίνει έλεγχος των δεδομένων (check data), ώστε να επαληθευθούν τα εισαγόμενα δεδομένα.

HMS Consistency Checking Log  
-----

Project: axeron

File Creation Date: 29/4/2020

File Creation Time: 09:24:45

Checking uniqueness of names ...

Checking River HydroID uniqueness:

End of checking River HydroID uniqueness - all IDs are unique.

Checking River Name uniqueness:

End of checking River Name uniqueness - all Names are unique.

Checking Drainage Area HydroID uniqueness:

End of checking Drainage Area HydroID uniqueness - all IDs are unique.

Checking Drainage Area Name uniqueness:

End of checking Drainage Area Name uniqueness - all Names are unique.

Checking VIP Name uniqueness:

End of checking VIP Name uniqueness - all Names are unique.

End of checking uniqueness of names.

Checking river containment...

End of checking river containment.

Checking centroid...

End of Checking centroid.

Checking river's connectivity...

End of checking river's connectivity.

Checking project points [VIP points]...

Checking VIP Point: Outlet1 x=690436,5627, y=4344780,642

End of checking point: name=Outlet1 oid=1 - No PROBLEM found.

End of checking project points [VIP points].

Checking Finished: 09:24:46

CHECKING SUMMARY

\*\*\*\*\*

Unique names - no problems.

River containment - no problems.

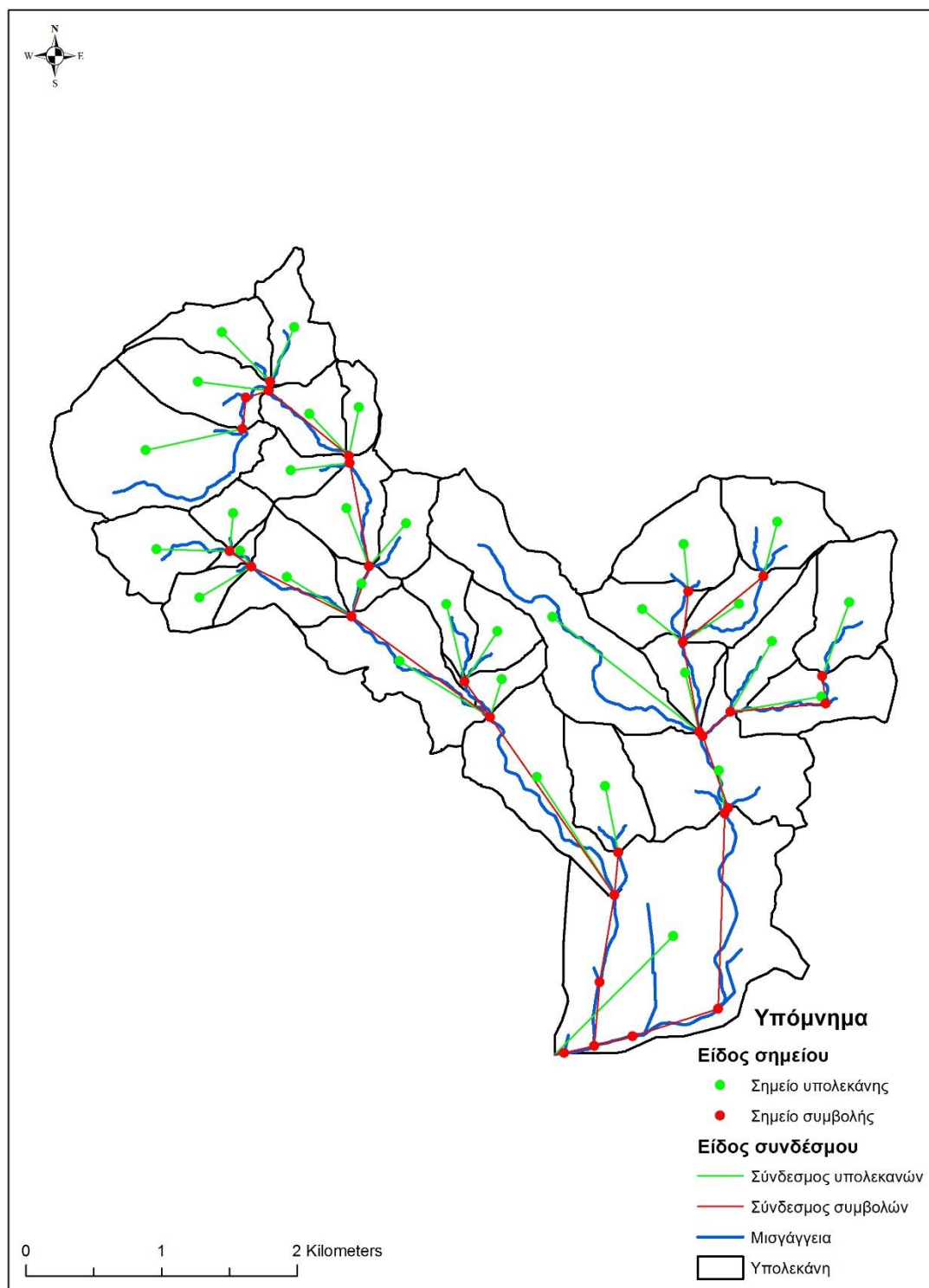
Center containment - no problems.

River connectivity - no problems.

VIP relevance - no problems.

Μετά τον έλεγχο σχηματίστηκε η μορφή του υδρογραφικού δικτύου, όπως θα εμφανίζεται στο HEC-HMS (Εικόνα 5.32).





**Εικόνα 5.32:** Θέσεις και γραμμές σύνδεσης κόμβων και υπολεκανών

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συντεταγμένες (add coordinates) για την αρχή και το τέλος κάθε συνδέσμου και οι συντεταγμένες και το υψόμετρο για κάθε σημείο υπολεκάνης και συμβολής, ώστε να διατηρηθεί η

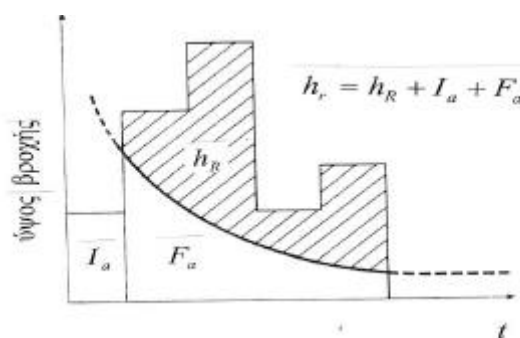
γεωχωρική πληροφορία. Προετοιμάστηκε η εξαγωγή των υπολεκανών και των ρεμάτων (prepare data for model export) από τη γεωβάση, ως ξεχωριστά διανυσματικά αρχεία. Καταχωρήθηκε η γεωγραφική πληροφορία των ορίων των υπολεκανών και η μορφή των ρεμάτων (background shape file), με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν δύο διανυσματικά αρχεία που μπορούν να οπτικοποιηθούν από το HEC-HMS. Επίσης δημιουργήθηκε το μοντέλο των υπολεκανών (basin model file), στο οποίο εξήχθηκε η πληροφορία των υδρολογικών στοιχείων, της συνδεσιμότητάς τους και της σχετιζόμενης γεωγραφικής πληροφορίας σε αρχείο με την κατάληξη *.basin*, το οποίο αναγνωρίζει το HEC-HMS. Παρόμοια μπορεί να δημιουργηθεί το μετεωρολογικό μοντέλο (met model file), δηλαδή ένα αρχείο με κατάληξη *.met*, το οποίο μπορεί να επεξεργαστεί αργότερα μέσω του HEC-HMS. Τέλος, έγινε η δημιουργία του έργου (create HEC-HMS project) και σχηματίστηκε το αρχείο με κατάληξη *.hms* από το οποίο θα γίνεται η εκκίνηση του έργου στο HEC-HMS.

## 5.6 Επεξεργασία στο HEC-HMS

### 5.6.1 Μοντέλο υπολεκανών

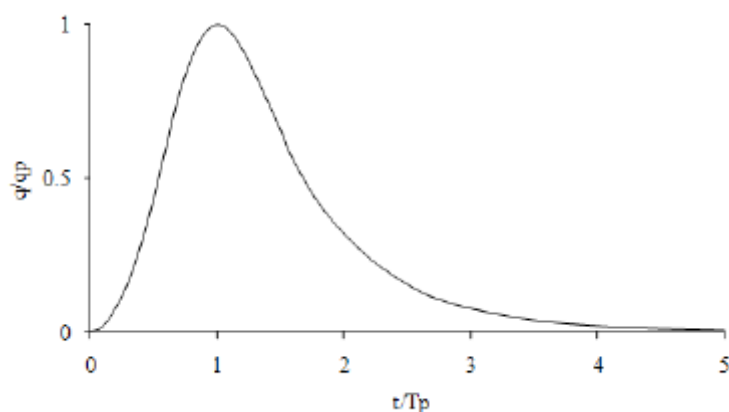
Κάθε υπολεκάνη έχει συμπληρωθεί από την έκταση (area) και την κατάντη (downstream) συμβολή η οποία υπολογίστηκε στο HEC-GeoHMS. Για τη συγκεκριμένη ανάλυση έχει επιλεγθεί ως υπολογισμός των απωλειών (loss method) η μέθοδος του αριθμού καμπύλης απορροής (SCS curve number), με την οποία υπολογίζεται το ύψος της άμεσης απορροής « $h_R$ » στην εξίσωση [5.4], μέσω της αρχικής συγκράτησης (initial abstraction) « $I_a$ », η οποία θεωρείται ότι αποτελεί το 20% του μέγιστου θεωρητικού ύψους απωλειών « $S$ » που μετατρέπεται σε ύψος νερού που κατακρατείται στην υπολεκάνη « $F_a$ », του ύψους της βροχόπτωσης « $h_r$ » και του αριθμού καμπύλης απορροής « $CN$ », όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.33.

$$h_R = \left[ \frac{(h_r - I_a)^2}{h_r - I_a + S} \right] \xrightarrow{(I_a = 0,2 \cdot S) \left( S = \frac{25.400}{CN} - 254 \right)} h_R = \left\{ \begin{array}{l} \left[ h_r - 0,2 \cdot \left( \frac{25.400}{CN} - 254 \right) \right]^2 \\ h_r + 0,8 \cdot \left( \frac{25.400}{CN} - 254 \right) \end{array} \right\} \quad [5.4]$$



**Εικόνα 5.33:** Μέθοδος SCS για την εκτίμηση των απωλειών  
 (<https://eclass.duth.gr>)

Αφήνοντας κενό το πεδίο της αρχικής συγκράτησης (initial abstraction), το HEC-HMS αυτόματα υπολογίζει ότι ισούται με το 20% του μέγιστου θεωρητικού ύψους απωλειών. Στο πεδίο του αριθμού καμπύλης απορροής (curve number) εισήχθηκε η τιμή που είχε εκτιμηθεί από τον εδαφολογικό τύπο και τις χρήσεις γης, ενώ το πεδίο της αδιαπέρατης επιφάνειας (impervious) παρέμεινε ίσο με μηδέν. Επίσης, επιλέχθηκε ως μέθοδος μετατροπής του ύψους της άμεσης απορροής σε απορροή (transform method), το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα (SCS unit hydrograph) όπου στον άξονα των τεταγμένων είναι ο λόγος της παροχής ( $q$ ) προς την παροχή αιχμής ( $q_p$ ) και στον άξονα των τετημένων ο λόγος του χρόνου ( $t$ ) προς το χρόνο ανόδου του μοναδιαίου υδρογραφήματος ( $T_p$ ), όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.34.



**Εικόνα 5.34:** Αδιάστατο υδρογράφημα της μεθόδου SCS  
(<https://eclass.duth.gr>)

Ο τύπος καμπύλης (graph type) παρέμεινε ο καθιερωμένος (standard), σύμφωνα με τον οποίο το 37,5% της μοναδιαίας απορροής προκαλείται πριν τη μέγιστη απορροή, ενώ ο χρόνος υστέρησης (lag time) συμπληρώθηκε από τις τιμές που υπολογίστηκαν στο HEC-GeoHMS. Μέθοδοι για τον υπολογισμό παραμέτρων του υδρολογικού κύκλου όσον αφορά τη φυτοκάλυψη (canopy method), την επιφάνεια του εδάφους (surface method) και τον υπολογισμό της βασικής απορροής (baseflow method) δεν επιλέχθηκαν (none). Επομένως, τα υπόλοιπα πεδία συμπληρώθηκαν με τις κατάλληλες τιμές, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.23.

**Πίνακας 5.23:** Συμπλήρωση των απαραίτητων πεδίων των υπολεκανών

Name	Downstream	Area_HMS (km <sup>2</sup> )	BasinCN	BasinLag (min)
W600	J233	0,335	85	10,9
W610	J233	0,316	80	13,9
W650	J227	0,457	81	11,9
W670	J224	1,126	79	20,0
W680	J219	0,300	87	6,4



*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>W690</b>	J219	0,156	86	6,9
<b>W710</b>	J216	0,218	84	7,6
<b>W720</b>	J211	0,394	83	10,0
<b>W740</b>	J211	0,275	82	8,8
<b>W750</b>	J206	0,176	83	7,0
<b>W760</b>	J206	0,429	80	15,4
<b>W770</b>	J203	0,450	46	25,9
<b>W780</b>	J196	0,053	82	4,3
<b>W790</b>	J188	0,120	84	4,7
<b>W800</b>	J196	0,186	85	10,1
<b>W820</b>	J185	0,304	45	36,7
<b>W830</b>	J191	0,482	44	29,2
<b>W840</b>	J188	0,481	81	9,3
<b>W850</b>	J185	0,304	52	19,9
<b>W860</b>	J175	1,209	57	47,6
<b>W870</b>	J172	0,255	48	25,1
<b>W880</b>	J178	0,526	47	32,7
<b>W890</b>	J175	0,241	54	22,2
<b>W900</b>	J172	0,245	49	20,0
<b>W910</b>	J162	0,341	50	34,0
<b>W920</b>	J165	0,718	51	31,7
<b>W950</b>	J165	0,150	55	17,5
<b>W970</b>	J162	0,474	43	40,1
<b>W990</b>	J157	0,767	77	20,7
<b>W1020</b>	J154	0,933	53	33,2
<b>W1070</b>	J230	0,430	78	15,8
<b>W1180</b>	Outlet	2,267	56	84,6

### 5.6.2 Μετεωρολογικό μοντέλο

Ως μέθοδος κατακρήμνισης (precipitation) επιλέχθηκε η συχνότητα καταιγίδας (frequency storm), όπου για κάθε υπολεκάνη ισχύουν οι ίδιες παράμετροι. Η μετατροπή της βροχής από ετήσια σε μερική (annual-partial conversion) ή το αντίστροφο παρέμεινε χωρίς μεταβολή (none) και για αυτό ο συντελεστής μετατροπής (annual-partial ratio) πήρε την τιμή της μονάδας. Ως διάρκεια της καταιγίδας (storm duration) επιλέχθηκαν οι δώδεκα ώρες (Σιώρας, 2018), οι οποίες εκφράζουν το χρονικό διάστημα που θα διαρκέσει η καταιγίδα. Στη διάρκεια έντασης (intensity duration) δόθηκε η τιμή των πέντε λεπτών, η οποία υποδεικνύει την ελάχιστη διάρκεια της καταιγίδας. Η στιγμή της μέγιστης έντασης (intensity position) παρέμεινε στο 50% της συνολικής διάρκειας της καταιγίδας, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η κατανομή του ύψους βροχής στη διάρκεια της καταιγίδας, αλλά όχι το συνολικό ύψος κατακρημνισμάτων. Συντελεστής μείωσης της βροχόπτωσης σε κάποια περιοχή (area reduction) δεν επιλέχτηκε (none). Τέλος, για τη συμπλήρωση του ύψους βροχής στα διάφορα χρονικά διαστήματα που ζητάει το HEC-HMS έγινε



χρήση των όμβριων καμπύλων από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου. Συγκεκριμένα επιλέχθηκε ο σταθμός Κεράμι, ο οποίος βρίσκεται πλησιέστερα στην λεκάνη απορροής που μελετάται. Οι παράμετροί του παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.24.

**Πίνακας 5.24:** *Παράμετροι όμβριας καμπύλης σταθμού Κεράμι*

<b>Παράμετρος</b>	<b>Τιμή</b>
<b>κ</b>	0,093
<b>λ (mm)</b>	9,92
<b>ψ</b>	2,86
<b>θ (h)</b>	0,134
<b>η</b>	0,741

Λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές των παραμέτρων, η εξίσωση της όμβριας καμπύλης για το σταθμό Κεράμι της Καλλονής, από την οποία προκύπτει η ένταση της βροχόπτωσης «i» υπολογίστηκε μέσω της εξίσωσης [2.3].

$$\begin{aligned}
 i(d, T) &= \left[ \frac{\lambda' \cdot (T^\kappa - \psi')}{\left(1 + \frac{d}{\theta}\right)^\eta} \right] = \left\{ \frac{\frac{\lambda}{\theta^\eta} \cdot [T^\kappa - (1 - \kappa \cdot \psi)]}{\left(1 + \frac{d}{\theta}\right)^\eta} \right\} \\
 &= \left\{ \frac{\frac{9,92}{0,134^{0,741}} \cdot [T^{0,093} - (1 - 0,093 \cdot 2,86)]}{\left(1 + \frac{d}{0,134}\right)^{0,741}} \right\} \\
 &= \left[ \frac{472,98 \cdot (T^{0,093} - 0,734)}{\left(1 + \frac{d}{0,134}\right)^{0,741}} \right]
 \end{aligned}$$

Χρησιμοποιώντας ως περίοδο επαναφοράς (T) τα πενήντα (50) έτη και θέτοντας τη διάρκεια της βροχής (d) που ζητάει το HEC-HMS προέκυψε η μέγιστη ένταση (Πίνακας 5.25).

**Πίνακας 5.25:** *Ένταση βροχόπτωσης με βάση τη χρονική διάρκεια*

<b>Διάρκεια</b>	<b>Ένταση (mm/h)</b>
<b>5 (min)</b>	233,0
<b>15 (min)</b>	152,8
<b>1 (h)</b>	68,5
<b>2 (h)</b>	42,9
<b>3 (h)</b>	32,3
<b>6 (h)</b>	19,6
<b>12 (h)</b>	11,8

Η ένταση μετατράπηκε σε ύψος βροχής, για να εισαχθεί στο HEC-HMS (Πίνακας 5.26).

**Πίνακας 5.26:** Ύψος βροχοπτώσης με βάση τη χρονική διάρκεια

<b>Διάρκεια</b>	<b>Ένταση (mm/h)</b>	<b>Ύψος (mm)</b>
<b>5 min</b>	233,0	19,4
<b>15 min</b>	152,8	38,2
<b>1 h</b>	68,5	68,5
<b>2 h</b>	42,9	85,7
<b>3 h</b>	32,3	96,8
<b>6 h</b>	19,6	117,7
<b>12 h</b>	11,8	142,0

### 5.6.3 Παράμετροι εισόδου

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο υπολεκανών παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.27. Διόδευση μέσω υδατορέματος πραγματοποιήθηκε για τους κλάδους στους οποίους προτείνεται η κατασκευή μικρών φραγμάτων από σκυρόδεμα ή συρματοπλεκτα κιβώτια.

**Πίνακας 5.27:** Παράμετροι εισόδου στο μοντέλο υπολεκανών

<b>Basin models</b>		
Subbasin	<b>Area (km<sup>2</sup>)</b>	Πίνακας 5.23
	<b>Loss Method</b>	SCS Curve Number
	<b>Transform Method</b>	SCS Unit Hydrograph
Loss	<b>Curve Number</b>	Πίνακας 5.23
Transform	<b>Graph Type</b>	Standard (PRF 484)
	<b>Lag Time (min)</b>	Πίνακας 5.23
Reach	<b>Routing Method</b>	Lag
Routing	<b>Initial Type</b>	Discharge = Inflow
	<b>Lag (min)</b>	Κεφάλαια 6.1.6, 6.2.6, 6.3.6, 6.4.6, 6.5.6
Reservoir	<b>Method</b>	Outflow Structures
	<b>Storage Method</b>	Elevation-Storage
	<b>Elev-Stor Function</b>	Paired Data
	<b>Initial Condition</b>	Inflow = Outflow
	<b>Main Tailwater</b>	Assume None
	<b>Time Step Method</b>	Automatic Adaption
	<b>Spillways</b>	1
Spillway	<b>Method</b>	Broad-Crested Spillway
	<b>Direction</b>	Main
	<b>Elevation (m)</b>	Πίνακες 6.14, 6.27, 6.41, 6.55, 6.68
	<b>Length (m)</b>	Πίνακες 6.14, 6.27, 6.41, 6.55, 6.68
	<b>Coefficient (m<sup>0,5</sup>/s)</b>	Πίνακες 6.14, 6.27, 6.41, 6.55, 6.68

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στο μετεωρολογικό μοντέλο παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.28.

**Πίνακας 5.28:** Παράμετροι εισόδου στο μετεωρολογικό μοντέλο

<b>Meteorologic Models</b>		
Meteorology Model	<b>Unit System</b>	Metric
	<b>Precipitation</b>	Frequency Storm
Frequency Storm	<b>Storm Duration</b>	12 Hours
	<b>Intensity Duration</b>	5 Minutes
	<b>Intensity Position</b>	50 Percent
	<b>Duration</b>	Πίνακας 5.26
	<b>Depth (mm)</b>	Πίνακας 5.26

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στις καμπύλες στάθμης-αποθήκευσης, για την προσομοίωση των ταμιευτήρων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.29.

**Πίνακας 5.29:** Παράμετροι εισόδου στις καμπύλες στάθμης-αποθήκευσης

<b>Paired Data</b>		
Table	<b>Elevation (m)</b>	Πίνακες 6.13, 6.26, 6.40, 6.54, 6.67
	<b>Storage (1000 m<sup>3</sup>)</b>	Πίνακες 6.13, 6.26, 6.40, 6.54, 6.67

Τέλος, προσδιορίστηκαν τα χρονικά δεδομένα της προσομοίωσης στο αρχείο ελέγχου, όπου επιλέχθηκε τυχαία μια ημερομηνία διάρκειας ενός εικοσιτετράωρου (Πίνακας 5.30).

**Πίνακας 5.30:** Παράμετροι εισόδου στο αρχείο ελέγχου

<b>Control Specifications</b>	
<b>Start Date</b>	01Μαΐ2020
<b>Start Time</b>	12:00:00 πμ
<b>End Date</b>	02Μαΐ2020
<b>End Time</b>	12:00:00 πμ
<b>Time Interval</b>	1 Minute

#### 5.6.4 Αποτελέσματα αρχικής εκτέλεσης του HEC-HMS

Η βροχή άρχισε από τα μεσάνυχτα και διήρκτησε δώδεκα ώρες, αλλά το πλημμυρικό γεγονός παρατηρήθηκε στο 50% της διάρκειας της καταιγίδας, όπως προηγουμένως είχε επιλεχθεί. Τα αποτελέσματα σε κάθε συμβολή ρέματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.31.

**Πίνακας 5.31:** Αρχική εκτίμηση παροχών αιχμής

Hydrologic Element	Drainage Area (km <sup>2</sup> )	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Time of Peak	Volume (mm)	Volume (1000 m <sup>3</sup> )
<b>J154</b>	5,3	15,8	01Μαΐ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J157</b>	7,6	146,7	01Μαΐ2020, 06:12	77,6	589,1
<b>J162</b>	1,3	2,8	01Μαΐ2020, 06:49	18,5	24,8
<b>J165</b>	6,4	129,4	01Μαΐ2020, 06:11	77,2	493,1
<b>J172</b>	0,5	1,7	01Μαΐ2020, 06:31	21,7	10,8
<b>J175</b>	3,0	9,1	01Μαΐ2020, 06:49	26,7	79,9
<b>J178</b>	0,5	1,2	01Μαΐ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J185</b>	1,5	3,5	01Μαΐ2020, 06:37	18,5	28,5
<b>J188</b>	5,0	128,1	01Μαΐ2020, 06:11	91,4	458,9
<b>J191</b>	0,5	0,8	01Μαΐ2020, 06:46	14,9	7,2
<b>J196</b>	0,8	21,6	01Μαΐ2020, 06:11	91,4	77,2
<b>J203</b>	0,5	1,1	01Μαΐ2020, 06:39	17,8	8,0
<b>J206</b>	0,6	14,3	01Μαΐ2020, 06:13	88,9	53,9
<b>J211</b>	3,6	88,6	01Μαΐ2020, 06:12	91,5	327,2
<b>J216</b>	2,9	67,7	01Μαΐ2020, 06:12	91,0	264,8
<b>J219</b>	2,7	60,9	01Μαΐ2020, 06:13	90,6	243,7
<b>J224</b>	1,1	22,2	01Μαΐ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J227</b>	2,2	49,3	01Μαΐ2020, 06:16	87,9	196,3
<b>J230</b>	0,4	9,4	01Μαΐ2020, 06:18	81,8	35,1
<b>J233</b>	0,7	18	01Μαΐ2020, 06:14	93,3	60,7

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>J238</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J249</b>	0,5	1,2	01Μαϊ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J255</b>	4,3	12	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J258</b>	4,3	12	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J263</b>	7,6	146,7	01Μαϊ2020, 06:12	77,6	589,1
<b>J265</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J267</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J269</b>	12,9	150	01Μαϊ2020, 06:13	56,1	721,0
<b>J272</b>	12,9	150	01Μαϊ2020, 06:13	56,1	721,0
<b>Outlet</b>	15,1	<b>150,2</b>	01Μαϊ2020, 06:12	52,9	799,3

Ο έλεγχος των χειμναρικών φαινομένων, καθώς και η προστασία και η ανάδειξη του φυσικού χειμναρικού περιβάλλοντος μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω κατάλληλων έργων όπως (Μάρης, 2013):

- i. Τεχνικά έργα
  - ✓ Εγκάρσια έργα (φράγματα, πρόβολοι),
  - ✓ Παράλληλα έργα (τοιχοί, επενδύσεις κοιτών, αναχώματα),
  - ✓ Τοίχοι στήριξης, υποστήριξης και αντιστήριξης γεωμαζών,
  - ✓ Δεξαμενές απόθεσης και καθίζησης,
  - ✓ Λοιπά έργα (εκτροπές, διανοίξεις, υδρομαστεύσεις).
- ii. Αγροτεχνικά ή γεωτεχνικά έργα
  - ✓ Έργα κατεργασίας εδάφους,
  - ✓ Βαθμίδες,
  - ✓ Τάφροι,
  - ✓ Έργα μετασχηματισμού και διαμόρφωσης εδαφικών επιφανειών,
  - ✓ Έργα χωματουργικά,
  - ✓ Έργα στράγγισης ολισθαίνοντων γεωστρωμάτων,
  - ✓ Κλαδοκατασκευές (κλαδοδέματα, φακελώματα).
- iii. Βιοτεχνικά έργα (φυτοτεχνικά και φυτοκομικά)
  - ✓ Δασώσεις και αναδασώσεις,
  - ✓ Θαμνώσεις και αναθαμνώσεις,
  - ✓ Χλοάσεις και αναχλοάσεις,
  - ✓ Καλλιέργεια, διοίκηση και διαχείριση δασοσυστάδων και θαμνοσυστάδων με σκοπό την αύξηση της υδρογεωνομικής επίδρασης τους.



Ειδικότερα στην περιοχή μελέτης, ως μέτρα αντιμετώπισης των πλημμυρικών φαινομένων μπορούν να πραγματοποιηθούν:

- i. Αύξηση της παροχεταιυκότητας της διατομής, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με τον περιοδικό καθαρισμό της και τον ετήσιο σχολαστικό καθαρισμό του χειμάρρου, καθώς και με τοποθέτηση διατάξεων συγκράτησης φερτών. Η αποκάλυψη του χειμάρρου (επιαναφορά του στην πριν το 1956 κατάσταση) θα μετρίαζε σημαντικά το πρόβλημα των πλημμυρών αλλά θα άλλαζε καθοριστικά τον σημερινό πολεοδομικό ιστό της πόλης και θα έπρεπε να συνοδευτεί και από μια σειρά άλλα έργα (γέφυρες, πεζοδρομήσεις).
- ii. Ανάσχεση της πλημμύρας πριν αυτή φτάσει στην Καλλονή, με την κατασκευή μικρών αντιπλημμυρικών ταμιευτήρων σε ανάντη θέσεις της λεκάνης του Αχερώνα, το οποίο θα εξεταστεί στην παρούσα εργασία. Με αυτήν τη λύση, εκτός από την μείωση των πλημμυρικών αιχμών κατά τη διάρκεια ορισμένων ακραίων επεισοδίων βροχής (τα οποία όμως εμφανίζονται κάθε μερικά χρόνια), θα δημιουργηθούν μικροί ταμιευτήρες, οι οποίες θα εμπλουτίζουν τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, αλλά και θα αποτελούν εστίες συγκέντρωσης νερού τους καλοκαιρινούς μήνες για την πανίδα της περιοχής.

Ο μέσος όρος της παροχής αιχμής που προκύπτει από τις συμβολές των ρεμάτων εξαιρουμένης της εκβολής της λεκάνης απορροής (outlet) είναι  $45,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Για τις υπολεκάνες στις οποίες η παροχή αιχμής στο σημείο εξόδου τους ξεπερνά το μέσο όρο, μελετήθηκε το ανάγλυφο και οι κλίσεις από το διαμορφωμένο ψηφιακό μοντέλο στα κατάντη. Σε φυσικές στενώσεις του υδρογραφικού δικτύου επιλέχθηκε η χωροθέτηση μικρών φραγμάτων, τα οποία μπορούν να μειώσουν την πλημμυρική παροχή και ακολούθησε η διαστασιολόγησή τους. Ως σημεία ελέγχου επιλέχθηκαν οι συμβολές (junction) J227, J216, J211, J188 και J165. Στις θέσεις αυτές μελετήθηκαν τα γεωμετρικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά για έργο από σκυρόδεμα ή από συρματοπλεκτα κιβώτια.

Επιπλέον, στις θέσεις μεταξύ των κόμβων J216 με J211 και J196 με J188 επιλέχθηκαν ξυλοφράγματα για τα οποία έγινε επίλυση ευστάθειας και υδραυλικών χαρακτηριστικών ανάλογα με το πλάτος της κοίτης στα επιλεγμένα σημεία. Η επιλογή των θέσεων έγινε σε κλάδους όπου εμφανίζεται σχετικά υψηλή παροχή αιχμής και σε σημεία όπου η κοίτη είναι περιορισμένου πλάτους.

## 6. Αποτελέσματα

### 6.1 Πρώτο φράγμα

#### 6.1.1 Επεξεργασία στο λογισμικό vbClisi

Για τον υπολογισμό της κλίσης αντιστάθμισης χρησιμοποιήθηκε το ελεύθερο λογισμικό που αναπτύχθηκε από το Τμήμα Δασοτεχνικής Διευθέτησης Χειμάρρων. Η στερεοπαροχή υπολογίστηκε στη θέση συμβολής J227 με τιμή υδατοπαροχής  $Q = 49,3 \text{ m}^3/\text{s}$  (Πίνακας 5.31). Οι υπολεκάνες ανάντη του σημείου ελέγχου έχουν κλίση που βρίσκεται εντός του διαστήματος 16% έως 25% και άρα από πίνακα επιλέχθηκε η τιμή  $P_n = 25$ . Το τμήμα του ποταμού παρουσιάζει μικρή χειμαρρικότητα και λαμβάνει την τιμή  $m = 0,7$ . Το ειδικό βάρος των μεταφερόμενων υλικών το οποίο εξαρτάται από την πετρολογική τους σύσταση είναι μεταξύ άμμων έως κροκάλες γρανιτών, δηλαδή  $Y_n = 2,05 \text{ t/m}^3$ . Με χρήση της εξίσωσης [6.1] του Stinny-Herheulidge, υπολογίστηκε η μέγιστη στερεοπαροχή (Μάρης, 2012).

$$G = \frac{P_n \cdot m \cdot Q}{Y_n \cdot (100 - P_n)} = 5,6 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{[6.1]}$$

Από το διαμορφωμένο ψηφιακό μοντέλο εδάφους υπολογίστηκε η μέση κατά μήκος κλίση, το πλάτος της κοίτης και η κλίση των πρηνών. Εκτιμήθηκε ότι ο συντελεστής τραχύτητας του Manning αντιστοιχεί σε φυσικούς ανοικτούς αγωγούς οι οποίοι είναι καθαροί με στροφές, με μερικούς λάκκους και αμμώδη κατά τμήματα πρηνή, μικρού βάθους και με μερικά βραχώδη τμήματα (Καπετανόπουλος, 2001). Για την εκτίμηση της αντιπροσωπευτικής διαμέτρου του μίγματος των υλικών του πυθμένα « $d_m$ » θεωρήθηκε ότι η διάμετρος η οποία χωρίζει τα στερεά υλικά του αρχικού μίγματος ώστε αυτά που είναι μικρότερα να έχουν βάρος το 90% του συνόλου είναι  $d_{90} = 0,3 \text{ m}$ . Για τιμές που κυμαίνονται από 2,3 έως 3 επιλέχτηκε τιμή συντελεστή  $p = 2,65$  και μέσω της εξίσωσης [6.2] που ισχύει για Μεσοευρωπαϊκές συνθήκες υπολογίστηκε η αντιπροσωπευτική διάμετρος (Καπετανόπουλος, 2001).

$$d_m = \frac{d_{90}}{p} = 0,10 \quad \text{[6.2]}$$

Καθώς το ειδικό βάρος των εδαφικών κόκκων κυμαίνεται μεταξύ  $2.600 \text{ kg/m}^3$  έως  $2.700 \text{ kg/m}^3$  επιλέχτηκε  $\gamma_s = 2.650 \text{ kg/m}^3$ . Θεωρώντας θερμοκρασία νερού ίση με  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ , ως δυσμενέστερη περίπτωση κατά την οποία παρουσιάζεται η μέγιστη πυκνότητά του, το ειδικό βάρος του ύδατος πήρε την τιμή  $\gamma_v = 999,973 \text{ kg/m}^3$ . Συγκεντρωτικά, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1.



**Πίνακας 6.1:** Στοιχεία κοίτης πρώτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
Μέγιστη υδατοστερεοπαροχή ( $m^3/s$ ), $Q_o$	54,9
Μέγιστη υδατοπαροχή ( $m^3/s$ ), $Q_U$	49,3
Μέγιστη στερεοπαροχή ( $m^3/s$ ), $Q_s$	5,6
Μέση κατά μήκος κλίση της κοίτης (%), $I_o$	17,0
Συντελεστής τραχύτητας Manning, $n$	0,045
Αρχικό πλάτος της κοίτης (m), $s_o$	13,0
Πλάτος της κοίτης μετά τη διευθέτηση (m), $s$	13,0
Κλίση πρανών μετά τη διευθέτηση, $m$	2,3
Μήκος ογκωδέστερων λίθων (m), $w_o$	0,6
Μήκος λίθων για την επιθυμητή κλίση (m), $w$	0,3
Χαρακτηριστική διάσταση λίθων (m), $b$	0,3
Αντιπροσωπευτική διάμετρος (m), $d_m$	0,1
Ειδικό βάρος εδαφικών κόκκων ( $kg/m^3$ ), $\gamma_s$	2.650
Ειδικό βάρος ύδατος ( $kg/m^3$ ), $\gamma_u$	999,973

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.2.

**Πίνακας 6.2:** Υδραυλικά στοιχεία κοίτης πρώτου φράγματος

Περιγραφή	Μουλό- πουλου	Be- rnard	Vale- ntini	Ro- miti	Mul- ler	Κω- τούλα
Κλίση αντιστάθμισης ή ισορροπίας (%), $I$	4,05	4,39	3,55	28,68	1,18	3,45
Μέση ταχύτητα ροής (m/s), $v$	3,45	3,54	3,57	6,54	2,47	3,27
Βάθος ροής (m), $t$	1,04	1,01	0,92	0,59	1,26	1,08
Εμβαδόν υγρής διατομής ( $m^2$ ), $F$	15,93	15,50	13,83	8,40	19,96	16,80
Βρεχόμενη περίμετρος (m), $U$	18,20	18,07	17,59	15,94	19,30	18,44
Υδραυλική ακτίνα (m), $R$	0,88	0,86	0,79	0,53	1,03	0,91
Παροχή ελέγχου ( $m^3/s$ ), $Q_t$	54,90	54,90	49,30	54,90	49,30	54,90
Λόγος μέγιστης στερεοπαροχής προς την μέγιστη υδατοπαροχή ( $Q_s/Q_U$ ), $\xi$	0,1136					
Συντελεστής κειμαρρικότητας, $K$	0,8422					

### 6.1.2 Επεξεργασία στο λογισμικό Diarrus

Για τον υπολογισμό του βέλτιστου διάρρου χρησιμοποιήθηκε το ελεύθερο λογισμικό που αναπτύχθηκε από το Τμήμα Δασοτεχνικής Διευθέτησης Χειμάρρων. Επιλέχθηκε η ύπαρξη περυγιών, λόγω ύπαρξης γαιωδών ή ημιβραχωδών πρανών και ως μέγιστο άνοιγμα διάρρου δόθηκε το πλάτος της κοίτης. Έγινε επίλυση για την περίπτωση που τα πρανή του διάρρου

έχουν κλίση 45°, αλλά και για την περίπτωση που είναι κατακόρυφα (Πίνακας 6.3).

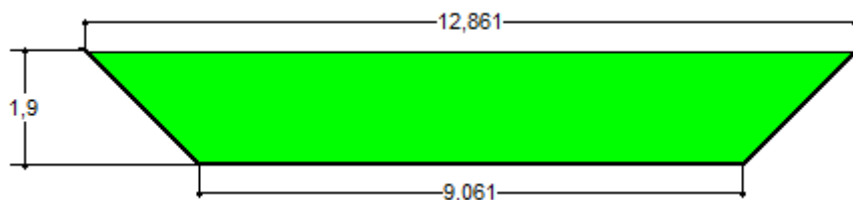
**Πίνακας 6.3:** Δεδομένα διάρρου πρώτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
Πλήθος πτερυγίων	Δύο
Είδος (μορφή) εκχειλιστή με βάση τη ροή	Ελεύθερος
Συντελεστής εκροής, $m$	1,9
Υδατοπαροχή ( $m^3/s$ ), $Q_U$	49,3
Στερεοπαροχή ( $m^3/s$ ), $Q_S$	5,6
Υδατοστερεοπαροχή ( $m^3/s$ ), $Q_o$	54,9
Μέγιστο επιτρεπόμενο άνοιγμα με βάση τον τύπο διάρρου (m), $b_z$	13,0

Τα αποτελέσματα με πρηνή διάρρου 45° παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.4 και στην εικόνα 6.1.

**Πίνακας 6.4:** Χαρακτηριστικά πρώτου τραπεζοειδούς διάρρου

Περιγραφή	Τιμή
Άνοιγμα διάρρου στην κορυφή των πτερυγίων (m), $b_a$	12,861
Άνοιγμα διάρρου στη στάθμη του νερού (m), $b_w$	12,8
Άνοιγμα διάρρου στη βάση (m), $b_k$	9,061
Ύψος διάρρου μέχρι την κορυφή των πτερυγίων (m), $H_a$	1,9
Ύψος διάρρου μέχρι τη στάθμη του νερού (m), $H_w$	1,869
Μέγιστη αγωγιμότητα διάρρου ( $m^3/s$ ), $Q$	56,434

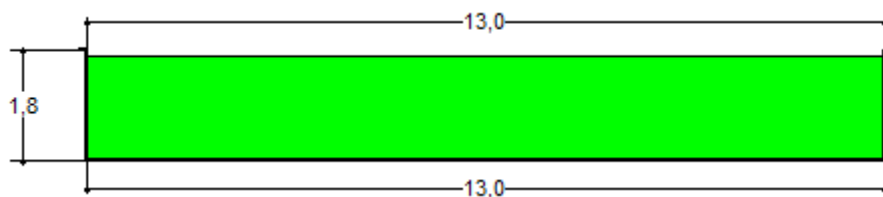


**Εικόνα 6.1:** Απεικόνιση τραπεζοειδούς διάρρου πρώτου φράγματος

Τα αποτελέσματα όταν τα πρηνή του διάρρου είναι κατακόρυφα παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.5 και στην Εικόνα 6.2.

**Πίνακας 6.5:** Χαρακτηριστικά πρώτου ορθογωνικού διάρρου

Περιγραφή	Τιμή
Άνοιγμα διάρρου στην κορυφή των πτερυγίων (m), $b_a$	13,0
Άνοιγμα διάρρου στη στάθμη του νερού (m), $b_w$	13,0
Άνοιγμα διάρρου στη βάση (m), $b_k$	13,0
Ύψος διάρρου μέχρι την κορυφή των πτερυγίων (m), $H_a$	1,8
Ύψος διάρρου μέχρι τη στάθμη του νερού (m), $H_w$	1,703
Μέγιστη αγωγιμότητα διάρρου ( $m^3/s$ ), $Q$	59,649



**Εικόνα 6.2:** Απεικόνιση ορθογωνικού διάρρου πρώτου φράγματος

### 6.1.3 Επεξεργασία στο λογισμικό Torrential-MIK

Υπολογίστηκε το κρίσιμο ύψος νερού για ισοδύναμη τραπεζοειδή διατομή, δίνοντας δεδομένα ώστε το εμβαδόν του τραπεζίου που θα προκύψει να είναι ίσο με το εμβαδόν της ορθογωνικής διατομής (Πίνακας 6.6).

**Πίνακας 6.6:** Στοιχεία διατομής πρώτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
Πλάτος κοίτης (m), s	13,0
Συνολική παροχή (m <sup>3</sup> /s), Q <sub>0</sub>	54,9
Κλίση δεξιού πρηνούς	0,4
Κλίση αριστερού πρηνούς	0,4
Ύψος τραπεζίου (m), <math>h_{\text{κρ}}</math>	1,0

Από την ισότητα των εμβαδών προέκυψε η μέγιστη στάθμη νερού για τραπεζοειδή διατομή (Πίνακας 6.7).

**Πίνακας 6.7:** Υδραυλικά στοιχεία διατομής πρώτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
Κρίσιμο βάθος ορθογωνικής διατομής (m), H	1,831
Κρίσιμο ύψος ορθογωνικής διατομής (m), $h_{\text{κρ}}$	1,22
Εμβαδόν ορθογωνικής διατομής (m <sup>2</sup> )	15,86
Εμβαδόν τραπεζοειδούς διατομής (m <sup>2</sup> )	15,5
Κρίσιμο βάθος τραπεζοειδούς διατομής (m), H	1,5

### 6.1.4 Επεξεργασία στο λογισμικό FrgBarus

Για το στατικό υπολογισμό και τη διαστασιολόγηση των φραγμάτων βαρύτητας χρησιμοποιήθηκε το ελεύθερο λογισμικό που αναπτύχθηκε από το Τμήμα Δασοτεχνικής Διευθέτησης Χειμάρρων. Επιλέχθηκε να ληφθούν υπόψη οι δυνάμεις που ασκούνται στο κατάντες μέτωπο και οι δυνάμεις λόγω άωσης. Επίσης έγινε η επιλογή της ύπαρξης χειμαρρολάβας και η κατασκευή τεχνητής πρόσκωσης για προστασία του φράγματος. Η ώθηση γαιών λόγω της πίεσης στην ανάντη επιφάνεια του φράγματος θεωρήθηκε ότι έχει τραπεζοειδή κατανομή λόγω θεμελίωσης σε κοίτη με κινητό πυθμένα ή ημίβραχο με δημιουργία υπόγειας ροής. Καθώς θα δημιουργηθούν δύο εναλλακτικές για κάθε θέση φράγματος

επιλέχθηκε διαφορετικό φαινόμενο βάρος για τον υπολογισμό του βάρους τους φράγματος ( $2,5 \text{ t/m}^3$  στο σκυρόδεμα και  $1,75 \text{ t/m}^3$  στα συρματοκιβώτια), με αποτέλεσμα να αλλάξει και η επιτρεπόμενη θλίψη ( $400 \text{ t/m}^2$  στο σκυρόδεμα και  $40 \text{ t/m}^2$  στα συρματοκιβώτια) και ο συντελεστής τριβής ή ολίσθησης για το υλικό δομής του ( $1,05$  στο σκυρόδεμα και  $0,8$  στα συρματοκιβώτια) όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.8.

**Πίνακας 6.8:** *Συνήθη υλικά δομής φραγμάτων*

Υλικό δομής	Φαινόμενο βάρος $gPg$ ( $\text{t/m}^3$ )	Επιτρεπόμενη θλίψη $\sigma_{1zu}$ ( $\text{t/m}^2$ )	Συντ. Τριβής $tR_1$
<b>Σκυρόδεμα <math>\geq C12/15</math>, 300 Kgr/m<sup>3</sup></b>	$2,3 \pm 0,2$	400	$1,00 \pm 0,05$
<b>Λιθοδομή με τσιμεντοκονία</b>	$2,3 \pm 0,1$	100	$0,90 \pm 0,05$
<b>Ξηρολιθιά πυκνή</b>	$1,85 \pm 0,05$	40	$0,80 \pm 0,05$
<b>Συρματοπλεκτα κιβώτια</b>	$1,75 \pm 0,05$	40	$0,80 \pm 0,05$

Λαμβάνοντας υπόψη το εδαφολογικό χάρτη από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερισματος των Νήσων Αιγαίου επιλέχθηκε εν συνεχεία η επιτρεπόμενη θλίψη ( $20 \text{ t/m}^2$  στα πρώτα τρία φράγματα και  $25 \text{ t/m}^2$  στα δύο τελευταία φράγματα) και ο συντελεστής τριβής ή ολίσθησης για το έδαφος θεμελίωσης ( $0,45$  στα πρώτα τρία φράγματα και  $0,6$  στα δύο τελευταία φράγματα) όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.9.

**Πίνακας 6.9:** *Συνήθη εδάφη έδρασης φραγμάτων*

Έδαφος	Γωνία τριβής $\varphi$ (°) *	Συντελεστής Τριβής $tR_2$ *	Επιτρ. θλίψη $\sigma_{2zu}$ ( $\text{t/m}^2$ ) *	Φαινόμενο Βάρος $\gamma_e$ ( $\text{t/m}^3$ )
<b>Πλαστική άργιλος, ιλύς</b>	$22 \pm 2$	$0,4 \pm 0,05$	$12 \pm 8$	$1,75 \pm 0,15$
<b>Αργιλώδης άμμος</b>	$32 \pm 3$	$0,55 \pm 0,05$	$20 \pm 5$	$1,85 \pm 0,2$
<b>Χονδρή άμμος έως χάλικες</b>	$37 \pm 3$	$0,65 \pm 0,05$	$30 \pm 10$	$1,95 \pm 0,2$
<b>Χάλικες, σκύρα</b>	$41 \pm 3$	$0,75 \pm 0,05$	$50 \pm 10$	$1,95 \pm 0,2$
<b>Βράχος με ρωγμές</b>	-	$0,75 \pm 0,05$	$70 \pm 20$	-

<b>Βράχος συμπαγής</b>	-	0,75 ± 0,05	150 ± 50	-
----------------------------	---	-------------	----------	---

\* Όταν τα εδάφη είναι πολύ υγρά λαμβάνονται οι μικρότερες τιμές

Το υπέργειο ύψος του φράγματος «H<sub>h</sub>» μπορεί να εκτιμηθεί μέσω της απόστασης «L» του φράγματος μέχρι το σημείο των πρανών όπου θα φτάσει η πρόσκωση, της μέσης κλίσης της κοίτης «J<sub>φ</sub>», της κλίσης αντιστάθμισης «J<sub>α</sub>» και την απαιτούμενη ανύψωση της κοίτης «h», μέσω της εξίσωσης [6.3] (Καπετανόπουλος, 2003). Η κλίση αντιστάθμισης υπολογίστηκε ως ο μέσος όρος των μεθόδων Μουλόπουλου, Bernard και Κωτούλα, στις οποίες χρησιμοποιείται η μέγιστη υδατοστερεοπαροχή (Πίνακας 6.2) και με τη βοήθεια του δημιουργημένου ψηφιακού μοντέλου εδάφους υπολογίστηκε η μέση κλίση του ρέματος στη θέση του φράγματος.

$$H_h = L \cdot (J_\phi - J_\alpha) + h = 6 \cdot (0,172 - 0,04) + 0,25 = 1,04 \text{ m} \Rightarrow 1 \text{ m} \quad \text{[6.3]}$$

Επειδή το υπέργειο ύψος «H<sub>h</sub>» του φράγματος είναι μικρότερο των δύο μέτρων επιλέχθηκε ότι η κλίση του εξωτερικού μετώπου του φράγματος «C<sub>m</sub>» είναι 32% στην περίπτωση κατασκευής από σκυρόδεμα και κατακόρυφο στην περίπτωση κατασκευής από συρματοπλεκτα κιβώτια (Πίνακας 6.10).

**Πίνακας 6.10:** Συνήθεις τιμές κλίσης στο κατάντες μέτωπο φραγμάτων

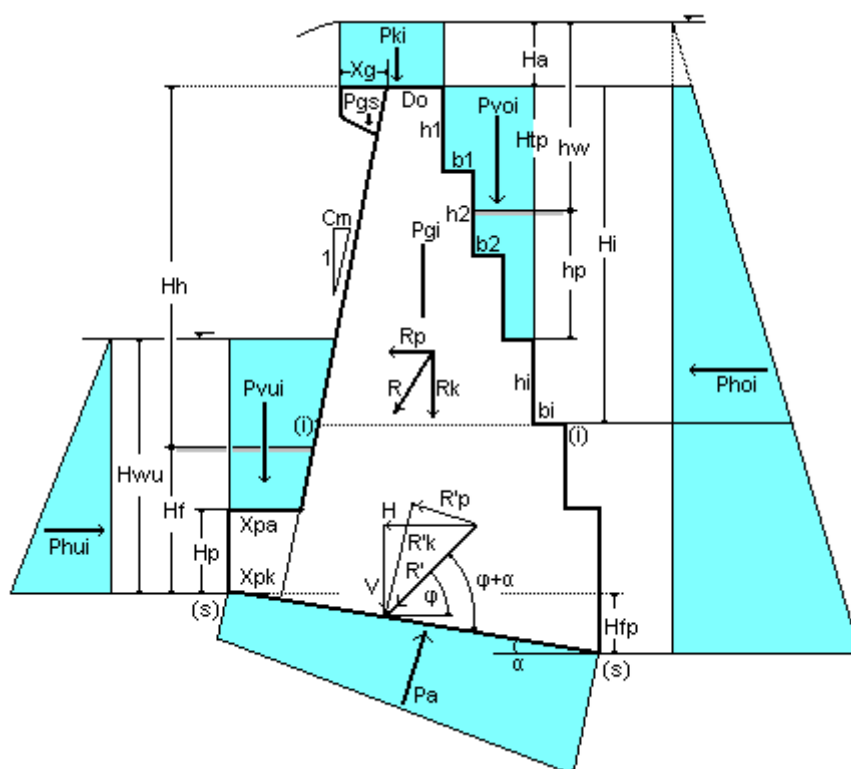
<b>Hh (m)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
<b>Cm (%)</b>	32	26	23	20	18	17	16	15	14	14	13	13

Η εκτίμηση του πάχους στέψης «D<sub>o</sub>» έγινε λαμβάνοντας υπόψη το ύψος του διάρρου μέχρι την κορυφή των πτερυγίων «H<sub>a</sub>», μέσω της εξίσωσης [6.4] (Καπετανόπουλος, 2003), όπου στη δεύτερη περίπτωση των συρματοπλεκτων κιβωτίων έγινε επαύξηση για λόγους γεωμετρίας και ευστάθειας (Maccaferri, 2018).

$$D_o = \max \left[ 0,8 + \frac{C_m \cdot H_a}{100} \right] = \max \left[ 0,8 + \frac{32 \cdot 1,9}{100} \right] = \max \left( \begin{matrix} 1,408 \\ 0,36 \end{matrix} \right) = 1,408 \text{ m} \quad \text{[6.4]}$$

$$D_o = \max \left[ 0,8 + \frac{C_m \cdot H_a}{100} \right] = \max \left[ 0,8 + \frac{0 \cdot 2}{100} \right] = \max \left( \begin{matrix} 0,8 \\ 0,4 \end{matrix} \right) = 0,8 \text{ m} \Rightarrow 3 \text{ m}$$

Στην περίπτωση κατασκευής φράγματος από σκυρόδεμα κατάντη του κόμβου J227, τα δεδομένα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.



**Εικόνα 6.3:** Δυνάμεις που ενεργούν στο φράγμα (Καπετανόπουλος, 2003)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Χείμαρρος	Αχερώνας
Τύπος έργου	Φράγμα
Κωδικός έργου	J227
Υλικό δομής έργου	Σκυρόδεμα
Έδαφος θεμελίωσης	Πλαστική άργιλος, ιλύς
Δυνάμεις στο κάταντες μέτωπο	Λαμβάνονται υπόψη ( $P_{vui} > 0, P_{hui} > 0$ )
Υποπίεση (άνωση)	Λαμβάνεται υπόψη ( $P_a > 0$ )
Πάχος νερού στα κατάντη, $H_{wu}$	1,500
Συντελεστής άνωσης, $gPa$	0,250

2. ΦΟΡΤΙΣΗ-ΤΑΣΕΙΣ-ΑΣΦΑΛΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Θα δεχθεί το έργο κειμαρρολάβα;	Ναι
Θα κατασκευαστεί τεχνητή πρόσκωση;	Ναι
Υψομετρική διαφορά στέψης φράγματος και πρόσκωσης, $H_{tp}$	1,000
Κατανομή ώθησης γαιών	Τραπεζοειδής
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για τον υπολογισμό της πίεσης στα ανάντη, $gPho$	0,800

Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b>Ειδικό βάρος, [t/m<sup>3</sup>], για τον υπολογισμό του βάρους του φράγματος, gPg</b>	2,500
<b>Ειδικό βάρος, [t/m<sup>3</sup>], για τον υπολογισμό της δύναμης στη στέψη, gPk</b>	1,900
<b>Ειδικό βάρος, [t/m<sup>3</sup>], για τον υπολογισμό της φόρτισης στις βαθμίδες, gPno</b>	2,000
<b>Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ανατροπής, nKzu</b>	1,300
<b>Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ολίσθησης, nGzu</b>	1,300
<b>Επιτρεπόμενη τάση, [t/m<sup>2</sup>], στο σώμα του έργου</b>	400,000
<b>Συντελεστής ολίσθησης, στο σώμα του έργου</b>	1,050
<b>Επιτρεπόμενη τάση, [t/m<sup>2</sup>], στο έδαφος</b>	20,000
<b>Συντελεστής ολίσθησης, στο έδαφος</b>	0,450

3. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>	<b>ΤΙΜΗ</b>
<b>Υπέργειο ύψος φράγματος, Hh</b>	1,000
<b>Ύψος πτερυγίου (διάρρου), Ha</b>	1,900
<b>Αρχικό πάχος φράγματος στη στέψη, Do</b>	1,408
<b>Βάθος θεμελίωσης, Hf</b>	1,000
<b>Κλίση εξωτερικού μετώπου, [%], Cm</b>	32,000
<b>Λόγος, πλάτος βαθμίδας προς ύψος, m</b>	0,650
<b>Αριθμός αρμών, s</b>	2,000
<b>Αρχική κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Ύψος ποδιάς, Hp</b>	0,500
<b>Προεξοχή ποδιάς, Xpk</b>	0,218
<b>Θα κατασκευαστεί γείσος</b>	Ναι
<b>Πάχος προστατευτικής στρώσης λιθοδομής, He</b>	0,250
<b>Μήκος γείσου, Xg</b>	0,320
<b>Πάχος γείσου στην πάκτωση (ανάντη), Hgo</b>	0,451
<b>Πάχος γείσου στο άκρο (κατάντη), Hgu</b>	0,400

4. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΜΩΝ-ΒΑΘΜΙΔΩΝ, Μονάδες: Μήκους [m]

<b>Αρμός i</b>	<b>Βάθος Hi</b>	<b>Πλάτος bi</b>	<b>Αρμός i</b>	<b>Βάθος Hi</b>	<b>Πλάτος bi</b>
<b>1</b>	1,500		<b>2</b>	2,000	

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m], Εμβαδού [m<sup>2</sup>]

<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>	<b>ΤΙΜΗ</b>
<b>Πάχος φράγματος στην κορυφή του διάρρου (σε ύψος Ha από τη στέψη)</b>	0,800
<b>Πάχος φράγματος στη στάθμη της στέψης (χωρίς το γείσο), Do</b>	1,408
<b>Πάχος φράγματος στη βάση, Ds</b>	2,266
<b>Κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Πρόσθετο βάθος θεμελίωσης ανάντη, Hfp</b>	0,000
<b>Συνολικό (με το γείσο) εμβαδόν διατομής, μέχρι τη στέψη</b>	3,712
<b>Εμβαδόν διατομής του γείσου</b>	0,107



Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

2.ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ, Μονάδες: Μήκους [m], Τάσεων [t/m<sup>2</sup>]

<i>i</i>	<i>Πλ.Βαθι</i>	<i>xRi</i>	<i>minDi</i>	<i>maxDi</i>	<i>συυi</i>	<i>σοοi</i>	<i>συνi</i>	<i>nGi</i>	<i>nKi</i>
<b>1</b>	0,000	0,805	1,888	2,266	9,693	3,746	9,693	3,209	4,652
<b>2</b>	0,000	0,993	2,266	2,266	8,782	4,040	8,782	1,388	2,979

<b>ΣΥΜΒΟΛΑ</b>	<b>ΣΗΜΑΣΙΑ</b>
<b>πλ.Βαθi.</b>	Το πλάτος της βαθμίδας στο επίπεδο του αρμού ( <i>i</i> )
<b>minDi, maxDi</b>	Το ελάχιστο και μέγιστο πάχος του έργου στον αρμό ( <i>i</i> )
<b>xRi</b>	Απόσταση τομής του ( <i>i</i> ) και της R, από την κατάντη ακμή
<b>συυi, σοοi, συνi</b>	Ορθή τάση στις ακμές ( <i>u, v</i> ) του αρμού ( <i>i</i> ) και μέγιστη
<b>nGi, nKi</b>	Συντελεστής ολίσθησης και ανατροπής στον αρμό ( <i>i</i> )

3.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ, Μονάδες: Δυνάμεων [t], Ροπών [t·m]

<b>Δύναμη/Ροπή</b>	<b>αρμός 1</b>	<b>αρμός 2</b>
<b>Pk</b>	6,238	6,238
<b>Mpk</b>	6,388	8,746
<b>Pg</b>	6,180	9,013
<b>Mpg</b>	6,540	12,085
<b>Pgs</b>	0,268	0,268
<b>Mpgs</b>	0,078	0,179
<b>Pvo</b>	0,000	0,000
<b>Mpvo</b>	0,000	0,000
<b>Pho</b>	4,151	5,835
<b>Mpho</b>	2,796	5,301
<b>Pa</b>	0,000	1,530
<b>Mpa</b>	0,000	1,990
<b>Pvu</b>	0,000	0,538
<b>Mpvu</b>	0,000	0,149
<b>Phu</b>	0,000	1,125
<b>Mphu</b>	0,000	0,563
<b>Rk</b>	12,686	14,527
<b>MRk</b>	10,209	14,430
<b>Rp</b>	4,151	4,710

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

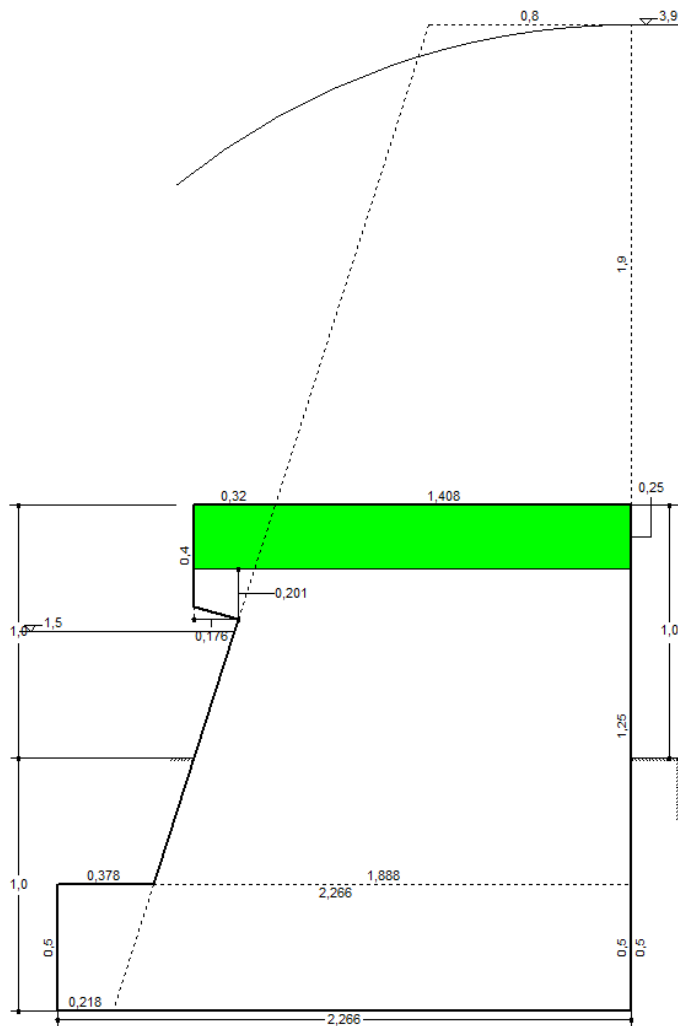
1. Οι ροπές λαμβάνονται ως προς την κατάντη ακμή του αρμού (*i*)
2. *Rk* είναι η κάθετη στον αρμό (*i*) συνιστώσα της R ( $xR=MRk/Rk$ )
3. *Rp* είναι η παράλληλη (εφαπτόμενη) στον αρμό (*i*) συνιστώσα της R



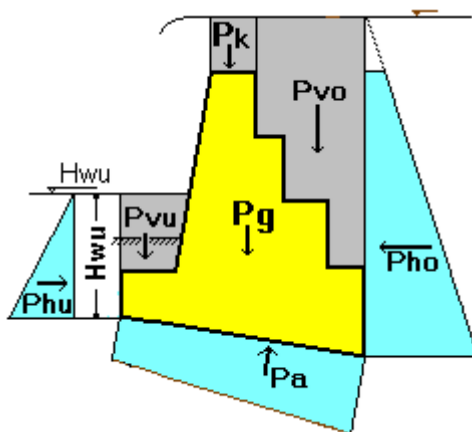


Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ: Αχερώνας  
ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΡΓΟΥ: J227



Στην περίπτωση κατασκευής φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια κατόπι του κόμβου J227, τα δεδομένα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.



**Εικόνα 6.4:** Άνωση και λοιπές ασκούμενες δυνάμεις στο φράγμα  
 (Καπετανόπουλος, 2003)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Χείμαρρος	Αχερώνας
Τύπος έργου	Φράγμα
Κωδικός έργου	J227
Υλικό δομής έργου	Συρματόπλεχτα κιβώτια
Έδαφος θεμελίωσης	Πλαστική άργιλος, ιλύς
Δυνάμεις στο κάταντες μέτωπο	Λαμβάνονται υπόψη ( $P_{vu} > 0$ , $P_{hu} > 0$ )
Υποπίεση (άνωση)	Λαμβάνεται υπόψη ( $P_a > 0$ )
Πάχος νερού στα κατάντη, $H_{wu}$	1,500
Συντελεστής άνωσης, $gPa$	0,250

2. ΦΟΡΤΙΣΗ-ΤΑΣΕΙΣ-ΑΣΦΑΛΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Θα δεχθεί το έργο χείμαρρολάβα;	Ναι
Θα κατασκευαστεί τεχνητή πρόσκωση;	Ναι
Υψομετρική διαφορά στέψης φράγματος και πρόσκωσης, $H_{tr}$	1,000
Κατανομή ώθησης γαιών	Τραπεζοειδής
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για τον υπολογισμό της πίεσης στα ανάντη, $gP_{ho}$	0,800
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για τον υπολογισμό του βάρους του φράγματος, $gP_g$	1,750
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για τον υπολογισμό της δύναμης στη στέψη, $gP_k$	1,900
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για τον υπολογισμό της φόρτισης στις βαθμίδες, $gP_{vo}$	2,000
Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ανατροπής, $n_{Kzu}$	1,300
Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ολίσθησης, $n_{Gzu}$	1,300
Επιτρεπόμενη τάση, [ $t/m^2$ ], στο σώμα του έργου	40,000

Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
 Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b>Συντελεστής ολίσθησης, στο σώμα του έργου</b>	0,800
<b>Επιτρεπόμενη τάση, [t/m<sup>2</sup>], στο έδαφος</b>	20,000
<b>Συντελεστής ολίσθησης, στο έδαφος</b>	0,450

3.ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
<b>Υπέργειο ύψος φράγματος, Hh</b>	1,000
<b>Ύψος πτερυγίου (διάρρου), Ha</b>	2,000
<b>Αρχικό πάχος φράγματος στη στέψη, Do</b>	3,000
<b>Βάθος θεμελίωσης, Hf</b>	1,500
<b>Κλίση εξωτερικού μετώπου, [%], Cm</b>	0,000
<b>Λόγος, πλάτος βαθμίδας προς ύψος, m</b>	0,500
<b>Αριθμός αρμών, s</b>	2,000
<b>Αρχική κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Ύψος ποδιάς, Hp</b>	1,000
<b>Προεξοχή ποδιάς, Xpk</b>	0,500
<b>Θα κατασκευαστεί γείσος</b>	Όχι

4.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΜΩΝ-ΒΑΘΜΙΔΩΝ, Μονάδες: Μήκους [m]

Αρμός i	Βάθος Hi	Πλάτος bi	Αρμός i	Βάθος Hi	Πλάτος bi
<b>1</b>	1,500		<b>2</b>	2,500	

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1.ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m], Εμβαδού [m<sup>2</sup>]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
<b>Πάχος φράγματος στην κορυφή του διάρρου (σε ύψος Ha από τη στέψη)</b>	3,000
<b>Πάχος φράγματος στη στάθμη της στέψης (χωρίς το γείσο), Do</b>	3,000
<b>Πάχος φράγματος στη βάση, Ds</b>	3,500
<b>Κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Πρόσθετο βάθος θεμελίωσης ανάντη, Hfp</b>	0,000
<b>Συνολικό εμβαδόν διατομής, μέχρι τη στέψη</b>	8,000

2.ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ, Μονάδες: Μήκους [m], Τάσεων [t/m<sup>2</sup>]

i	Πλ.Βαθi	xRi	minDi	maxDi	σui	σoi	σomi	nGi	nKi
<b>1</b>	0,000	1,345	3,000	3,500	8,418	4,432	8,418	3,452	9,673
<b>2</b>	0,000	1,525	3,500	3,500	9,114	4,043	9,114	1,431	3,377

ΣΥΜΒΟΛΑ	ΣΗΜΑΣΙΑ
<b>πλ.Βαθi.</b>	Το πλάτος της βαθμίδας στο επίπεδο του αρμού (i)
<b>minDi, maxDi</b>	Το ελάχιστο και μέγιστο πάχος του έργου στον αρμό (i)
<b>xRi</b>	Απόσταση τομής του (i) και της R, από την κατάντη ακμή
<b>σui, σoi, σomi</b>	Ορθή τάση στις ακμές (u, v) του αρμού (i) και μέγιστη
<b>nGi, nKi</b>	Συντελεστής ολίσθησης και ανατροπής στον αρμό (i)



Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

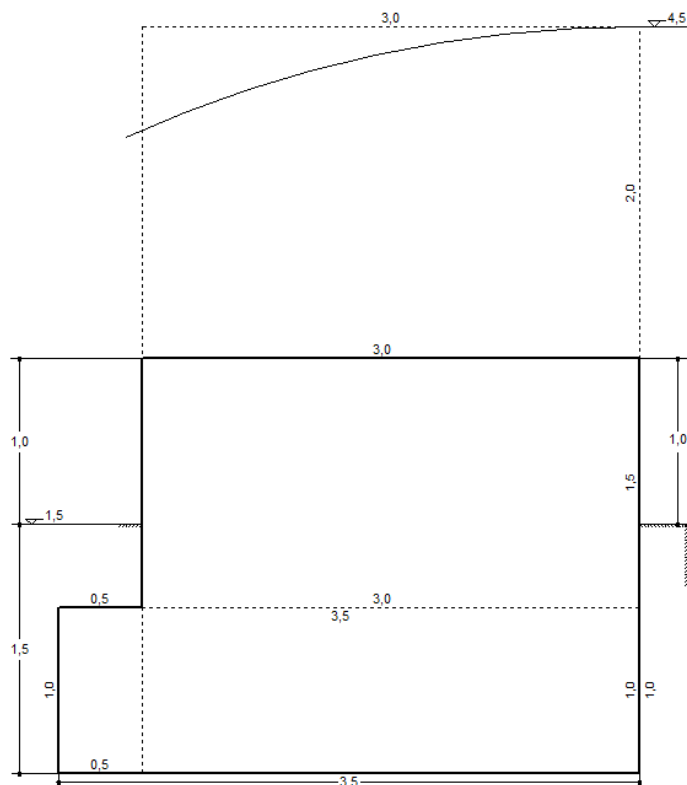
3.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ, Μονάδες: Δυνάμεων [t], Ροπών [t·m]

Δύναμη/Ροπή	αρμός 1	αρμός 2
<b>Pk</b>	11,400	11,400
<b>Mpk</b>	17,100	22,800
<b>Pg</b>	7,875	14,000
<b>Mpg</b>	11,813	26,469
<b>Pgs</b>	0,000	0,000
<b>Mpgs</b>	0,000	0,000
<b>Pvo</b>	0,000	0,000
<b>Mpvo</b>	0,000	0,000
<b>Pho</b>	4,467	8,367
<b>Mpho</b>	2,989	9,417
<b>Pa</b>	0,000	2,625
<b>Mpa</b>	0,000	5,359
<b>Pvu</b>	0,000	0,250
<b>Mpvu</b>	0,000	0,063
<b>Phu</b>	0,000	1,125
<b>Mphu</b>	0,000	0,563
<b>Rk</b>	19,275	23,025
<b>MRk</b>	25,924	35,118
<b>Rp</b>	4,467	7,242

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

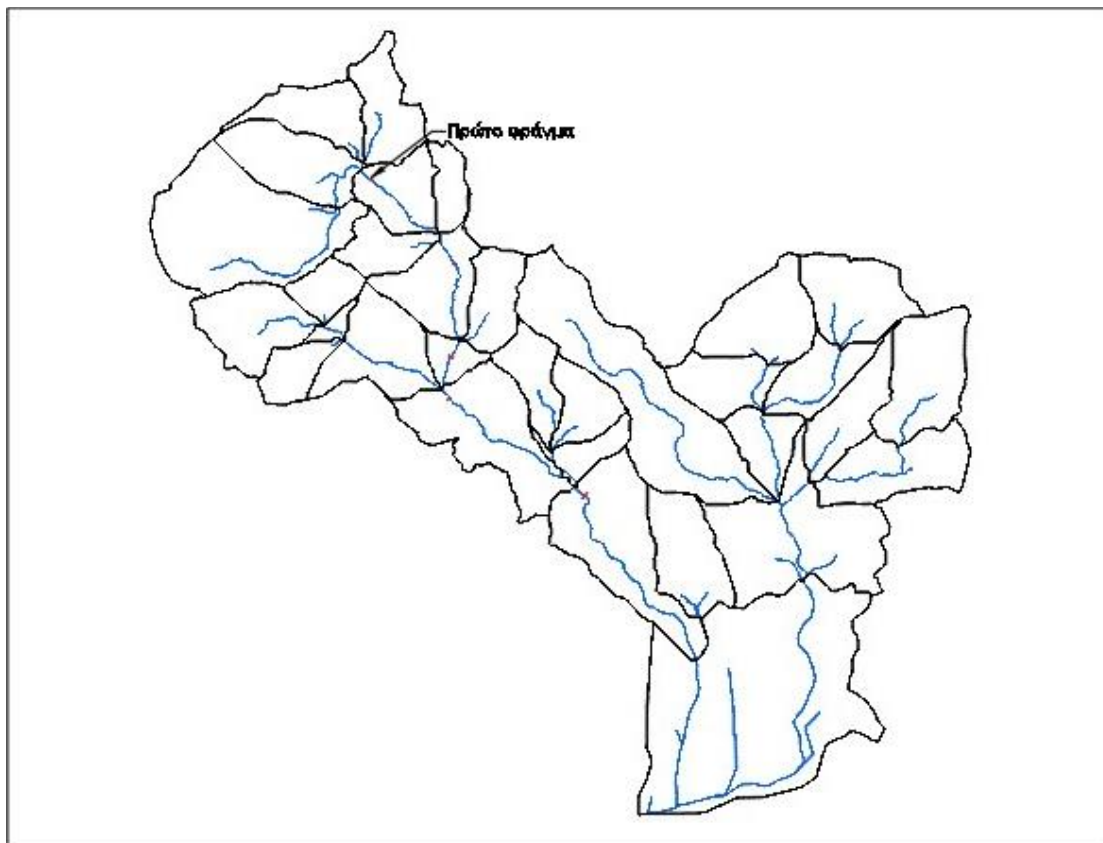
1. Οι ροπές λαμβάνονται ως προς την κατόντη ακμή του αρμού (i)
2.  $R_k$  είναι η κάθετη στον αρμό (i) συνιστώσα της  $R$  ( $xR=MRk/Rk$ )
3.  $R_p$  είναι η παράλληλη (εφαπτόμενη) στον αρμό (i) συνιστώσα της  $R$

ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ: Αχερώνας  
ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΡΓΟΥ: J227



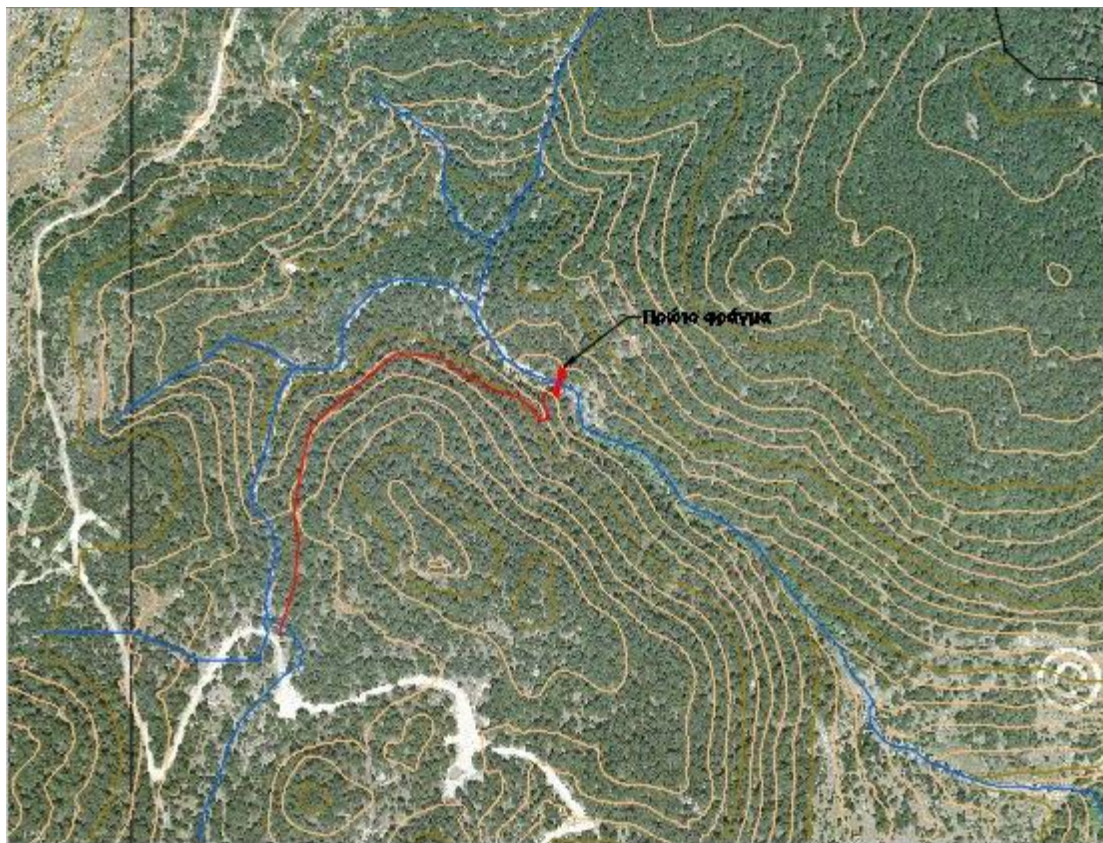
### 6.1.5 Σχεδιασμός πρώτου φράγματος

Η θέση του φράγματος εντός της λεκάνης απορροής παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.5.



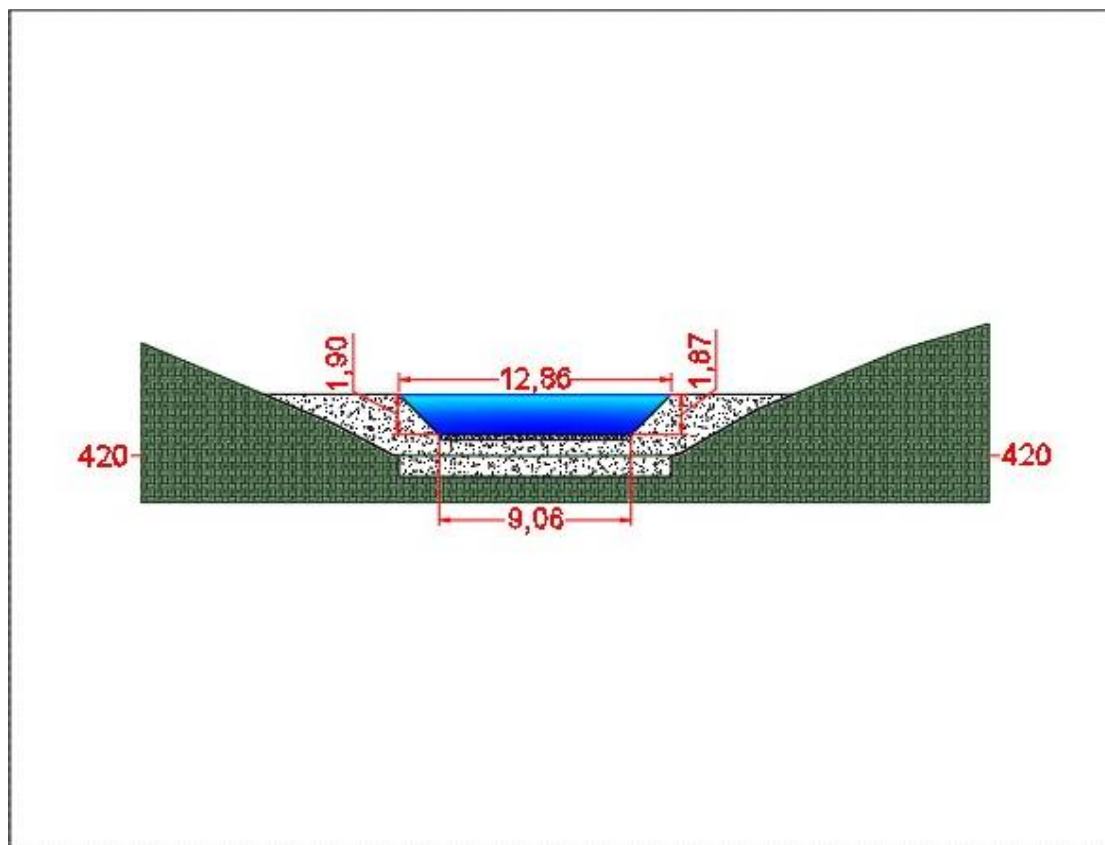
**Εικόνα 6.5:** Προτεινόμενη θέση κατασκευής πρώτου φράγματος

Εστιάζοντας στην περιοχή παρατηρείται ότι υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης στο έργο, μέσω αγροτικής οδού, σε συνδυασμό με διάνοιξη 500 m περίπου από νοτιοδυτικά μέχρι τη θέση του φράγματος (Εικόνα 6.6).



**Εικόνα 6.6:** Προτεινόμενη πρόσβαση για το πρώτο φράγμα

Στην περίπτωση φράγματος από σκυρόδεμα, σχεδιάστηκε η πρόσοψη σύμφωνα με τη διαστασιολόγηση που προηγήθηκε (Εικόνα 6.7).



**Εικόνα 6.7:** Πρόσοψη πρώτου φράγματος από σκυρόδεμα

Ο υπολογισμός της υποσκαφής κατόπιν του φράγματος πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού Torrential-MIK. Θεωρώντας ότι το φράγμα λειτουργεί ως ελεύθερος εκχειλιστής για την επιλογή των κατάλληλων συντελεστών ( $W_s$  και  $W_e$ ) και ότι η ειδική παροχή είναι ο λόγος της υδατοστερεοπαροχής προς το πλάτος της κοίτης, τα δεδομένα που απαιτήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.11.

**Πίνακας 6.11:** Χαρακτηριστικά πρώτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
Ύψος φράγματος (m), $H_h$	1,00
Ειδική παροχή ( $m^2/s$ ), $q$	4,20
Διάμετρος λίθων (m), $d_{90}$	0,30
Συντελεστής $W_s$	0,78
Συντελεστής $W_e$	0,75
Στάθμη ύδατος (m), $H_{wu}$	1,50
Συντελεστής $a$	0,17
Κλίση αντιστάθμισης, $J_a$	0,04

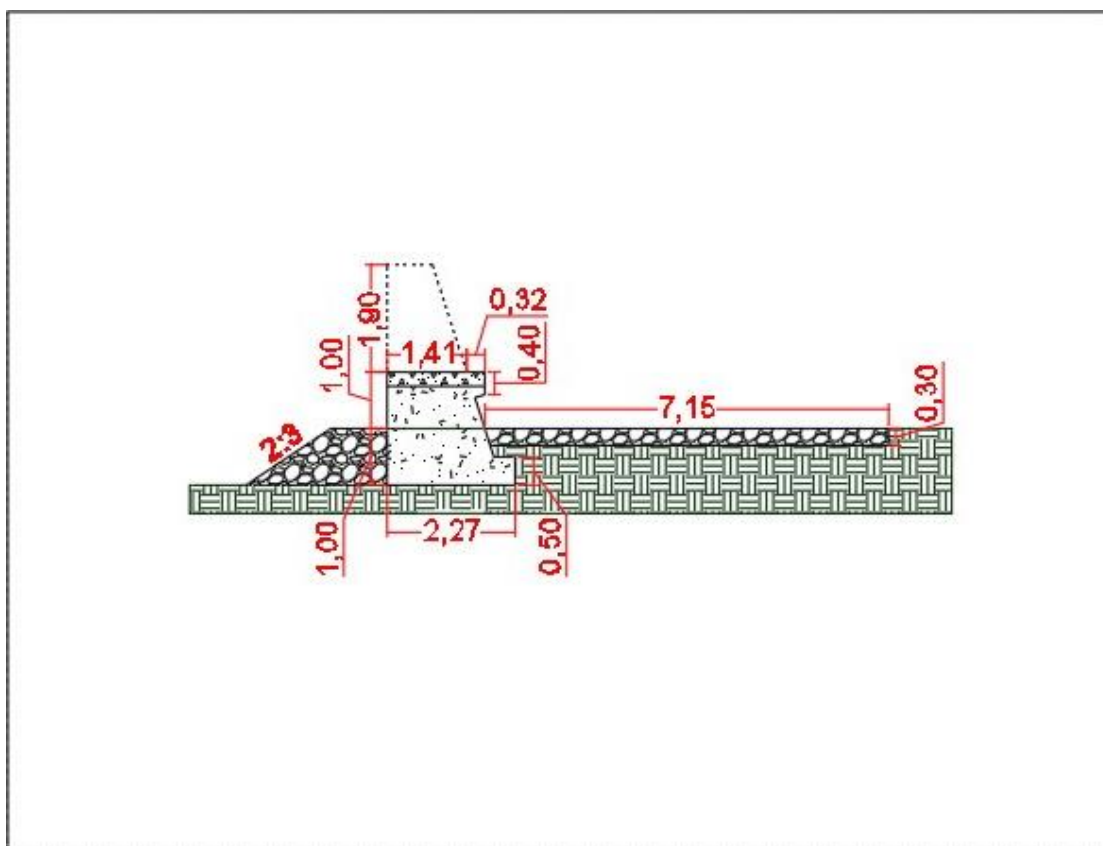
Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.12.



**Πίνακας 6.12:** Υποσκαφή πρώτου φράγματος

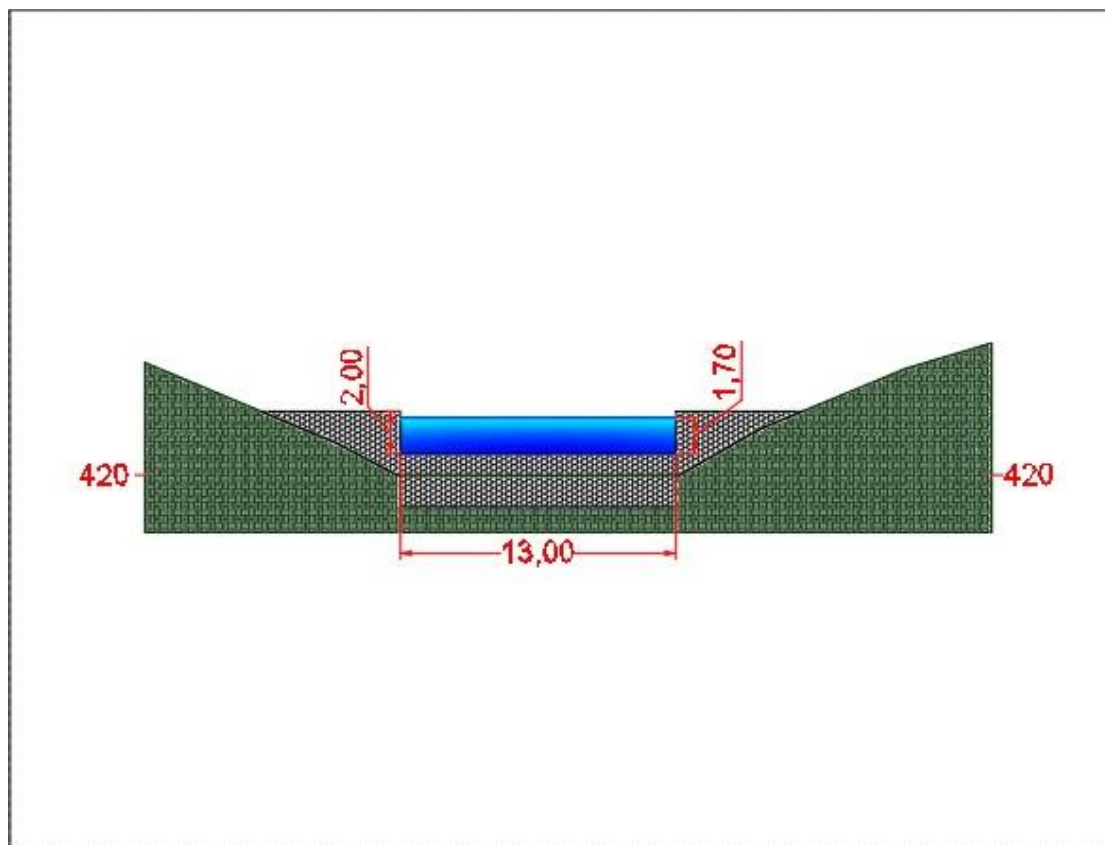
Περιγραφή	Τιμή
Βάθος υποσκαφής (m), $S_o$	3,448
Μήκος υποσκαφής (m), $L_s$	7,15
Υποσκαφή θεμελίου (m), $h_s$	1,948
Διάμετρος λίθων (m), $D_e$	0,613

Με βάση το μέγιστο μήκος υποσκαφής, σχεδιάστηκε η τομή του φράγματος από σκυρόδεμα (Εικόνα 6.8).



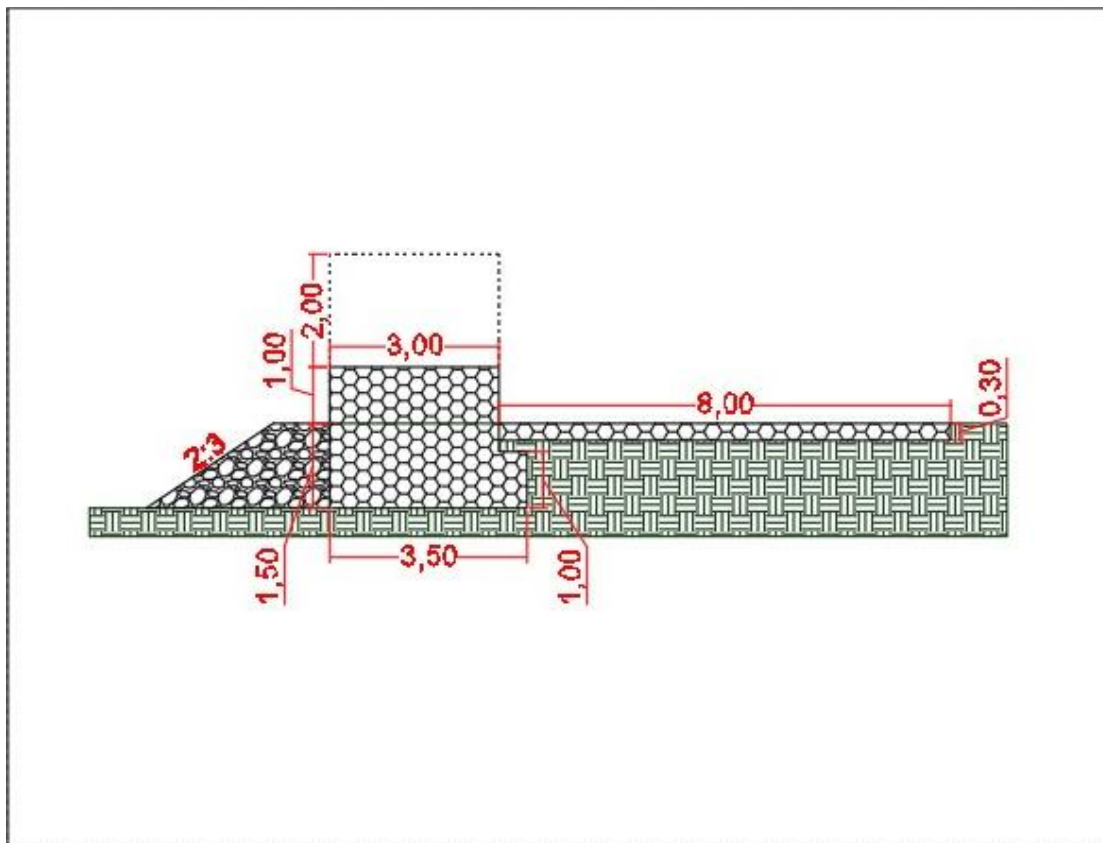
**Εικόνα 6.8:** Τομή πρώτου φράγματος από σκυρόδεμα

Στην ίδια θέση σχεδιάστηκε η πρόσοψη φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια (Εικόνα 6.9).



**Εικόνα 6.9:** Πρόσοψη πρώτου φράγματος από συρματόπλεχτα κιβώτια

Στην εναλλακτική επιλογή σχεδιάστηκε η τομή του φράγματος από συρματόπλεχτα κιβώτια, όπου κατάντη του φράγματος και επί της κοίτης τοποθετήθηκαν δύο στρωμένες μήκους πέντε και τριών μέτρων (Maccaferri, 2018), όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.10.



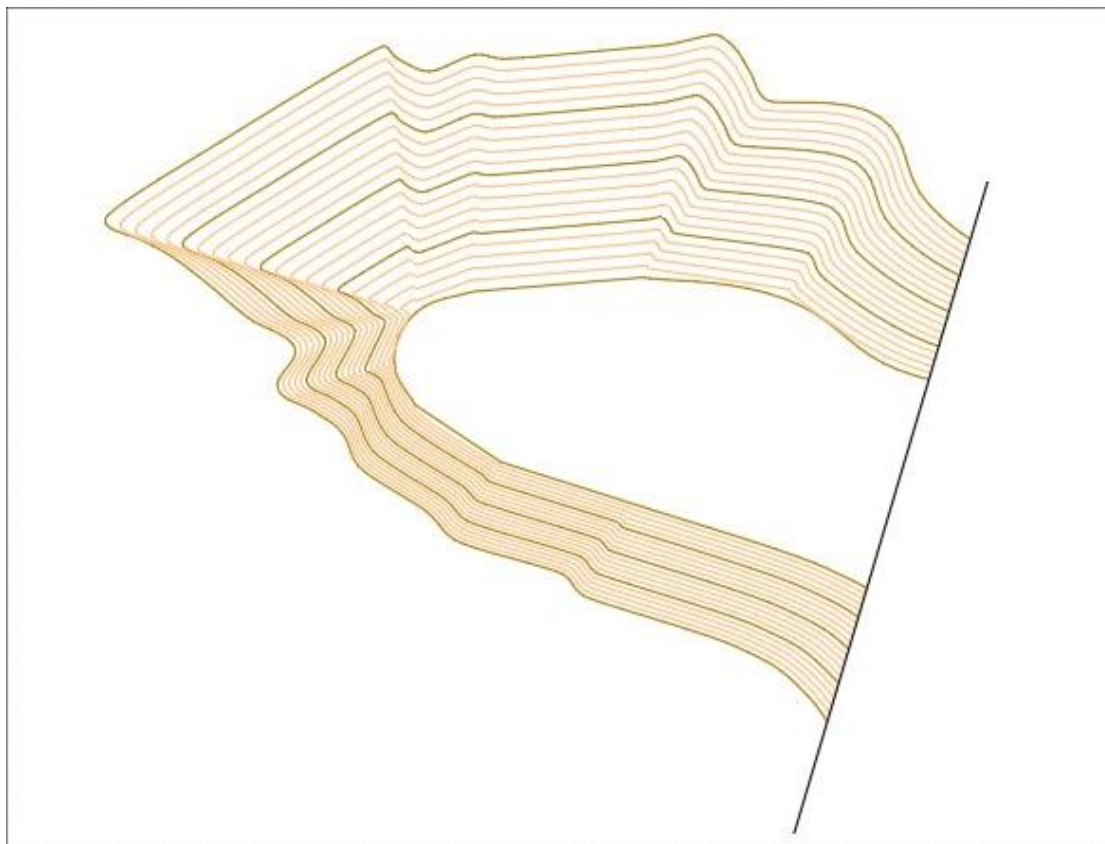
**Εικόνα 6.10:** Τομή πρώτου φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια

### 6.1.6 Εκτίμηση παροχής κατάντη

Με βάση το διαμορφωμένο μοντέλο εδάφους, τις διαστάσεις του φράγματος και την κλίση αντιστάθμισης που δημιουργείται λόγω του έργου εκτιμήθηκε η μείωση της παροχής μέσω του HEC-HMS. Κατάντη του κόμβου J227 όπου σχεδιάστηκε το φράγμα δημιουργήθηκε ένας μικρός ταμιευτήρας (reservoir) με δομή εκροής (outflow structures) και έναν υπερχειλιστή (spillway) δίνοντας ως μέθοδο αποθήκευσης (storage method) την καμπύλη στάθμης αποθήκευσης (elevation-storage) για τη λεκάνη κατάκλυσης ανάντη του φράγματος (Εικόνα 6.11). Μέσω του λογισμικού Civil 3D από το οποίο δημιουργήθηκε το δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων εξήχθησαν οι ισοϋψείς ανάντη του φράγματος ανά είκοσι εκατοστά. Για τον υπολογισμό του όγκου μέχρι την πλησιέστερη στο φράγμα ισοϋψή θεωρήθηκε ότι αποτελεί ανεστραμμένη πυραμίδα στην εξίσωση [6.5], ενώ στη συνέχεια ο όγκος μεταξύ των υπόλοιπων ισοϋψών θεωρήθηκε ότι αποτελεί ανεστραμμένη κόλουρη πυραμίδα στην εξίσωση [6.6]. Υπολογίζοντας το εμβαδόν από την προηγούμενη «ε» και την επόμενη «Ε» ισοϋψή έως τον άξονα του φράγματος και γνωρίζοντας την υπομετρική διαφορά «Δh» μεταξύ των ισοϋψών προέκυψε η καμπύλη στάθμης-αποθήκευσης (Πίνακας 6.13).

$$V_{\text{πυραμίδας}} = \left( \frac{E \cdot \Delta h}{3} \right) \quad [6.5]$$

$$V_{\text{κόλουρης πυραμίδας}} = \left[ \frac{(E + \sqrt{E \cdot \varepsilon + \varepsilon}) \cdot \Delta h}{3} \right] \text{ [6.6]}$$



**Εικόνα 6.11:** Λεκάνη κατάκλισης πρώτου φράγματος

**Πίνακας 6.13:** Δεδομένα στάθμης-αποθήκευσης πρώτου φράγματος

Υψόμετρο (m)		Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Όγκος (m <sup>3</sup> )	Αθροιστικός όγκος (1000 m <sup>3</sup> )
419,98	420,00	358,37	2,39	0,002
420,00	420,20	383,05	74,13	0,077
420,20	420,40	413,04	79,59	0,156
420,40	420,60	444,35	85,72	0,242
420,60	420,80	476,96	92,11	0,334
420,80	421,00	510,92	98,77	0,433
421,00	421,20	546,21	105,69	0,538
421,20	421,40	582,83	112,88	0,651
421,40	421,60	620,78	120,34	0,772
421,60	421,80	660,06	128,06	0,900
421,80	422,00	700,66	136,05	1,036
422,00	422,20	742,59	144,30	1,180
422,20	422,40	785,85	152,82	1,333
422,40	422,60	830,43	161,61	1,494
422,60	422,80	876,35	170,66	1,665

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>422,80</b>	<b>423,00</b>	923,60	179,97	1,845
<b>423,00</b>	<b>423,20</b>	972,20	189,56	2,035
<b>423,20</b>	<b>423,40</b>	1022,13	199,41	2,234
<b>423,40</b>	<b>423,60</b>	1073,41	209,53	2,444
<b>423,60</b>	<b>423,80</b>	1126,08	219,93	2,664
<b>423,80</b>	<b>424,00</b>	1180,11	230,60	2,894

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος υπερχειλιστή ευρείας στέψης (broad-crested spillway), δίνοντας το υψόμετρο (elevation) που βρίσκεται η στέψη του φράγματος, το μήκος (length) του διάρρου και το συντελεστή (coefficient) με τον οποίο καθορίζονται οι απώλειες ενέργειας κατά την είσοδο, ροή και έξοδο από τον υπερχειλιστή, με βάση τις διαστάσεις του φράγματος από συρματοπλέκτα κιβώτια οι οποίες είναι μεγαλύτερες (Πίνακας 6.14).

**Πίνακας 6.14:** Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή πρώτου φράγματος

<b>Παράμετρος</b>	<b>Τιμή</b>
<b>Υψόμετρο (m)</b>	421,0
<b>Μήκος (m)</b>	13,0
<b>Συντελεστής (m<sup>0,5</sup>/s)</b>	1,1

Έπειτα πραγματοποιήθηκε εκ νέου εκτέλεση του HEC-HMS όπου παρατηρήθηκε μικρή μείωση του όγκου και της παροχής, κατάντη του κόμβου J227, όπως φαίνεται και στην παροχή αιχμής στην έξοδο της λεκάνης απορροής, η οποία από 150,2 m<sup>3</sup>/s μειώθηκε στα 149,2 m<sup>3</sup>/s (Πίνακας 6.15).

**Πίνακας 6.15:** Εκτίμηση παροχών αιχμής λόγω πρώτου ταμειυτήρα

<b>Hydrologic Element</b>	<b>Drainage Area (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Peak Discharge (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Time of Peak</b>	<b>Volume (mm)</b>	<b>Volume (1000 m<sup>3</sup>)</b>
<b>J154</b>	5,3	15,8	01Μαΐ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J157</b>	7,6	145,5	01Μαΐ2020, 06:13	77,6	588,8
<b>J162</b>	1,3	2,8	01Μαΐ2020, 06:49	18,5	24,8
<b>J165</b>	6,4	128,0	01Μαΐ2020, 06:12	77,1	492,8
<b>J172</b>	0,5	1,7	01Μαΐ2020, 06:31	21,7	10,8
<b>J175</b>	3,0	9,1	01Μαΐ2020, 06:49	26,7	79,9
<b>J178</b>	0,5	1,2	01Μαΐ2020, 06:48	19,3	10,2



*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>J185</b>	1,5	3,5	01Μαϊ2020, 06:37	18,5	28,5
<b>J188</b>	5,0	126,6	01Μαϊ2020, 06:11	91,3	458,6
<b>J191</b>	0,5	0,8	01Μαϊ2020, 06:46	14,9	7,2
<b>J196</b>	0,8	21,6	01Μαϊ2020, 06:11	91,4	77,2
<b>J203</b>	0,5	1,1	01Μαϊ2020, 06:39	17,8	8,0
<b>J206</b>	0,6	14,3	01Μαϊ2020, 06:13	88,9	53,9
<b>J211</b>	3,6	87,3	01Μαϊ2020, 06:12	91,4	326,9
<b>J216</b>	2,9	66,5	01Μαϊ2020, 06:13	91,0	264,5
<b>J219</b>	2,7	60,3	01Μαϊ2020, 06:14	90,5	243,4
<b>J224</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J227</b>	2,2	49,3	01Μαϊ2020, 06:16	87,9	196,3
<b>J230</b>	0,4	9,4	01Μαϊ2020, 06:18	81,8	35,1
<b>J233</b>	0,7	18,0	01Μαϊ2020, 06:14	93,3	60,7
<b>J238</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J249</b>	0,5	1,2	01Μαϊ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J255</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J258</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J263</b>	7,6	145,5	01Μαϊ2020, 06:13	77,6	588,8
<b>J265</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J267</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J269</b>	12,9	149,0	01Μαϊ2020, 06:13	56,1	720,8
<b>J272</b>	12,9	149,0	01Μαϊ2020, 06:13	56,1	720,8
<b>Outlet1</b>	15,1	<b>149,2</b>	01Μαϊ2020, 06:12	52,9	799,0

<b>Reservoir-1</b>	2,2	49,3	01Μαΐ2020, 06:17	87,7	196,0
--------------------	-----	------	---------------------	------	-------

Καθώς το HEC-HMS δεν αποτελεί υδραυλικό μοντέλο αξιοποιήθηκε η δυνατότητά του ως υδρολογικό μοντέλο για την περαιτέρω μείωση της παροχής, μέσω της διόδευσης (routing method) του πλημμυρικού κύματος εντός του τμήματος του ποταμού στο οποίο θα κατασκευαστεί το φράγμα. Για αυτό το λόγο υπολογίστηκε αρχικά ο χρόνος συγκέντρωσης στην εξίσωση [6.7] και ο χρόνος υστέρησης στην εξίσωση [6.8], της υπολεκάνης που θα κατασκευαστεί το έργο, με βάση την πραγματική κλίση του ρέματος και εν συνεχεία με την εκτιμημένη κλίση αντιστάθμισης. Μία μέθοδος υπολογισμού του χρόνου συγκέντρωσης, με δεδομένα το μήκος και τη κλίση του κλάδου ενός ρέματος είναι η μέθοδος Kirpich. Επομένως, για το χρόνο συγκέντρωσης « $t_c$ » κατά Kirpich της υπολεκάνης W680, στην οποία θα κατασκευαστεί το πρώτο φράγμα επιλέγεται το μήκος «L» και η κλίση «S» του ρέματος R80, όπως υπολογίστηκε από το HEC-GeoHMS.

$$t_c = 0,01947 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0,77} = 0,01947 \cdot \left(\frac{873,6}{\sqrt{0,1145}}\right)^{0,77} = 8,3 \text{ min} \quad [6.7]$$

$$t_{lag} = 0,6 \cdot t_c = 0,6 \cdot 8,3 = 5 \text{ min} \quad [6.8]$$

Θέτοντας στην κλίση του ρέματος, την εκτιμημένη κλίση αντιστάθμισης υπολογίστηκε ο χρόνος συγκέντρωσης κατά Kirpich μέσω της εξίσωσης [6.7] και ο χρόνος υστέρησης μέσω της εξίσωσης [6.8].

$$t_c = 0,01947 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{J_a}}\right)^{0,77} = 0,01947 \cdot \left(\frac{873,6}{\sqrt{0,04}}\right)^{0,77} = 12,4 \text{ min}$$

$$t_{lag,αντιστάθμισης} = 0,6 \cdot t_c = 0,6 \cdot 12,4 = 7,4 \text{ min}$$

Επειδή ο χρόνος υστέρησης της υπολεκάνης W680 υπολογίστηκε με τη μέθοδο της SCS μέσω του HEC-GeoHMS, ο τελικός χρόνος υστέρησης (lag) λόγω διόδευσης του ρέματος R80 προέκυψε με αναλογία, μέσω της εξίσωσης [6.9].

$$t_{routing} = \frac{BasinLag}{t_{lag}} \cdot t_{lag,αντιστάθμισης} = \frac{6,4}{5} \cdot 7,4 = 9,7 \text{ min} \quad [6.9]$$

Μετά από αυτές τις αλλαγές παρατηρήθηκε μείωση της παροχής κατάντη του κόμβου J227, όπως φαίνεται και στην παροχή αιχμής στην έξοδο της λεκάνης απορροής, η οποία από 149,2 m<sup>3</sup>/s μειώθηκε στα 129,7 m<sup>3</sup>/s (Πίνακας 6.16).

**Πίνακας 6.16:** Εκτίμηση παροχών αιχμής κατάντη πρώτου φράγματος

Hydrologic Element	Drainage Area (km <sup>2</sup> )	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Time of Peak	Volume (mm)	Volume (1000 m <sup>3</sup> )
<b>J154</b>	5,3	15,8	01Μαΐ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J157</b>	7,6	122,4	01Μαΐ2020, 06:18	77,6	588,8
<b>J162</b>	1,3	2,8	01Μαΐ2020, 06:49	18,5	24,8
<b>J165</b>	6,4	103,5	01Μαΐ2020, 06:11	77,1	492,8
<b>J172</b>	0,5	1,7	01Μαΐ2020, 06:31	21,7	10,8
<b>J175</b>	3,0	9,1	01Μαΐ2020, 06:49	26,7	79,9
<b>J178</b>	0,5	1,2	01Μαΐ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J185</b>	1,5	3,5	01Μαΐ2020, 06:37	18,5	28,5
<b>J188</b>	5,0	102,1	01Μαΐ2020, 06:11	91,3	458,6
<b>J191</b>	0,5	0,8	01Μαΐ2020, 06:46	14,9	7,2
<b>J196</b>	0,8	21,6	01Μαΐ2020, 06:11	91,4	77,2
<b>J203</b>	0,5	1,1	01Μαΐ2020, 06:39	17,8	8,0
<b>J206</b>	0,6	14,3	01Μαΐ2020, 06:13	88,9	53,9
<b>J211</b>	3,6	68,0	01Μαΐ2020, 06:23	91,4	326,9
<b>J216</b>	2,9	57,1	01Μαΐ2020, 06:24	91,0	264,5
<b>J219</b>	2,7	54,4	01Μαΐ2020, 06:25	90,5	243,4
<b>J224</b>	1,1	22,2	01Μαΐ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J227</b>	2,2	49,3	01Μαΐ2020, 06:16	87,9	196,3
<b>J230</b>	0,4	9,4	01Μαΐ2020, 06:18	81,8	35,1
<b>J233</b>	0,7	18,0	01Μαΐ2020, 06:14	93,3	60,7



*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>J238</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J249</b>	0,5	1,2	01Μαϊ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J255</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J258</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J263</b>	7,6	122,4	01Μαϊ2020, 06:18	77,6	588,8
<b>J265</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J267</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J269</b>	12,9	129,2	01Μαϊ2020, 06:20	56,1	720,8
<b>J272</b>	12,9	129,2	01Μαϊ2020, 06:20	56,1	720,8
<b>Outlet1</b>	15,1	<b>129,7</b>	01Μαϊ2020, 06:19	52,9	799,0
<b>Reservoir-1</b>	2,2	49,3	01Μαϊ2020, 06:17	87,7	196,0



## 6.2 Δεύτερο φράγμα

### 6.2.1 Επεξεργασία στο λογισμικό vbClisi

Η στερεοπαροχή υπολογίστηκε στη θέση συμβολής J216 με τιμή υδατοπαροχής  $Q = 57,1 \text{ m}^3/\text{s}$  (Πίνακας 6.16). Οι υπολεκάνες ανάντη του σημείου ελέγχου έχουν κλίση που βρίσκεται εντός του διαστήματος 26% έως 35% και άρα από πίνακα επιλέχθηκε η τιμή  $P_n = 30$ . Το τμήμα του ποταμού παρουσιάζει μικρή χειμαρρικήτητα και λαμβάνει την τιμή  $m = 0,7$ . Το ειδικό βάρος των μεταφερόμενων υλικών το οποίο εξαρτάται από την πετρολογική τους σύσταση είναι μεταξύ άμμων έως κροκάλες γρανιτών, δηλαδή  $Y_n = 2,05 \text{ t/m}^3$ . Με χρήση της εξίσωσης [6.1], υπολογίστηκε η μέγιστη στερεοπαροχή (Μάρης, 2012).

$$G = \frac{P_n \cdot m \cdot Q}{Y_n \cdot (100 - P_n)} = 8,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Συγκεντρωτικά, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.17.

**Πίνακας 6.17:** Στοιχεία κοίτης δεύτερου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Μέγιστη υδατοστερεοπαροχή (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>), <math>Q_o</math></b>	65,5
<b>Μέγιστη υδατοπαροχή (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>), <math>Q_u</math></b>	57,1
<b>Μέγιστη στερεοπαροχή (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>), <math>Q_s</math></b>	8,4
<b>Μέση κατά μήκος κλίση της κοίτης (%), <math>I_o</math></b>	9,0
<b>Συντελεστής τραχύτητας Manning, <math>n</math></b>	0,045
<b>Αρχικό πλάτος της κοίτης (m), <math>s_o</math></b>	10,0
<b>Πλάτος της κοίτης μετά τη διευθέτηση (m), <math>s</math></b>	10,0
<b>Κλίση πρανών μετά τη διευθέτηση, <math>m</math></b>	1,5
<b>Μήκος ογκωδέστερων λίθων (m), <math>w_o</math></b>	0,6
<b>Μήκος λίθων για την επιθυμητή κλίση (m), <math>w</math></b>	0,3
<b>Χαρακτηριστική διάσταση λίθων (m), <math>b</math></b>	0,3
<b>Αντιπροσωπευτική διάμετρος (m), <math>d_m</math></b>	0,1
<b>Ειδικό βάρος εδαφικών κόκκων (<math>\text{kg}/\text{m}^3</math>), <math>\gamma_s</math></b>	2.650
<b>Ειδικό βάρος ύδατος (<math>\text{kg}/\text{m}^3</math>), <math>\gamma_u</math></b>	999,973

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.18.

**Πίνακας 6.18:** Υδραυλικά στοιχεία κοίτης δεύτερου φράγματος

Περιγραφή	Μουλό- πουλου	Be- rnard	Vale- ntini	Ro- miti	Mul- ler	Κω- τούλα
<b>Κλίση αντιστάθμισης ή ισορροπίας (%), <math>I</math></b>	2,91	3,08	2,67	26,00	0,94	2,95
<b>Μέση ταχύτητα ροής (m/s), <math>v</math></b>	3,47	3,54	3,74	7,21	2,62	3,49

<b>Βάθος ροής (m), t</b>	1,53	1,51	1,28	0,81	1,73	1,53
<b>Εμβαδόν υγρής διατομής (m<sup>2</sup>), F</b>	18,86	18,50	15,27	9,09	21,80	18,78
<b>Βρεχόμενη περίμετρος (m), U</b>	15,53	15,44	14,62	12,92	16,24	15,51
<b>Υδραυλική ακτίνα (m), R</b>	1,21	1,20	1,04	0,70	1,34	1,21
<b>Παροχή ελέγχου (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>t</sub></b>	65,50	65,50	57,10	65,50	57,10	65,50
<b>Λόγος μέγιστης στερεοπαροχής προς την μέγιστη υδατοπαροχή (Q<sub>s</sub>/Q<sub>U</sub>), ξ</b>	0,1471					
<b>Συντελεστής κειμαρρικότητας, K</b>	0,8047					

### 6.2.2 Επεξεργασία στο λογισμικό Diarrus

Τα δεδομένα που εισήχθησαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.19.

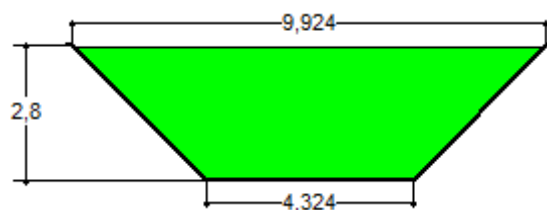
**Πίνακας 6.19:** Δεδομένα διάρρου δεύτερου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Πλήθος πτερυγίων</b>	Δύο
<b>Είδος (μορφή) εκχειλιστή με βάση τη ροή</b>	Ελεύθερος
<b>Συντελεστής εκροής, m</b>	1,9
<b>Υδατοπαροχή (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>U</sub></b>	57,1
<b>Στερεοπαροχή (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>S</sub></b>	8,4
<b>Υδατοστερεοπαροχή (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>o</sub></b>	65,5
<b>Μέγιστο επιτρεπόμενο άνοιγμα με βάση τον τύπο διάρρου (m), b<sub>z</sub></b>	10,0

Τα αποτελέσματα με πρηνή διάρρου 45° παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.20 και στην Εικόνα 6.12.

**Πίνακας 6.20:** Χαρακτηριστικά δεύτερου τραπεζοειδούς διάρρου

Περιγραφή	Τιμή
<b>Άνοιγμα διάρρου στην κορυφή των πτερυγίων (m), b<sub>a</sub></b>	9,924
<b>Άνοιγμα διάρρου στη στάθμη του νερού (m), b<sub>w</sub></b>	9,8
<b>Άνοιγμα διάρρου στη βάση (m), b<sub>k</sub></b>	4,324
<b>Ύψος διάρρου μέχρι την κορυφή των πτερυγίων (m), H<sub>a</sub></b>	2,8
<b>Ύψος διάρρου μέχρι τη στάθμη του νερού (m), H<sub>w</sub></b>	2,738
<b>Μέγιστη αγωγιμότητα διάρρου (m<sup>3</sup>/s), Q</b>	68,406

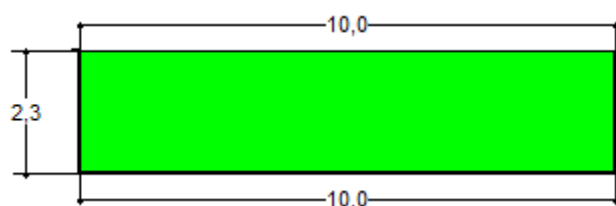


**Εικόνα 6.12:** Απεικόνιση τραπεζοειδούς διάρρου δεύτερου φράγματος

Τα αποτελέσματα όταν τα πρηνή του διάρρου είναι κατακόρυφα παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.21 και στην Εικόνα 6.13.

**Πίνακας 6.21:** Χαρακτηριστικά δεύτερου ορθογωνικού διάρρου

Περιγραφή	Τιμή
Άνοιγμα διάρρου στην κορυφή των πτερυγίων (m), $b_a$	10,0
Άνοιγμα διάρρου στη στάθμη του νερού (m), $b_w$	10,0
Άνοιγμα διάρρου στη βάση (m), $b_k$	10,0
Ύψος διάρρου μέχρι την κορυφή των πτερυγίων (m), $H_a$	2,3
Ύψος διάρρου μέχρι τη στάθμη του νερού (m), $H_w$	2,282
Μέγιστη αγωγιμότητα διάρρου ( $m^3/s$ ), $Q$	66,274



**Εικόνα 6.13:** Απεικόνιση ορθογωνικού διάρρου δεύτερου φράγματος

### 6.2.3 Επεξεργασία στο λογισμικό Torrential-MIK

Υπολογίστηκε το κρίσιμο ύψος νερού για ισοδύναμη τραπεζοειδή διατομή, δίνοντας δεδομένα ώστε το εμβαδόν του τραπεζίου που θα προκύψει να είναι ίσο με το εμβαδόν της ορθογωνικής διατομής (Πίνακας 6.22).

**Πίνακας 6.22:** Στοιχεία διατομής δεύτερου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
Πλάτος κοίτης (m), $s$	10,0
Συνολική παροχή ( $m^3/s$ ), $Q_o$	65,5
Κλίση δεξιού πρηνούς	0,7
Κλίση αριστερού πρηνούς	0,7
Ύψος τραπεζίου (m), $< h_{kp}$	1,4

Από την ισότητα των εμβαδών προέκυψε η μέγιστη στάθμη νερού για τραπεζοειδή διατομή (Πίνακας 6.23).

**Πίνακας 6.23:** Υδραυλικά στοιχεία διατομής δεύτερου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Κρίσιμο βάθος ορθογωνικής διατομής (m), H</b>	2,453
<b>Κρίσιμο ύψος ορθογωνικής διατομής (m), h<sub>κρ</sub></b>	1,635
<b>Εμβαδόν ορθογωνικής διατομής (m<sup>2</sup>)</b>	16,35
<b>Εμβαδόν τραπεζοειδούς διατομής (m<sup>2</sup>)</b>	16,8
<b>Κρίσιμο βάθος τραπεζοειδούς διατομής (m), H</b>	2,1

#### 6.2.4 Επεξεργασία στο λογισμικό FrgBarus

Το υπέργειο ύψος του φράγματος «H<sub>h</sub>» μπορεί να εκτιμηθεί μέσω της απόστασης «L» του φράγματος μέχρι το σημείο των πρανών όπου θα φτάσει η πρόσκωση, της μέσης κλίσης της κοίτης «J<sub>φ</sub>», της κλίσης αντιστάθμισης «J<sub>α</sub>» και την απαιτούμενη ανύψωση της κοίτης «h» μέσω της εξίσωσης [6.3] (Καπετανόπουλος, 2003). Η κλίση αντιστάθμισης υπολογίστηκε ως ο μέσος όρος των μεθόδων Μουλόπουλου, Bernard και Κωτούλα, στις οποίες χρησιμοποιείται η μέγιστη υδατοστερεοπαροχή (Πίνακας 6.18) και με τη βοήθεια του δημιουργημένου ψηφιακού μοντέλου εδάφους υπολογίστηκε η μέση κλίση του ρέματος στη θέση του φράγματος.

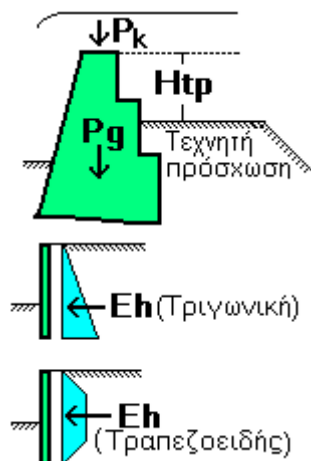
$$H_h = L \cdot (J_\phi - J_a) + h = 5 \cdot (0,088 - 0,03) + 0,25 = 0,54 \text{ m} \Rightarrow 0,5 \text{ m}$$

Επειδή το υπέργειο ύψος «H<sub>h</sub>» του φράγματος είναι μικρότερο των δύο μέτρων επιλέχθηκε ότι η κλίση του εξωτερικού μετώπου του φράγματος «C<sub>m</sub>» είναι 32% στην περίπτωση κατασκευής από σκυρόδεμα και κατακόρυφο στην περίπτωση κατασκευής από συρματοπλεκτα κιβώτια. Η εκτίμηση του πάχους στέψης «D<sub>ο</sub>» έγινε λαμβάνοντας υπόψη το ύψος του διάρρου μέχρι την κορυφή των πτερυγίων «H<sub>α</sub>» μέσω της εξίσωσης [6.4] (Καπετανόπουλος, 2003), όπου στη δεύτερη περίπτωση των συρματοπλεκτων κιβωτίων έγινε επαύξηση για λόγους γεωμετρίας και ευστάθειας (Maccaferri, 2018).

$$D_o = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{C_m \cdot H_a}{100} \\ 0,4 \cdot (H_a - 1) \end{array} \right] = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{32 \cdot 2,8}{100} \\ 0,4 \cdot (2,8 - 1) \end{array} \right] = \max \left( \begin{array}{l} 1,696 \\ 0,72 \end{array} \right) = 1,696 \text{ m}$$

$$D_o = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{C_m \cdot H_a}{100} \\ 0,4 \cdot (H_a - 1) \end{array} \right] = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{0 \cdot 2,5}{100} \\ 0,4 \cdot (2,5 - 1) \end{array} \right] = \max \left( \begin{array}{l} 0,8 \\ 0,6 \end{array} \right) = 0,8 \text{ m} \Rightarrow 2 \text{ m}$$

Στην περίπτωση κατασκευής φράγματος από σκυρόδεμα κατάντη του κόμβου J216 τα δεδομένα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.



**Εικόνα 6.14:** Τεχνητή πρόσκωση και κατανομές της ώθησης γαιών (Καπετανόπουλος, 2003)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Χείμαρρος	Αχερώνας
Τύπος έργου	Φράγμα
Κωδικός έργου	J216
Υλικό δομής έργου	Σκυρόδεμα
Έδαφος θεμελίωσης	Πλαστική άργιλος, ιλύς
Δυνάμεις στο κάταπτε μέτωπο	Λαμβάνονται υπόψη ( $P_{nu}>0$ , $P_{hu}>0$ )
Υποπίεση (άνωση)	Λαμβάνεται υπόψη ( $P_a>0$ )
Πάχος νερού στα κατάντη, $H_{wu}$	2,100
Συντελεστής άνωσης, $gPa$	0,250

2. ΦΟΡΤΙΣΗ-ΤΑΣΕΙΣ-ΑΣΦΑΛΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Θα δεχθεί το έργο χείμαρρολάβα;	Ναι
Θα κατασκευαστεί τεχνητή πρόσκωση;	Ναι
Υψομετρική διαφορά στέψης φράγματος και πρόσκωσης, $H_{tp}$	0,500
Κατανομή ώθησης γαιών	Τραπεζοειδής
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για τον υπολογισμό της πίεσης στα ανάντη, $gP_{ho}$	0,800
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για τον υπολογισμό του βάρους του φράγματος, $gP_g$	2,500
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για τον υπολογισμό της δύναμης στη στέψη, $gP_k$	1,900
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για τον υπολογισμό της φόρτισης στις βαθμίδες, $gP_{no}$	2,000
Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ανατροπής, $nK_{zu}$	1,300
Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ολίσθησης, $nG_{zu}$	1,300

Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
 Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b>Επιτρεπόμενη τάση, [t/m<sup>2</sup>], στο σώμα του έργου</b>	400,000
<b>Συντελεστής ολίσθησης, στο σώμα του έργου</b>	1,050
<b>Επιτρεπόμενη τάση, [t/m<sup>2</sup>], στο έδαφος</b>	20,000
<b>Συντελεστής ολίσθησης, στο έδαφος</b>	0,450

3.ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>	<b>ΤΙΜΗ</b>
<b>Υπέργειο ύψος φράγματος, Hh</b>	0,500
<b>Ύψος περυγίου (διάρρου), Ha</b>	2,800
<b>Αρχικό πάχος φράγματος στη στέψη, Do</b>	1,696
<b>Βάθος θεμελίωσης, Hf</b>	1,000
<b>Κλίση εξωτερικού μετώπου, [%], Cm</b>	32,000
<b>Λόγος, πλάτος βαθμίδας προς ύψος, m</b>	0,650
<b>Αριθμός αρμών, s</b>	2,000
<b>Αρχική κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Ύψος ποδιάς, Hp</b>	0,500
<b>Προεξοχή ποδιάς, Xpk</b>	0,215
<b>Θα κατασκευαστεί γείσο</b>	Ναι
<b>Πάχος προστατευτικής στρώσης λιθοδομής, He</b>	0,250
<b>Μήκος γείσου, Xg</b>	0,250
<b>Πάχος γείσου στην πάκτωση (ανάτη), Hgo</b>	0,451
<b>Πάχος γείσου στο άκρο (κατάντη), Hgu</b>	0,400

4.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΜΩΝ-ΒΑΘΜΙΔΩΝ, Μονάδες: Μήκους [m]

<b>Αρμός i</b>	<b>Βάθος Hi</b>	<b>Πλάτος bi</b>	<b>Αρμός i</b>	<b>Βάθος Hi</b>	<b>Πλάτος bi</b>
<b>1</b>	1,000		<b>2</b>	1,500	

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1.ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m], Εμβαδού [m<sup>2</sup>]

<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>	<b>ΤΙΜΗ</b>
<b>Πάχος φράγματος στην κορυφή του διάρρου (σε ύψος Ha από τη στέψη)</b>	0,800
<b>Πάχος φράγματος στη στάθμη της στέψης (χωρίς το γείσο), Do</b>	1,696
<b>Πάχος φράγματος στη βάση, Ds</b>	2,391
<b>Κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Πρόσθετο βάθος θεμελίωσης ανάτη, Hfp</b>	0,000
<b>Συνολικό (με το γείσο) εμβαδόν διατομής, μέχρι τη στέψη</b>	3,129
<b>Εμβαδόν διατομής του γείσου</b>	0,078

2.ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ, Μονάδες: Μήκους [m], Τάσεων [t/m<sup>2</sup>]

<b>i</b>	<b>Πλ.Βαθi</b>	<b>xRi</b>	<b>minDi</b>	<b>maxDi</b>	<b>σνui</b>	<b>σνοι</b>	<b>σνmi</b>	<b>nGi</b>	<b>nKi</b>
<b>1</b>	0,000	0,949	2,016	2,391	8,859	6,207	8,859	5,117	10,885
<b>2</b>	0,000	1,199	2,391	2,391	7,134	7,266	7,266	2,665	4,427



Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b>ΣΥΜΒΟΛΑ</b>	<b>ΣΗΜΑΣΙΑ</b>
<b>πλ.Βαθι.</b>	Το πλάτος της βαθμίδας στο επίπεδο του αρμού (i)
<b>minDi, maxDi</b>	Το ελάχιστο και μέγιστο πάχος του έργου στον αρμό (i)
<b>xRi</b>	Απόσταση τομής του (i) και της R, από την κατάντη ακμή
<b>σνui, σνοι, σνmi</b>	Ορθή τάση στις ακμές (u, v) του αρμού (i) και μέγιστη
<b>nGi, nKi</b>	Συντελεστής ολίσθησης και ανατροπής στον αρμό (i)

3.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ, Μονάδες: Δυνάμεων [t], Ροπών [t·m]

<b>Δύναμη/Ροπή</b>	<b>αρμός 1</b>	<b>αρμός 2</b>
<b>Pk</b>	10,353	10,353
<b>Mpk</b>	10,798	14,680
<b>Pg</b>	4,640	7,629
<b>Mpg</b>	5,038	10,351
<b>Pgs</b>	0,194	0,194
<b>Mpgs</b>	0,032	0,105
<b>Pvo</b>	0,000	0,000
<b>Mpvo</b>	0,000	0,000
<b>Pho</b>	3,116	4,932
<b>Mpho</b>	1,458	3,474
<b>Pa</b>	0,000	1,913
<b>Mpa</b>	0,000	2,549
<b>Pvu</b>	0,000	0,952
<b>Mpvu</b>	0,000	0,292
<b>Phu</b>	0,000	2,025
<b>Mphu</b>	0,000	1,238
<b>Rk</b>	15,187	17,214
<b>MRk</b>	14,410	20,643
<b>Rp</b>	3,116	2,907

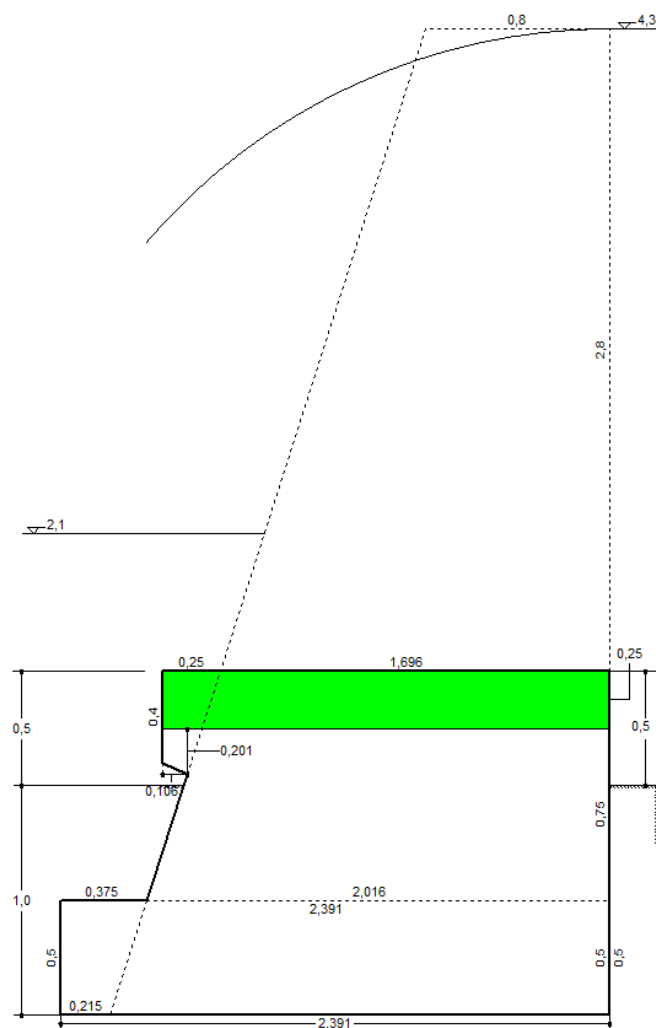
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Οι ροπές λαμβάνονται ως προς την κατάντη ακμή του αρμού (i)
2. Rk είναι η κάθετη στον αρμό (i) συνιστώσα της R ( $xR=MRk/Rk$ )
3. Rp είναι η παράλληλη (εφαπτόμενη) στον αρμό (i) συνιστώσα της R

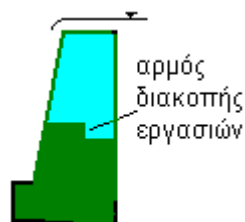




ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ: Αχερώνας  
ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΡΓΟΥ: J216



Στην περίπτωση κατασκευής φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια κατάντη του κόμβου J216, τα δεδομένα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.



**Εικόνα 6.15:** Βαθμιδωτός αρμός για αύξηση του συντελεστή ολίσθησης (Καπετανόπουλος, 2003)

Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Χείμαρρος	Αχερώνας
Τύπος έργου	Φράγμα
Κωδικός έργου	J216
Υλικό δομής έργου	Συρματόπλεκτα κιβώτια
Έδαφος θεμελίωσης	Πλαστική άργιλος, ιλύς
Δυνάμεις στο κάταντες μέτωπο	Λαμβάνονται υπόψη ( $P_{nu}>0$ , $P_{hu}>0$ )
Υποπίεση (άνωση)	Λαμβάνεται υπόψη ( $P_a>0$ )
Πάχος νερού στα κατάντη, $H_{wu}$	2,100
Συντελεστής άνωσης, $gPa$	0,250

2. ΦΟΡΤΙΣΗ-ΤΑΣΕΙΣ-ΑΣΦΑΛΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Θα δεχθεί το έργο χειμαρρολάβα;	Ναι
Θα κατασκευαστεί τεχνητή πρόσκωση;	Ναι
Υψομετρική διαφορά στέψης φράγματος και πρόσκωσης, $H_{tp}$	0,500
Κατανομή ώθησης γαιών	Τραπεζοειδής
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό της πίεσης στα ανάντη, $gP_{ho}$	0,800
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό του βάρους του φράγματος, $gP_g$	1,750
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό της δύναμης στη στέψη, $gP_k$	1,900
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό της φόρτισης στις βαθμίδες, $gP_{no}$	2,000
Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ανατροπής, $nK_{zu}$	1,300
Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ολίσθησης, $nG_{zu}$	1,300
Επιτρεπόμενη τάση, [ $t/m^2$ ], στο σώμα του έργου	40,000
Συντελεστής ολίσθησης, στο σώμα του έργου	0,800
Επιτρεπόμενη τάση, [ $t/m^2$ ], στο έδαφος	20,000
Συντελεστής ολίσθησης, στο έδαφος	0,450

3. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Υπέργειο ύψος φράγματος, $H_h$	0,500
Ύψος πτερυγίου (διάρρου), $H_a$	2,500
Αρχικό πάχος φράγματος στη στέψη, $D_o$	2,000
Βάθος θεμελίωσης, $H_f$	1,500
Κλίση εξωτερικού μετώπου, [%], $C_m$	0,000
Λόγος, πλάτος βαθμίδας προς ύψος, $m$	0,500
Αριθμός αρμών, $s$	2,000
Αρχική κλίση βάσης φράγματος, [%], $C_b$	0,000
Ύψος ποδιάς, $H_p$	1,000
Προεξοχή ποδιάς, $X_{pk}$	0,500

Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
 Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b>Θα κατασκευαστεί γείσο</b>	Όχι
-------------------------------	-----

4.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΜΩΝ-ΒΑΘΜΙΔΩΝ, Μονάδες: Μήκους [m]

Αρμός <i>i</i>	Βάθος $H_i$	Πλάτος $b_i$	Αρμός <i>i</i>	Βάθος $H_i$	Πλάτος $b_i$
<b>1</b>	1,000		<b>2</b>	2,000	

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1.ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m], Εμβαδού [m<sup>2</sup>]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Πάχος φράγματος στην κορυφή του διάρρου (σε ύψος $H_a$ από τη στέψη)	2,000
Πάχος φράγματος στη στάθμη της στέψης (χωρίς το γείσο), $D_o$	2,000
Πάχος φράγματος στη βάση, $D_s$	2,500
Κλίση βάσης φράγματος, [%], $C_b$	0,000
Πρόσθετο βάθος θεμελίωσης ανάντη, $H_{fp}$	0,000
Συνολικό εμβαδόν διατομής, μέχρι τη στέψη	4,500

2.ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ, Μονάδες: Μήκους [m], Τάσεων [t/m<sup>2</sup>]

<i>i</i>	Πλ.Βαθ <i>i</i>	$xR_i$	$minD_i$	$maxD_i$	σ <i>υ</i> <i>ι</i>	σ <i>ο</i> <i>ι</i>	σ <i>υ</i> <i>ι</i>	$nG_i$	$nK_i$
<b>1</b>	0,000	0,894	2,000	2,500	8,566	4,434	8,566	3,470	9,439
<b>2</b>	0,000	1,102	2,500	2,500	8,592	4,098	8,592	1,554	2,911

ΣΥΜΒΟΛΑ	ΣΗΜΑΣΙΑ
πλ.Βαθ <i>i</i> .	Το πλάτος της βαθμίδας στο επίπεδο του αρμού ( <i>i</i> )
$minD_i$ , $maxD_i$	Το ελάχιστο και μέγιστο πάχος του έργου στον αρμό ( <i>i</i> )
$xR_i$	Απόσταση τομής του ( <i>i</i> ) και της $R$ , από την καπάντη ακμή
σ <i>υ</i> <i>ι</i> , σ <i>ο</i> <i>ι</i> , σ <i>υ</i> <i>ι</i>	Ορθή τάση στις ακμές ( <i>u</i> , <i>v</i> ) του αρμού ( <i>i</i> ) και μέγιστη
$nG_i$ , $nK_i$	Συντελεστής ολίσθησης και ανατροπής στον αρμό ( <i>i</i> )

3.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ, Μονάδες: Δυνάμεων [t], Ροπών [t·m]

Δύναμη/Ροπή	αρμός 1	αρμός 2
<b><math>P_k</math></b>	9,500	9,500
<b><math>M_{pk}</math></b>	9,500	14,250
<b><math>P_g</math></b>	3,500	7,875
<b><math>M_{pg}</math></b>	3,500	10,719
<b><math>P_{gs}</math></b>	0,000	0,000
<b><math>M_{pgs}</math></b>	0,000	0,000
<b><math>P_{vo}</math></b>	0,000	0,000
<b><math>M_{pvo}</math></b>	0,000	0,000
<b><math>P_{ho}</math></b>	2,997	6,795
<b><math>M_{p_{ho}}</math></b>	1,377	6,261
<b><math>P_a</math></b>	0,000	2,063
<b><math>M_{pa}</math></b>	0,000	2,891
<b><math>P_{vu}</math></b>	0,000	0,550



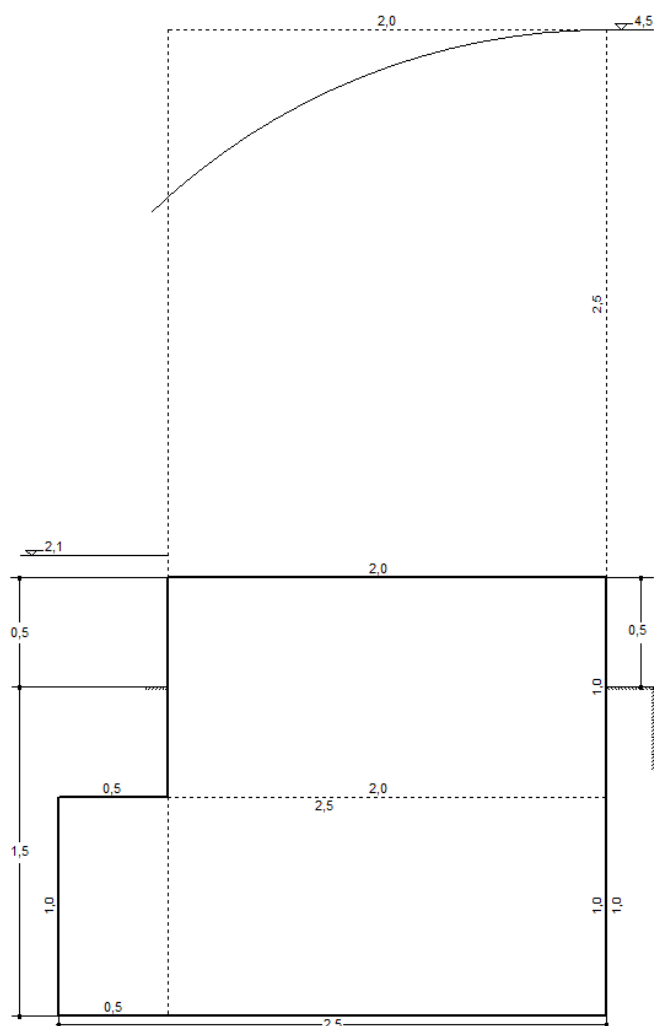
Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b><i>M<sub>pu</sub></i></b>	0,000	0,138
<b><i>P<sub>hu</sub></i></b>	0,000	2,200
<b><i>M<sub>phu</sub></i></b>	0,000	1,533
<b><i>R<sub>k</sub></i></b>	13,000	15,863
<b><i>MR<sub>k</sub></i></b>	11,623	17,488
<b><i>R<sub>p</sub></i></b>	2,997	4,595

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

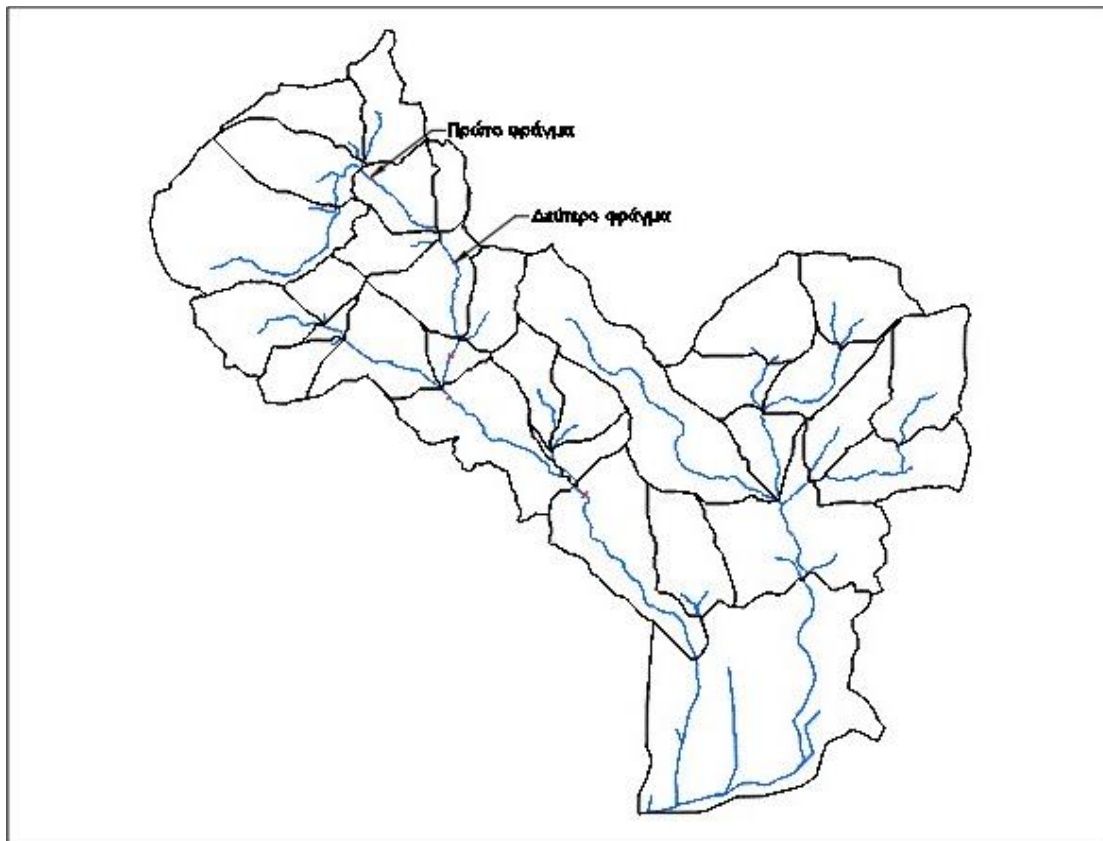
1. Οι ροπές λαμβάνονται ως προς την κατάντη ακμή του αρμού (i)
2.  $R_k$  είναι η κάθετη στον αρμό (i) συνιστώσα της  $R$  ( $xR=MR_k/R_k$ )
3.  $R_p$  είναι η παράλληλη (εφαπτόμενη) στον αρμό (i) συνιστώσα της  $R$

ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ: Αχερώνας  
ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΡΓΟΥ: J216



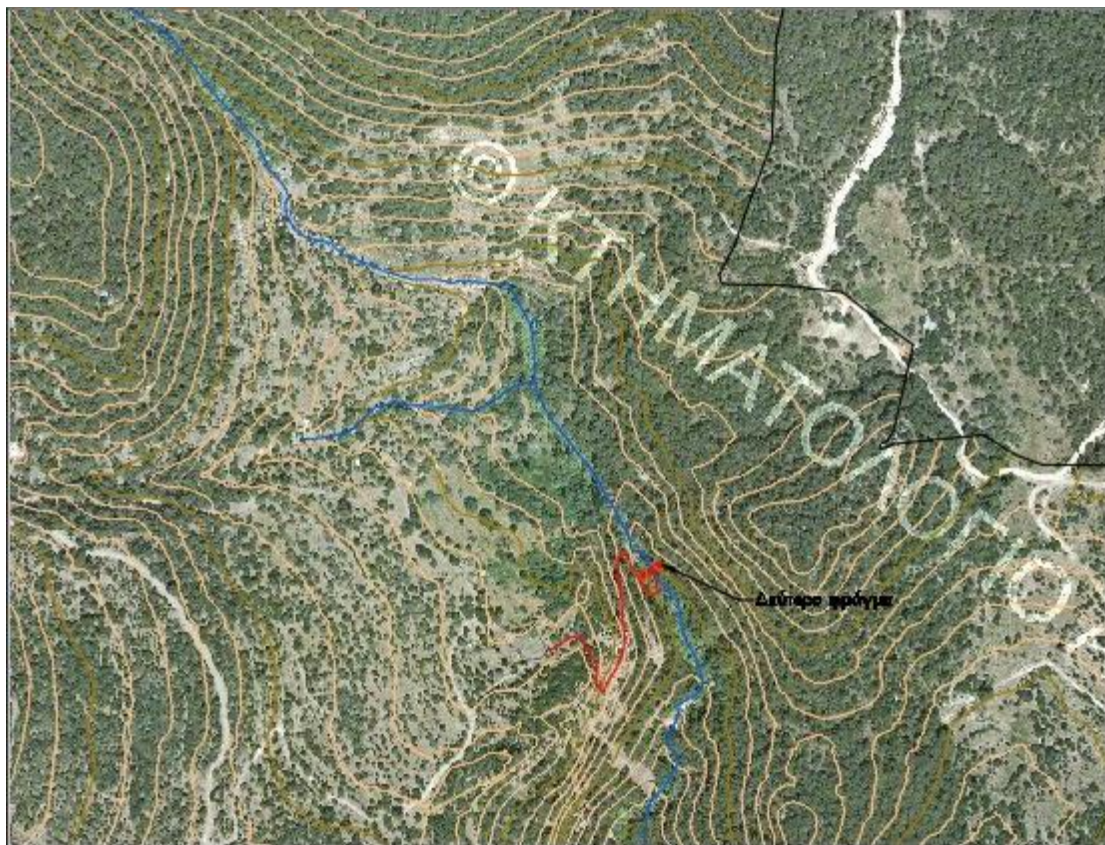
### 6.2.5 Σχεδιασμός δεύτερου φράγματος

Η θέση του φράγματος εντός της λεκάνης απορροής παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.16.



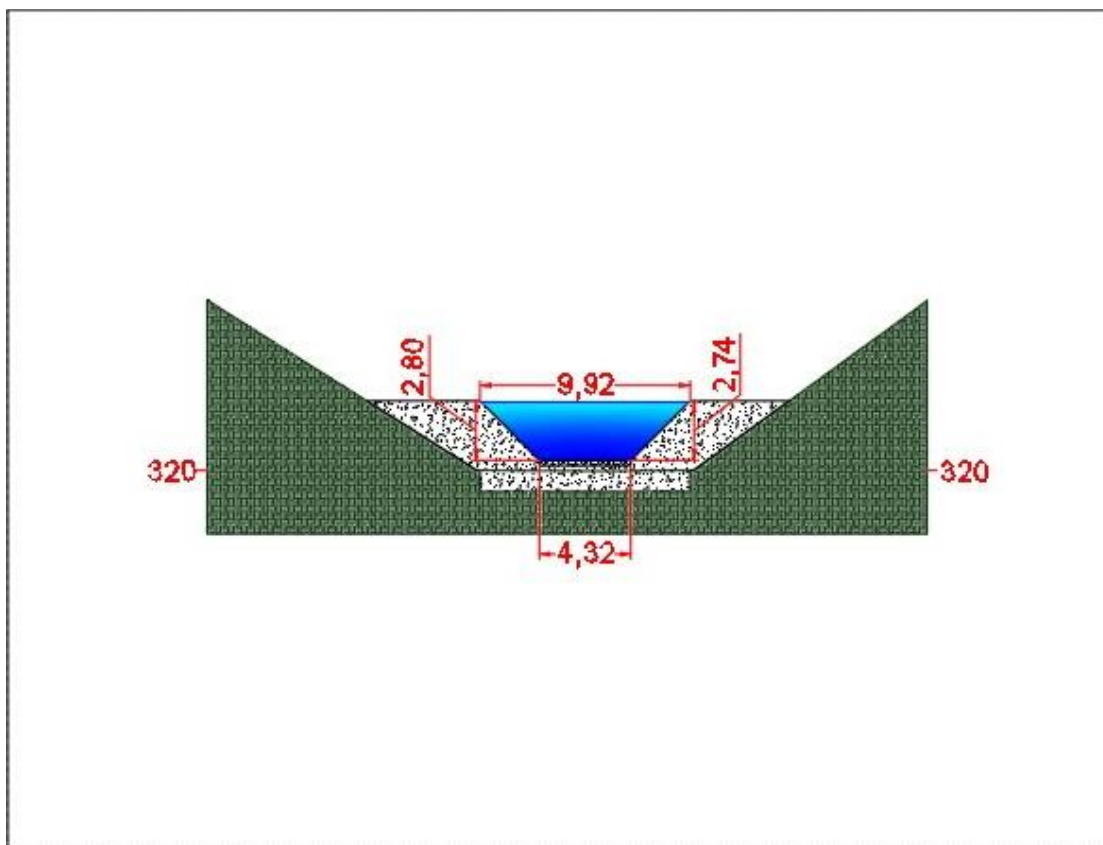
**Εικόνα 6.16:** Προτεινόμενη θέση κατασκευής δεύτερου φράγματος

Εστιάζοντας στην περιοχή παρατηρείται ότι υπάρχουν αγροτικοί δρόμοι πρόσβασης νοτιοδυτικά του έργου, από τους οποίους μπορούν να μεταφερθούν τα υλικά κατασκευής. Πιο συγκεκριμένα, θα απαιτηθεί διάνοιξη από δυτικά, μήκους 320 m περίπου (Εικόνα 6.17).



**Εικόνα 6.17:** Προτεινόμενη πρόσβαση για το δεύτερο φράγμα

Στην περίπτωση φράγματος από σκυρόδεμα, σχεδιάστηκε η πρόσοψη σύμφωνα με τη διαστασιολόγηση που προηγήθηκε (Εικόνα 6.18).



**Εικόνα 6.18:** Πρόσοψη δεύτερου φράγματος από σκυρόδεμα

Ο υπολογισμός της υποσκαφής κατόπιν του φράγματος πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού Torrential-MIK. Θεωρώντας ότι το φράγμα λειτουργεί ως ελεύθερος εκχειλιστής για την επιλογή των κατάλληλων συντελεστών ( $W_s$  και  $W_e$ ) και ότι η ειδική παροχή είναι ο λόγος της υδατοστερεοπαροχής προς το πλάτος της κοίτης, τα δεδομένα που απαιτήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.24.

**Πίνακας 6.24:** Χαρακτηριστικά δεύτερου φράγματος

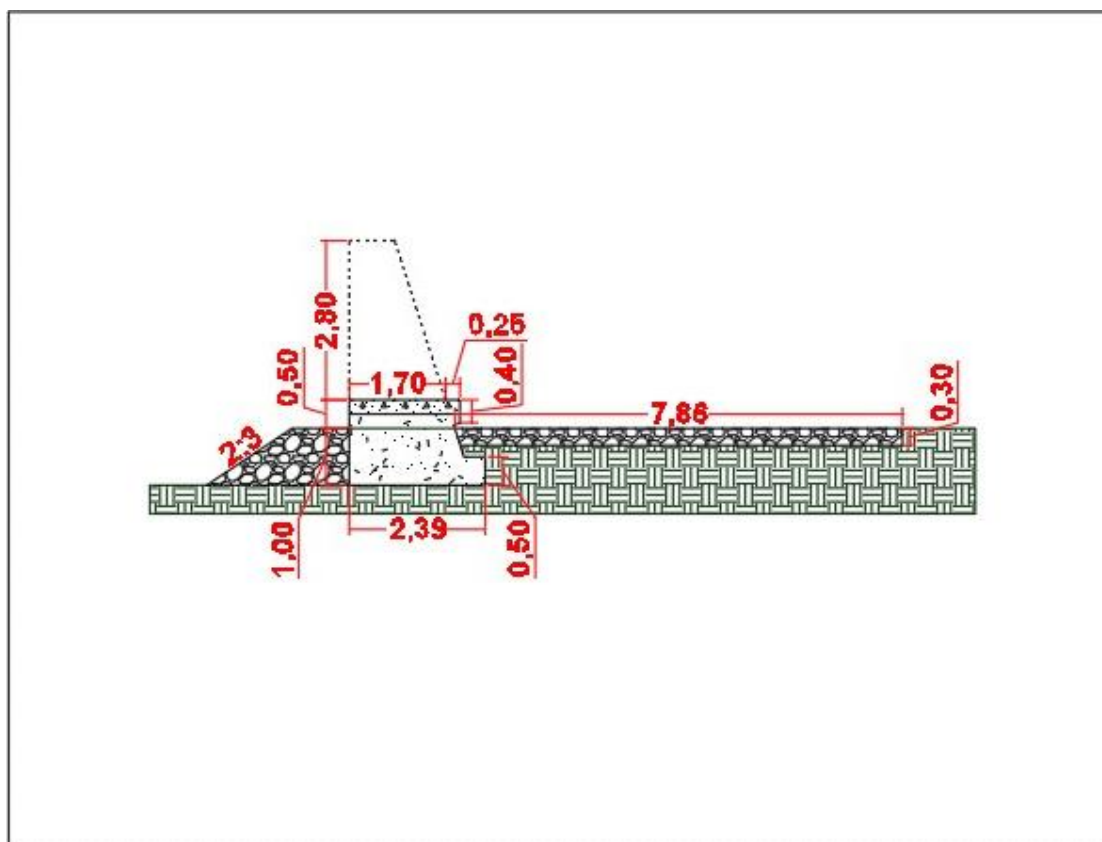
Περιγραφή	Τιμή
Ύψος φράγματος (m), $H_h$	0,50
Ειδική παροχή ( $m^2/s$ ), $q$	6,60
Διάμετρος λίθων (m), $d_{90}$	0,30
Συντελεστής $W_s$	0,78
Συντελεστής $W_e$	0,75
Στάθμη ύδατος (m), $H_{wu}$	2,10
Συντελεστής $a$	0,17
Κλίση αντιστάθμισης, $J_a$	0,03

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.25.

**Πίνακας 6.25:** Υποσκαφή δεύτερου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
Βάθος υποσκαφής (m), $S_o$	3,712
Μήκος υποσκαφής (m), $L_s$	7,861
Υποσκαφή θεμελίου (m), $h_s$	1,612
Διάμετρος λίθων (m), $D_e$	0,621

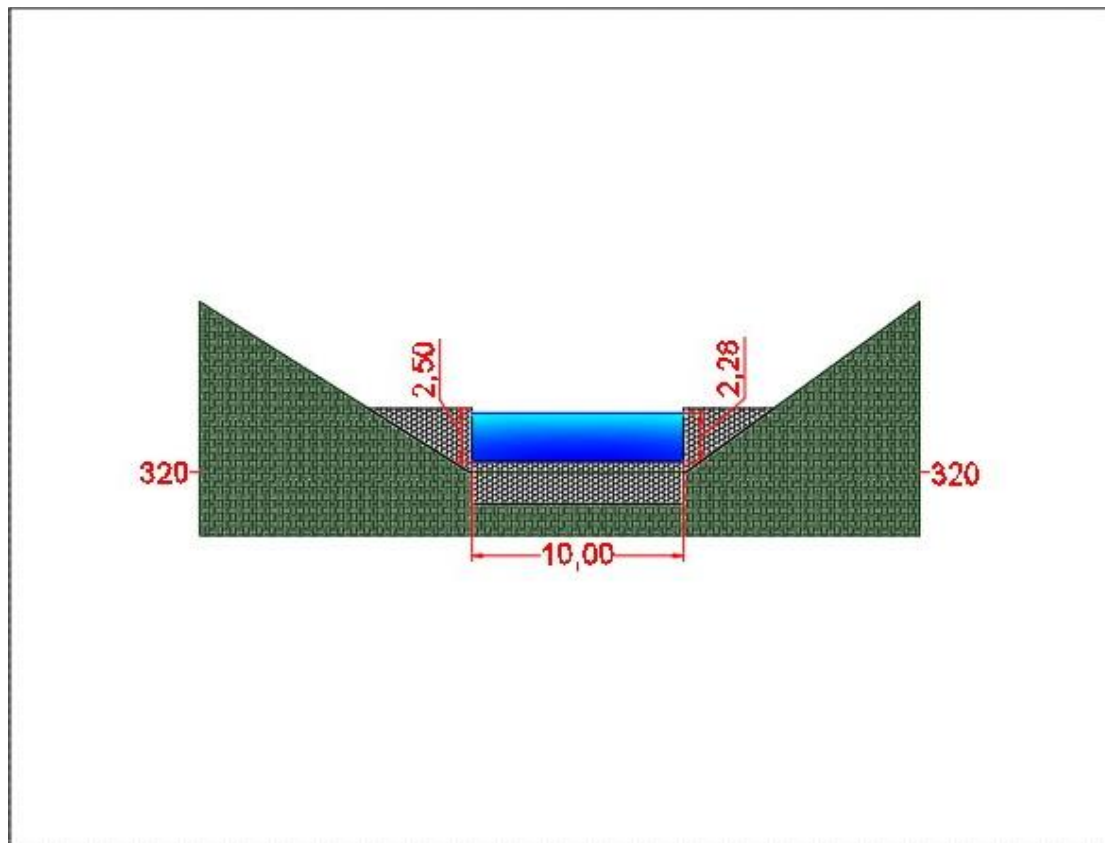
Με βάση το μέγιστο μήκος υποσκαφής σχεδιάστηκε η τομή του φράγματος από σκυρόδεμα (Εικόνα 6.19).



**Εικόνα 6.19:** Τομή δεύτερου φράγματος από σκυρόδεμα

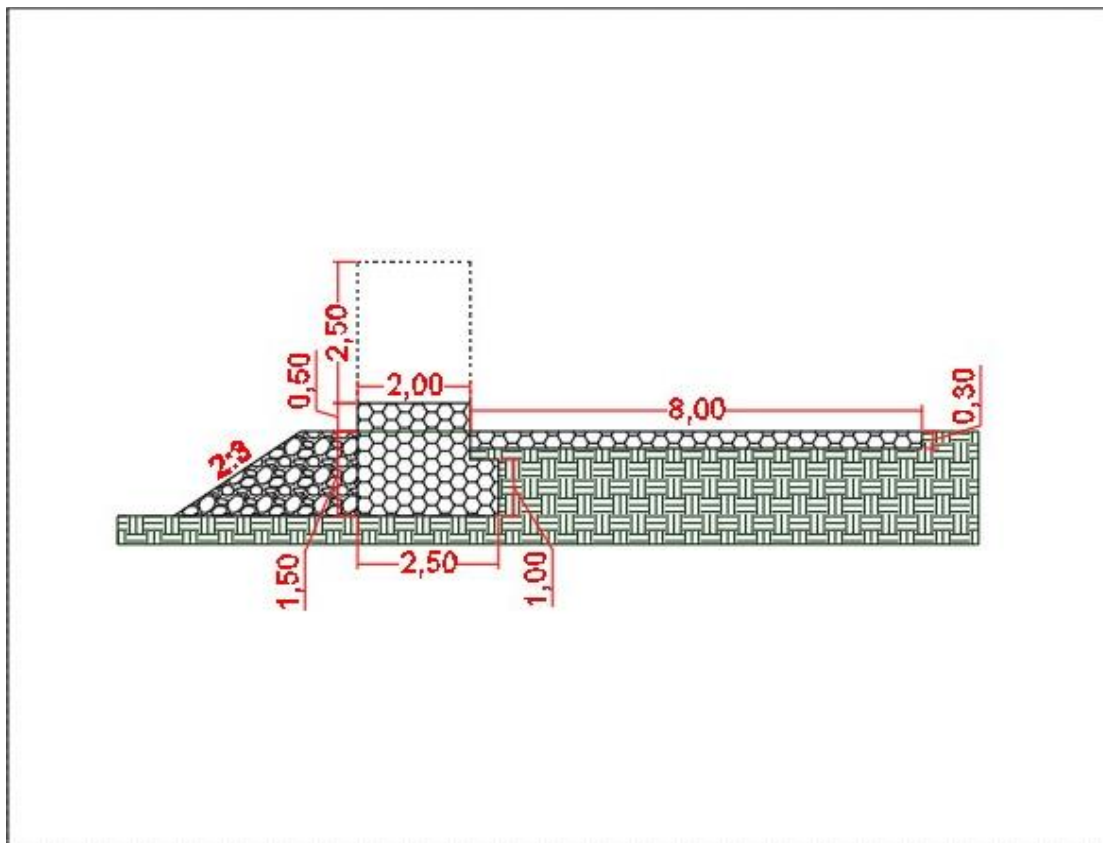
Στην ίδια θέση σχεδιάστηκε η πρόσοψη φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια (Εικόνα 6.20).





**Εικόνα 6.20:** Πρόσοψη δεύτερου φράγματος από συρματόπλεχτα κιβώτια

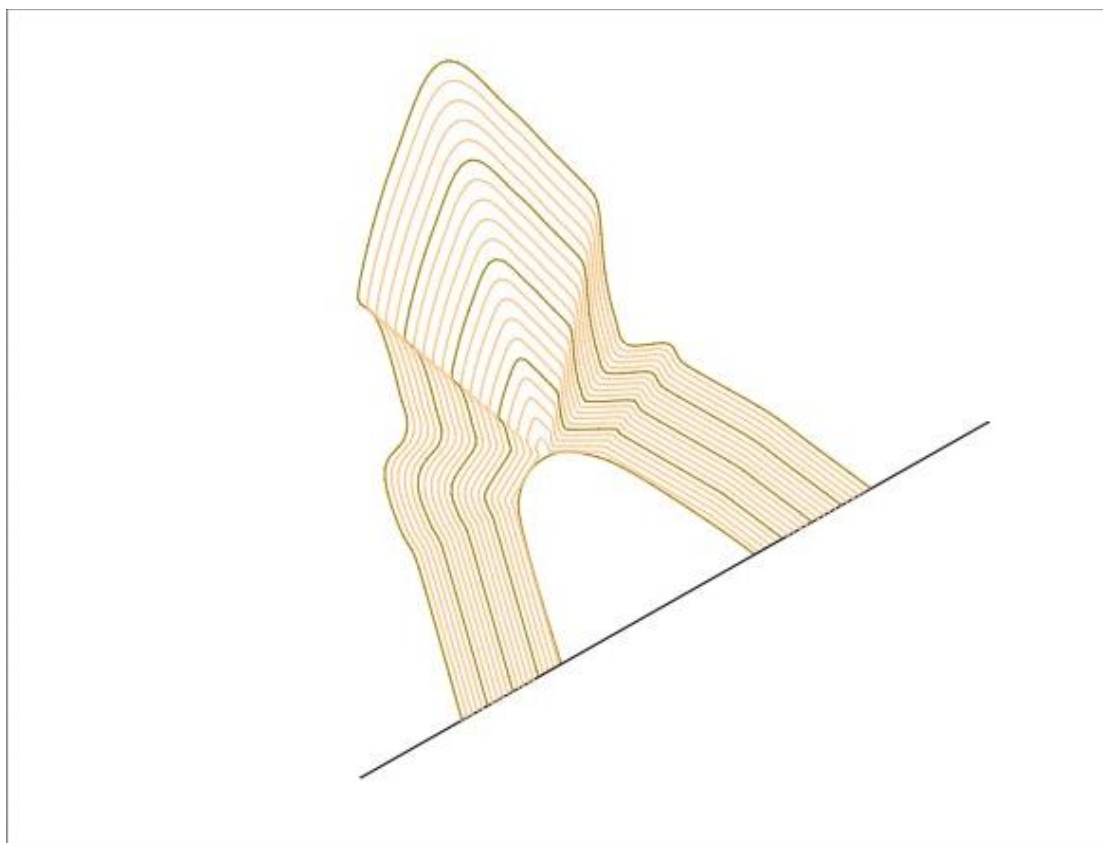
Στην εναλλακτική επιλογή σχεδιάστηκε η τομή του φράγματος από συρματόπλεχτα κιβώτια, όπου κατάντη του φράγματος και επί της κοίτης τοποθετήθηκαν δύο στρωμές μήκους πέντε και τριών μέτρων (Maccaferri, 2018), όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.21.



**Εικόνα 6.21:** Τομή δεύτερου φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια

### 6.2.6 Εκτίμηση παροχής κατάντη

Κατάντη του κόμβου J216 όπου σχεδιάστηκε το φράγμα δημιουργήθηκε στο HEC-HMS ένας μικρός ταμιευτήρας (reservoir) με δομή εκροής (outflow structures) και έναν υπερχειλιστή (spillway) δίνοντας ως μέθοδο αποθήκευσης (storage method) την καμπύλη στάθμης αποθήκευσης (elevation-storage) για τη λεκάνη κατάκλυσης ανάντη του φράγματος (Πίνακας 6.26). Μέσω του λογισμικού Civil 3D από το οποίο δημιουργήθηκε το δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων εξήχθησαν οι ισοϋψείς ανάντη του φράγματος ανά είκοσι εκατοστά (Εικόνα 6.22).



**Εικόνα 6.22:** Λεκάνη κατάκλισης δεύτερου φράγματος

**Πίνακας 6.26:** Δεδομένα στάθμης-αποθήκευσης δεύτερου φράγματος

Υψόμετρο (m)		Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Όγκος (m <sup>3</sup> )	Αθροιστικός όγκος (1000 m <sup>3</sup> )
<b>319,97</b>	<b>320,00</b>	62,23	0,62	0,001
<b>320,00</b>	<b>320,20</b>	65,62	12,78	0,013
<b>320,20</b>	<b>320,40</b>	73,01	13,86	0,027
<b>320,40</b>	<b>320,60</b>	81,26	15,42	0,043
<b>320,60</b>	<b>320,80</b>	90,38	17,16	0,060
<b>320,80</b>	<b>321,00</b>	100,38	19,07	0,079
<b>321,00</b>	<b>321,20</b>	111,28	21,16	0,100
<b>321,20</b>	<b>321,40</b>	123,07	23,42	0,123
<b>321,40</b>	<b>321,60</b>	135,73	25,87	0,149
<b>321,60</b>	<b>321,80</b>	149,28	28,49	0,178
<b>321,80</b>	<b>322,00</b>	163,71	31,29	0,209
<b>322,00</b>	<b>322,20</b>	179,04	34,26	0,243
<b>322,20</b>	<b>322,40</b>	195,24	37,42	0,281
<b>322,40</b>	<b>322,60</b>	212,32	40,74	0,322
<b>322,60</b>	<b>322,80</b>	230,29	44,25	0,366
<b>322,80</b>	<b>323,00</b>	249,13	47,93	0,414
<b>323,00</b>	<b>323,20</b>	268,82	51,78	0,466

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>323,20</b>	<b>323,40</b>	289,41	55,81	0,521
<b>323,40</b>	<b>323,60</b>	310,88	60,02	0,581
<b>323,60</b>	<b>323,80</b>	333,22	64,40	0,646
<b>323,80</b>	<b>324,00</b>	356,45	68,95	0,715

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος υπερχειλιστή ευρείας στέψης (broad-crested spillway), δίνοντας το υψόμετρο (elevation) που βρίσκεται η στέψη του φράγματος, το μήκος (length) του διάρρου και το συντελεστή (coefficient) με τον οποίο καθορίζονται οι απώλειες ενέργειας κατά την είσοδο, ροή και έξοδο από τον υπερχειλιστή, με βάση τις διαστάσεις του φράγματος από συρματοπλεχτά κιβώτια οι οποίες είναι μεγαλύτερες (Πίνακας 6.27).

**Πίνακας 6.27:** Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή δεύτερου φράγματος

<b>Παράμετρος</b>	<b>Τιμή</b>
<b>Υψόμετρο (m)</b>	320,5
<b>Μήκος (m)</b>	10,0
<b>Συντελεστής (m<sup>0,5</sup>/s)</b>	1,1

Έπειτα πραγματοποιήθηκε εκ νέου εκτέλεση του HEC-HMS όπου παρατηρήθηκε μικρή μείωση του όγκου και της παροχής κατάντη του κόμβου J216, όπως φαίνεται και στην παροχή αιχμής στην έξοδο της λεκάνης απορροής, η οποία από 129,7 m<sup>3</sup>/s μειώθηκε στα 128,9 m<sup>3</sup>/s (Πίνακας 6.28).

**Πίνακας 6.28:** Εκτίμηση παροχών αιχμής λόγω δεύτερου ταμιευτήρα

<b>Hydrologic Element</b>	<b>Drainage Area (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Peak Discharge (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Time of Peak</b>	<b>Volume (mm)</b>	<b>Volume (1000 m<sup>3</sup>)</b>
<b>J154</b>	5,3	15,8	01Μαΐ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J157</b>	7,6	121,6	01Μαΐ2020, 06:14	77,6	588,7
<b>J162</b>	1,3	2,8	01Μαΐ2020, 06:49	18,5	24,8
<b>J165</b>	6,4	103,3	01Μαΐ2020, 06:12	77,1	492,7
<b>J172</b>	0,5	1,7	01Μαΐ2020, 06:31	21,7	10,8
<b>J175</b>	3,0	9,1	01Μαΐ2020, 06:49	26,7	79,9
<b>J178</b>	0,5	1,2	01Μαΐ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J185</b>	1,5	3,5	01Μαΐ2020, 06:37	18,5	28,5

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>J188</b>	5,0	102,0	01Μαϊ2020, 06:11	91,3	458,5
<b>J191</b>	0,5	0,8	01Μαϊ2020, 06:46	14,9	7,2
<b>J196</b>	0,8	21,6	01Μαϊ2020, 06:11	91,4	77,2
<b>J203</b>	0,5	1,1	01Μαϊ2020, 06:39	17,8	8,0
<b>J206</b>	0,6	14,3	01Μαϊ2020, 06:13	88,9	53,9
<b>J211</b>	3,6	68,0	01Μαϊ2020, 06:23	91,3	326,8
<b>J216</b>	2,9	57,1	01Μαϊ2020, 06:24	91,0	264,5
<b>J219</b>	2,7	54,4	01Μαϊ2020, 06:25	90,5	243,4
<b>J224</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J227</b>	2,2	49,3	01Μαϊ2020, 06:16	87,9	196,3
<b>J230</b>	0,4	9,4	01Μαϊ2020, 06:18	81,8	35,1
<b>J233</b>	0,7	18,0	01Μαϊ2020, 06:14	93,3	60,7
<b>J238</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J249</b>	0,5	1,2	01Μαϊ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J255</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J258</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J263</b>	7,6	121,6	01Μαϊ2020, 06:14	77,6	588,7
<b>J265</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J267</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J269</b>	12,9	128,4	01Μαϊ2020, 06:20	56,1	720,6
<b>J272</b>	12,9	128,4	01Μαϊ2020, 06:20	56,1	720,6
<b>Outlet1</b>	15,1	<b>128,9</b>	01Μαϊ2020, 06:20	52,8	798,9
<b>Reservoir-1</b>	2,2	49,3	01Μαϊ2020, 06:17	87,7	196,0



<b>Reservoir-2</b>	2,9	57,1	01Μαΐ2020, 06:25	90,9	264,4
--------------------	-----	------	---------------------	------	-------

Για το χρόνο συγκέντρωσης « $t_c$ » κατά Kirpich μέσω της εξίσωσης [6.7] και το χρόνο υστέρησης μέσω της εξίσωσης [6.8] για την υπολεκάνη W720, στην οποία θα κατασκευαστεί το δεύτερο φράγμα επιλέχθηκε το μήκος « $L$ » και η κλίση « $S$ » του ρέματος R150, όπως υπολογίστηκε από το HEC-GeoHMS.

$$t_c = 0,01947 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0,77} = 0,01947 \cdot \left(\frac{905,4}{\sqrt{0,1436}}\right)^{0,77} = 7,8 \text{ min}$$

$$t_{lag} = 0,6 \cdot t_c = 0,6 \cdot 7,8 = 4,7 \text{ min}$$

Θέτοντας στην κλίση του ρέματος, την εκτιμημένη κλίση αντιστάθμισης υπολογίστηκε ο χρόνος συγκέντρωσης κατά Kirpich μέσω της εξίσωσης [6.7] και ο χρόνος υστέρησης μέσω της εξίσωσης [6.8].

$$t_c = 0,01947 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{J_a}}\right)^{0,77} = 0,01947 \cdot \left(\frac{905,4}{\sqrt{0,03}}\right)^{0,77} = 14,2 \text{ min}$$

$$t_{lag,αντιστάθμισης} = 0,6 \cdot t_c = 0,6 \cdot 14,2 = 8,5 \text{ min}$$

Επειδή ο χρόνος υστέρησης της υπολεκάνης W720 υπολογίστηκε με τη μέθοδο της SCS μέσω του HEC-GeoHMS, ο τελικός χρόνος υστέρησης (lag) λόγω διόδευσης του ρέματος R150 προέκυψε με αναλογία μέσω της εξίσωσης [6.9].

$$t_{routing} = \frac{BasinLag}{t_{lag}} \cdot t_{lag,αντιστάθμισης} = \frac{10}{4,7} \cdot 8,5 = 18,2 \text{ min}$$

Μετά από αυτές τις αλλαγές παρατηρήθηκε μείωση της παροχής κατάντη του κόμβου J216, όπως φαίνεται και στην παροχή αιχμής στην έξοδο της λεκάνης απορροής, η οποία από 128,9 m<sup>3</sup>/s μειώθηκε στα 106,1 m<sup>3</sup>/s (Πίνακας 6.29).

**Πίνακας 6.29:** Εκτίμηση παροχών αιχμής κατάντη δεύτερου φράγματος

<b>Hydrologic Element</b>	<b>Drainage Area (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Peak Discharge (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Time of Peak</b>	<b>Volume (mm)</b>	<b>Volume (1000 m<sup>3</sup>)</b>
<b>J154</b>	5,3	15,8	01Μαΐ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J157</b>	7,6	94,6	01Μαΐ2020, 06:25	77,6	588,7
<b>J162</b>	1,3	2,8	01Μαΐ2020, 06:49	18,5	24,8

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>J165</b>	6,4	76,2	01Μαϊ2020, 06:41	77,1	492,7
<b>J172</b>	0,5	1,7	01Μαϊ2020, 06:31	21,7	10,8
<b>J175</b>	3,0	9,1	01Μαϊ2020, 06:49	26,7	79,9
<b>J178</b>	0,5	1,2	01Μαϊ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J185</b>	1,5	3,5	01Μαϊ2020, 06:37	18,5	28,5
<b>J188</b>	5,0	72,5	01Μαϊ2020, 06:11	91,3	458,5
<b>J191</b>	0,5	0,8	01Μαϊ2020, 06:46	14,9	7,2
<b>J196</b>	0,8	21,6	01Μαϊ2020, 06:11	91,4	77,2
<b>J203</b>	0,5	1,1	01Μαϊ2020, 06:39	17,8	8,0
<b>J206</b>	0,6	14,3	01Μαϊ2020, 06:13	88,9	53,9
<b>J211</b>	3,6	61,3	01Μαϊ2020, 06:41	91,3	326,8
<b>J216</b>	2,9	57,1	01Μαϊ2020, 06:24	91,0	264,5
<b>J219</b>	2,7	54,4	01Μαϊ2020, 06:25	90,5	243,4
<b>J224</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J227</b>	2,2	49,3	01Μαϊ2020, 06:16	87,9	196,3
<b>J230</b>	0,4	9,4	01Μαϊ2020, 06:18	81,8	35,1
<b>J233</b>	0,7	18,0	01Μαϊ2020, 06:14	93,3	60,7
<b>J238</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J249</b>	0,5	1,2	01Μαϊ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J255</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J258</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J263</b>	7,6	94,6	01Μαϊ2020, 06:25	77,6	588,7
<b>J265</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9



Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b>J267</b>	5,3	15,8	01Μαΐ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J269</b>	12,9	104,9	01Μαΐ2020, 06:26	56,1	720,6
<b>J272</b>	12,9	104,9	01Μαΐ2020, 06:26	56,1	720,6
<b>Outlet1</b>	15,1	<b>106,1</b>	01Μαΐ2020, 06:40	52,8	798,9
<b>Reservoir-1</b>	2,2	49,3	01Μαΐ2020, 06:17	87,7	196,0
<b>Reservoir-2</b>	2,9	57,1	01Μαΐ2020, 06:25	90,9	264,4



## 6.3 Τρίτο φράγμα

### 6.3.1 Επεξεργασία στο λογισμικό vbClisi

Η στερεοπαροχή υπολογίστηκε στη θέση συμβολής J211 με τιμή υδατοπαροχής  $Q = 61,3 \text{ m}^3/\text{s}$  (Πίνακας 6.29). Οι υπολεκάνες ανάντη του σημείου ελέγχου έχουν κλίση που βρίσκεται εντός του διαστήματος 26% έως 35% και άρα από πίνακα επιλέχθηκε η τιμή  $P_n = 30$ . Το τμήμα του ποταμού παρουσιάζει μικρή χειμαρρικότητα και λαμβάνει την τιμή  $m = 0,7$ . Το ειδικό βάρος των μεταφερόμενων υλικών το οποίο εξαρτάται από την πετρολογική τους σύσταση είναι μεταξύ άμμων έως κροκάλες γρανιτών, δηλαδή  $Y_n = 2,05 \text{ t/m}^3$ . Με χρήση της εξίσωσης [6.1], υπολογίστηκε η μέγιστη στερεοπαροχή (Μάρης, 2012).

$$G = \frac{P_n \cdot m \cdot Q}{Y_n \cdot (100 - P_n)} = 9 \text{ m}^3/\text{s}$$

Συγκεντρωτικά, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.30.

**Πίνακας 6.30:** Στοιχεία κοίτης τρίτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Μέγιστη υδατοστερεοπαροχή (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>), <math>Q_o</math></b>	70,3
<b>Μέγιστη υδατοπαροχή (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>), <math>Q_u</math></b>	61,3
<b>Μέγιστη στερεοπαροχή (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>), <math>Q_s</math></b>	9,0
<b>Μέση κατά μήκος κλίση της κοίτης (%), <math>I_o</math></b>	12,0
<b>Συντελεστής τραχύτητας Manning, <math>n</math></b>	0,045
<b>Αρχικό πλάτος της κοίτης (m), <math>s_o</math></b>	9,0
<b>Πλάτος της κοίτης μετά τη διευθέτηση (m), <math>s</math></b>	9,0
<b>Κλίση πρανών μετά τη διευθέτηση, <math>m</math></b>	2,1
<b>Μήκος ογκωδέστερων λίθων (m), <math>w_o</math></b>	0,6
<b>Μήκος λίθων για την επιθυμητή κλίση (m), <math>w</math></b>	0,3
<b>Χαρακτηριστική διάσταση λίθων (m), <math>b</math></b>	0,3
<b>Αντιπροσωπευτική διάμετρος (m), <math>d_m</math></b>	0,1
<b>Ειδικό βάρος εδαφικών κόκκων (<math>\text{kg}/\text{m}^3</math>), <math>\gamma_s</math></b>	2.650
<b>Ειδικό βάρος ύδατος (<math>\text{kg}/\text{m}^3</math>), <math>\gamma_u</math></b>	999,973

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.31.

**Πίνακας 6.31:** Υδραυλικά στοιχεία κοίτης τρίτου φράγματος

Περιγραφή	Μουλό- πουλου	Be- rnard	Vale- ntini	Ro- miti	Mul- ler	Κω- τούλα
<b>Κλίση αντιστάθμισης ή ισορροπίας (%), <math>I</math></b>	2,89	3,05	2,63	27,29	1,09	2,74
<b>Μέση ταχύτητα ροής (m/s), <math>v</math></b>	3,47	3,54	3,75	7,50	2,75	3,41

<b>Βάθος ροής (m), t</b>	1,63	1,60	1,38	0,87	1,75	1,65
<b>Εμβαδόν υγρής διατομής (m<sup>2</sup>), F</b>	20,24	19,85	16,35	9,37	22,25	20,62
<b>Βρεχόμενη περίμετρος (m), U</b>	16,58	16,47	15,40	13,03	17,16	16,69
<b>Υδραυλική ακτίνα (m), R</b>	1,22	1,21	1,06	0,72	1,30	1,24
<b>Παροχή ελέγχου (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>t</sub></b>	70,30	70,30	61,30	70,30	61,30	70,30
<b>Λόγος μέγιστης στερεοπαροχής προς την μέγιστη υδατοπαροχή (Q<sub>s</sub>/Q<sub>u</sub>), ξ</b>	0,1468					
<b>Συντελεστής κειμαρρικότητας, K</b>	0,805					

### 6.3.2 Επεξεργασία στο λογισμικό Diarrus

Τα δεδομένα που εισήχθησαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.32.

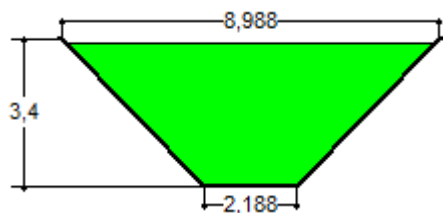
**Πίνακας 6.32:** Δεδομένα διάρρου τρίτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Πλήθος πτερυγίων</b>	Δύο
<b>Είδος (μορφή) εκχειλιστή με βάση τη ροή</b>	Ελεύθερος
<b>Συντελεστής εκροής, m</b>	1,9
<b>Υδατοπαροχή (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>u</sub></b>	61,3
<b>Στερεοπαροχή (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>s</sub></b>	9,0
<b>Υδατοστερεοπαροχή (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>o</sub></b>	70,3
<b>Μέγιστο επιτρεπόμενο άνοιγμα με βάση τον τύπο διάρρου (m), b<sub>z</sub></b>	9,0

Τα αποτελέσματα με πρηνή διάρρου 45° παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.33 και στην Εικόνα 6.23.

**Πίνακας 6.33:** Χαρακτηριστικά τρίτου τραπεζοειδούς διάρρου

Περιγραφή	Τιμή
<b>Άνοιγμα διάρρου στην κορυφή των πτερυγίων (m), b<sub>a</sub></b>	8,988
<b>Άνοιγμα διάρρου στη στάθμη του νερού (m), b<sub>w</sub></b>	8,8
<b>Άνοιγμα διάρρου στη βάση (m), b<sub>k</sub></b>	2,188
<b>Ύψος διάρρου μέχρι την κορυφή των πτερυγίων (m), H<sub>a</sub></b>	3,4
<b>Ύψος διάρρου μέχρι τη στάθμη του νερού (m), H<sub>w</sub></b>	3,306
<b>Μέγιστη αγωγιμότητα διάρρου (m<sup>3</sup>/s), Q</b>	74,662

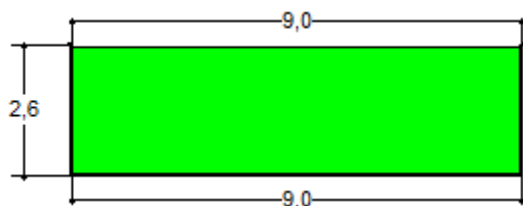


**Εικόνα 6.23:** Απεικόνιση τραπεζοειδούς διάρρου τρίτου φράγματος

Τα αποτελέσματα όταν τα πρηνή του διάρρου είναι κατακόρυφα παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.34 και στην Εικόνα 6.24.

**Πίνακας 6.34:** Χαρακτηριστικά τρίτου ορθογωνικού διάρρου

Περιγραφή	Τιμή
Άνοιγμα διάρρου στην κορυφή των πτερυγίων (m), $b_a$	9,0
Άνοιγμα διάρρου στη στάθμη του νερού (m), $b_w$	9,0
Άνοιγμα διάρρου στη βάση (m), $b_k$	9,0
Ύψος διάρρου μέχρι την κορυφή των πτερυγίων (m), $H_a$	2,6
Ύψος διάρρου μέχρι τη στάθμη του νερού (m), $H_w$	2,566
Μέγιστη αγωγιμότητα διάρρου ( $m^3/s$ ), $Q$	71,69



**Εικόνα 6.24:** Απεικόνιση ορθογωνικού διάρρου τρίτου φράγματος

### 6.3.3 Επεξεργασία στο λογισμικό Torrential-MIK

Υπολογίστηκε το κρίσιμο ύψος νερού για ισοδύναμη τραπεζοειδή διατομή, δίνοντας δεδομένα ώστε το εμβαδόν του τραπεζίου που θα προκύψει να είναι ίσο με το εμβαδόν της ορθογωνικής διατομής (Πίνακας 6.35).

**Πίνακας 6.35:** Στοιχεία διατομής τρίτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
Πλάτος κοίτης (m), $s$	9,0
Συνολική παροχή ( $m^3/s$ ), $Q_o$	70,3
Κλίση δεξιού πρηνούς	0,5
Κλίση αριστερού πρηνούς	0,5
Ύψος τραπεζίου (m), $< h_{kp}$	1,4

Από την ισότητα των εμβαδών προέκυψε η μέγιστη στάθμη νερού για τραπεζοειδή διατομή (Πίνακας 6.36).

**Πίνακας 6.36:** Υδραυλικά στοιχεία διατομής τρίτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Κρίσιμο βάθος ορθογωνικής διατομής (m), H</b>	2,759
<b>Κρίσιμο ύψος ορθογωνικής διατομής (m), h<sub>κρ</sub></b>	1,839
<b>Εμβαδόν ορθογωνικής διατομής (m<sup>2</sup>)</b>	16,551
<b>Εμβαδόν τραπεζοειδούς διατομής (m<sup>2</sup>)</b>	16,52
<b>Κρίσιμο βάθος τραπεζοειδούς διατομής (m), H</b>	2,1

### 6.3.4 Επεξεργασία στο λογισμικό FrgBarus

Το υπέργειο ύψος του φράγματος «H<sub>h</sub>» μπορεί να εκτιμηθεί μέσω της απόστασης «L» του φράγματος μέχρι το σημείο των πρανών όπου θα φτάσει η πρόσκωση, της μέσης κλίσης της κοίτης «J<sub>φ</sub>», της κλίσης αντιστάθμισης «J<sub>α</sub>» και την απαιτούμενη ανύψωση της κοίτης «h» μέσω της εξίσωσης [6.3] (Καπετανόπουλος, 2003). Η κλίση αντιστάθμισης υπολογίστηκε ως ο μέσος όρος των μεθόδων Μουλόπουλου, Bernard και Κωτούλα, στις οποίες χρησιμοποιείται η μέγιστη υδατοστερεοπαροχή (Πίνακας 6.31) και με τη βοήθεια του δημιουργημένου ψηφιακού μοντέλου εδάφους υπολογίστηκε η μέση κλίση του ρέματος στη θέση του φράγματος. Στην εναλλακτική επιλογή των συρματόπλεχτων κιβωτίων, το υπέργειο ύψος στρογγυλοποιήθηκε προς τα πάνω για κατασκευαστικούς λόγους (Maccaferri, 2018).

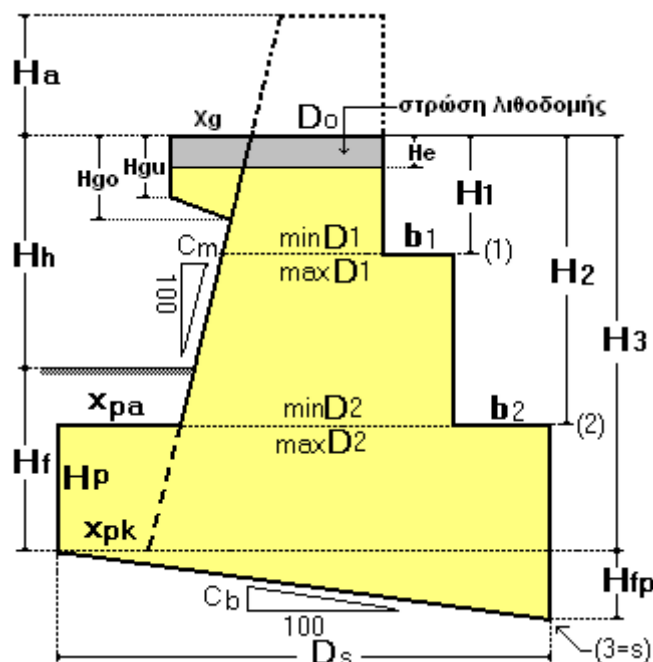
$$H_h = L \cdot (J_\phi - J_a) + h = 4,5 \cdot (0,121 - 0,03) + 0,25 = 0,66 \text{ m} \Rightarrow 0,7 \text{ m} \rightsquigarrow 1 \text{ m}$$

Επειδή το υπέργειο ύψος «H<sub>h</sub>» του φράγματος είναι μικρότερο των δύο μέτρων επιλέχθηκε ότι η κλίση του εξωτερικού μετώπου του φράγματος «C<sub>m</sub>» είναι 32% στην περίπτωση κατασκευής από σκυρόδεμα και κατακόρυφο στην περίπτωση κατασκευής από συρματόπλεχτα κιβώτια. Η εκτίμηση του πάχους στέψης «D<sub>ο</sub>» έγινε λαμβάνοντας υπόψη το ύψος του διάρρου μέχρι την κορυφή των πτερυγίων «H<sub>a</sub>» μέσω της εξίσωσης [6.4] (Καπετανόπουλος, 2003), όπου στη δεύτερη περίπτωση των συρματόπλεχτων κιβωτίων έγινε επαύξηση για λόγους γεωμετρίας και ευστάθειας (Maccaferri, 2018).

$$D_o = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{C_m \cdot H_a}{100} \\ 0,4 \cdot (H_a - 1) \end{array} \right] = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{32 \cdot 3,4}{100} \\ 0,4 \cdot (3,4 - 1) \end{array} \right] = \max \left( \begin{array}{l} 1,888 \\ 0,96 \end{array} \right) = 1,888 \text{ m}$$

$$D_o = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{C_m \cdot H_a}{100} \\ 0,4 \cdot (H_a - 1) \end{array} \right] = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{0 \cdot 3}{100} \\ 0,4 \cdot (3 - 1) \end{array} \right] = \max \left( \begin{array}{l} 0,8 \\ 0,8 \end{array} \right) = 0,8 \text{ m} \Rightarrow 3 \text{ m}$$

Στην περίπτωση κατασκευής φράγματος από σκυρόδεμα κατάντη του κόμβου J211 τα δεδομένα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.



**Εικόνα 6.25:** Γείσος, ποδιά και βαθμίδες φράγματος (Καπειανόπουλος, 2003)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ, Μονάδες: Μήκος [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Χείμαρρος	Αχερώνας
Τύπος έργου	Φράγμα
Κωδικός έργου	J211
Υλικό δομής έργου	Σκυρόδεμα
Έδαφος θεμελίωσης	Πλαστική άργιλος, ιλύς
Δυνάμεις στο κάταντες μέτωπο	Λαμβάνονται υπόψη ( $P_{nu}>0$ , $P_{hu}>0$ )
Υποπίεση (άνωση)	Λαμβάνεται υπόψη ( $P_a>0$ )
Πάχος νερού στα κατάντη, $H_{wu}$	2,100
Συντελεστής άνωσης, $gPa$	0,250

2. ΦΟΡΤΙΣΗ-ΤΑΣΕΙΣ-ΑΣΦΑΛΕΙΑ, Μονάδες: Μήκος [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Θα δεχθεί το έργο χείμαρρολάβα;	Ναι
Θα κατασκευαστεί τεχνητή πρόσκωση;	Ναι
Υψομετρική διαφορά στέψης φράγματος και πρόσκωσης, $H_{tp}$	0,700
Κατανομή ώθησης γαιών	Τραπεζοειδής
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για τον υπολογισμό της πίεσης στα ανάντη, $gPho$	0,800
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για τον υπολογισμό του βάρους του φράγματος, $gPg$	2,500

Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b>Ειδικό βάρος, [t/m<sup>3</sup>], για τον υπολογισμό της δύναμης στη στέψη, gPκ</b>	1,900
<b>Ειδικό βάρος, [t/m<sup>3</sup>], για τον υπολογισμό της φόρτισης στις βαθμίδες, gPνο</b>	2,000
<b>Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ανατροπής, nKzu</b>	1,300
<b>Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ολίσθησης, nGzu</b>	1,300
<b>Επιτρεπόμενη τάση, [t/m<sup>2</sup>], στο σώμα του έργου</b>	400,000
<b>Συντελεστής ολίσθησης, στο σώμα του έργου</b>	1,050
<b>Επιτρεπόμενη τάση, [t/m<sup>2</sup>], στο έδαφος</b>	20,000
<b>Συντελεστής ολίσθησης, στο έδαφος</b>	0,450

3.ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>	<b>ΤΙΜΗ</b>
<b>Υπέργειο ύψος φράγματος, Hh</b>	0,700
<b>Ύψος πτερυγίου (διάρρου), Ha</b>	3,400
<b>Αρχικό πάχος φράγματος στη στέψη, Do</b>	1,888
<b>Βάθος θεμελίωσης, Hf</b>	1,000
<b>Κλίση εξωτερικού μετώπου, [%], Cm</b>	32,000
<b>Λόγος, πλάτος βαθμίδας προς ύψος, m</b>	0,650
<b>Αριθμός αρμών, s</b>	2,000
<b>Αρχική κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Ύψος ποδιάς, Hp</b>	0,500
<b>Προεξοχή ποδιάς, Xpκ</b>	0,215
<b>Θα κατασκευαστεί γείσος</b>	Ναι
<b>Πάχος προστατευτικής στρώσης λιθοδομής, He</b>	0,250
<b>Μήκος γείσου, Xg</b>	0,250
<b>Πάχος γείσου στην πάκτωση (ανάντη), Hgo</b>	0,451
<b>Πάχος γείσου στο άκρο (κατάντη), Hgu</b>	0,400

4.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΜΩΝ-ΒΑΘΜΙΔΩΝ, Μονάδες: Μήκους [m]

<b>Αρμός i</b>	<b>Βάθος Hi</b>	<b>Πλάτος bi</b>	<b>Αρμός i</b>	<b>Βάθος Hi</b>	<b>Πλάτος bi</b>
<b>1</b>	1,200		<b>2</b>	1,700	

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1.ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m], Εμβαδού [m<sup>2</sup>]

<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>	<b>ΤΙΜΗ</b>
<b>Πάχος φράγματος στην κορυφή του διάρρου (σε ύψος Ha από τη στέψη)</b>	0,800
<b>Πάχος φράγματος στη στάθμη της στέψης (χωρίς το γείσο), Do</b>	1,888
<b>Πάχος φράγματος στη βάση, Ds</b>	2,647
<b>Κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Πρόσθετο βάθος θεμελίωσης ανάντη, Hfp</b>	0,000
<b>Συνολικό (με το γείσο) εμβαδόν διατομής, μέχρι τη στέψη</b>	3,897
<b>Εμβαδόν διατομής του γείσου</b>	0,078



Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
 Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

2.ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ, Μονάδες: Μήκους [m], Τάσεων [t/m<sup>2</sup>]

<b>i</b>	<b>Πλ.Βαθι</b>	<b>xRi</b>	<b>minDi</b>	<b>maxDi</b>	<b>συυi</b>	<b>σσοi</b>	<b>σσυi</b>	<b>nGi</b>	<b>nKi</b>
<b>1</b>	0,000	1,077	2,272	2,647	10,303	7,518	10,303	4,731	9,622
<b>2</b>	0,000	1,314	2,647	2,647	8,559	8,181	8,559	2,207	4,266

<b>ΣΥΜΒΟΛΑ</b>	<b>ΣΗΜΑΣΙΑ</b>
<b>πλ.Βαθi.</b>	Το πλάτος της βαθμίδας στο επίπεδο του αρμού (i)
<b>minDi, maxDi</b>	Το ελάχιστο και μέγιστο πάχος του έργου στον αρμό (i)
<b>xRi</b>	Απόσταση τομής του (i) και της R, από την κατάντη ακμή
<b>σσυi, σσοi, σσυi</b>	Ορθή τάση στις ακμές (u, v) του αρμού (i) και μέγιστη
<b>nGi, nKi</b>	Συντελεστής ολίσθησης και ανατροπής στον αρμό (i)

3.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ, Μονάδες: Δυνάμεων [t], Ροπών [t·m]

<b>Δύναμη/Ροπή</b>	<b>αρμός 1</b>	<b>αρμός 2</b>
<b>Pk</b>	13,811	13,811
<b>Mpk</b>	16,615	21,795
<b>Pg</b>	6,240	9,549
<b>Mpg</b>	7,669	14,388
<b>Pgs</b>	0,194	0,194
<b>Mpgs</b>	0,045	0,117
<b>Pvo</b>	0,000	0,000
<b>Mpvo</b>	0,000	0,000
<b>Pho</b>	4,494	6,643
<b>Mpho</b>	2,529	5,319
<b>Pa</b>	0,000	2,382
<b>Mpa</b>	0,000	3,591
<b>Pvu</b>	0,000	0,984
<b>Mpvu</b>	0,000	0,315
<b>Phu</b>	0,000	2,125
<b>Mphu</b>	0,000	1,397
<b>Rk</b>	20,245	22,156
<b>MRk</b>	21,800	29,102
<b>Rp</b>	4,494	4,518

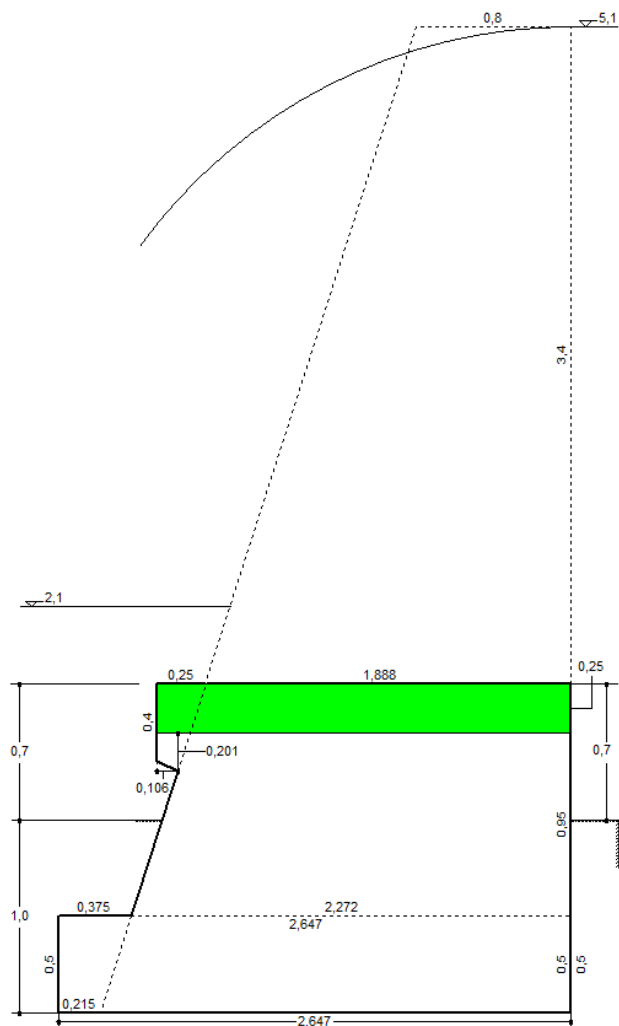
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Οι ροπές λαμβάνονται ως προς την κατάντη ακμή του αρμού (i)
2. Rk είναι η κάθετη στον αρμό (i) συνιστώσα της R ( $xR=MRk/Rk$ )
3. Rp είναι η παράλληλη (εφαπτόμενη) στον αρμό (i) συνιστώσα της R



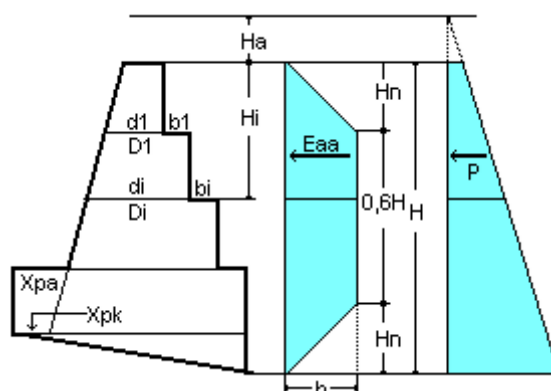
Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ: Αχερώνας  
ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΡΓΟΥ: J211



Στην περίπτωση κατασκευής φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια κατόπιν του κόμβου J211 τα δεδομένα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.





**Εικόνα 6.26:** Τραπεζοειδής και τριγωνική πίεση ανάντη του φράγματος (Καπετανόπουλος, 2003)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Χείμαρρος	Αχερώνας
Τύπος έργου	Φράγμα
Κωδικός έργου	J211
Υλικό δομής έργου	Συρματόπλεκτα κιβώτια
Έδαφος θεμελίωσης	Πλαστική άργιλος, ιλύς
Δυνάμεις στο κάταντες μέτωπο	Λαμβάνονται υπόψη ( $P_{nu}>0$ , $P_{hu}>0$ )
Υποπίεση (άνωση)	Λαμβάνεται υπόψη ( $P_a>0$ )
Πάχος νερού στα κατάντη, $H_{wu}$	2,100
Συντελεστής άνωσης, $gPa$	0,250

2. ΦΟΡΤΙΣΗ-ΤΑΣΕΙΣ-ΑΣΦΑΛΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Θα δεχθεί το έργο χειμαρρολάβρα;	Ναι
Θα κατασκευαστεί τεχνητή πρόσκωση;	Ναι
Υψομετρική διαφορά στέψης φράγματος και πρόσκωσης, $H_{tp}$	1,000
Κατανομή ώθησης γαιών	Τραπεζοειδής
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για τον υπολογισμό της πίεσης στα ανάντη, $gP_{ho}$	0,800
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για τον υπολογισμό του βάρους του φράγματος, $gP_g$	1,750
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για τον υπολογισμό της δύναμης στη στέψη, $gP_k$	1,900
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για τον υπολογισμό της φόρτισης στις βαθμίδες, $gP_{no}$	2,000
Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ανατροπής, $nK_{zu}$	1,300
Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ολίσθησης, $nG_{zu}$	1,300
Επιτρεπόμενη τάση, [ $t/m^2$ ], στο σώμα του έργου	40,000
Συντελεστής ολίσθησης, στο σώμα του έργου	0,800

Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b>Επιτρεπόμενη τάση, [t/m<sup>2</sup>], στο έδαφος</b>	20,000
<b>Συντελεστής ολίσθησης, στο έδαφος</b>	0,450

3. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
<b>Υπέργειο ύψος φράγματος, Hh</b>	1,000
<b>Ύψος πτερυγίου (διάρρου), Ha</b>	3,000
<b>Αρχικό πάχος φράγματος στη στέψη, Do</b>	3,000
<b>Βάθος θεμελίωσης, Hf</b>	1,500
<b>Κλίση εξωτερικού μετώπου, [%], Cm</b>	0,000
<b>Λόγος, πλάτος βαθμίδας προς ύψος, m</b>	0,500
<b>Αριθμός αρμών, s</b>	2,000
<b>Αρχική κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Ύψος ποδιάς, Hp</b>	1,000
<b>Προεξοχή ποδιάς, Xpk</b>	0,500
<b>Θα κατασκευαστεί γείσος</b>	Όχι

4. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΜΩΝ-ΒΑΘΜΙΔΩΝ, Μονάδες: Μήκους [m]

Αρμός i	Βάθος Hi	Πλάτος bi	Αρμός i	Βάθος Hi	Πλάτος bi
<b>1</b>	1,500		<b>2</b>	2,500	

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m], Εμβαδού [m<sup>2</sup>]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
<b>Πάχος φράγματος στην κορυφή του διάρρου (σε ύψος Ha από τη στέψη)</b>	3,000
<b>Πάχος φράγματος στη στάθμη της στέψης (χωρίς το γείσο), Do</b>	3,000
<b>Πάχος φράγματος στη βάση, Ds</b>	3,500
<b>Κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Πρόσθετο βάθος θεμελίωσης ανάντη, Hfp</b>	0,000
<b>Συνολικό εμβαδόν διατομής, μέχρι τη στέψη</b>	8,000

2. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ, Μονάδες: Μήκους [m], Τάσεων [t/m<sup>2</sup>]

i	Πλ.Βαθi	xRi	minDi	maxDi	σoui	σoιi	σomi	nGi	nKi
<b>1</b>	0,000	1,344	3,000	3,500	10,918	5,732	10,918	3,526	9,633
<b>2</b>	0,000	1,544	3,500	3,500	10,945	5,241	10,945	1,562	3,352

ΣΥΜΒΟΛΑ	ΣΗΜΑΣΙΑ
<b>πλ.Βαθi</b>	Το πλάτος της βαθμίδας στο επίπεδο του αρμού (i)
<b>minDi, maxDi</b>	Το ελάχιστο και μέγιστο πάχος του έργου στον αρμό (i)
<b>xRi</b>	Απόσταση τομής του (i) και της R, από την κατάντη ακμή
<b>σoui, σoιi, σomi</b>	Ορθή τάση στις ακμές (u, v) του αρμού (i) και μέγιστη
<b>nGi, nKi</b>	Συντελεστής ολίσθησης και ανατροπής στον αρμό (i)



Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

3.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ, Μονάδες: Δυνάμεων [t], Ροπών [t·m]

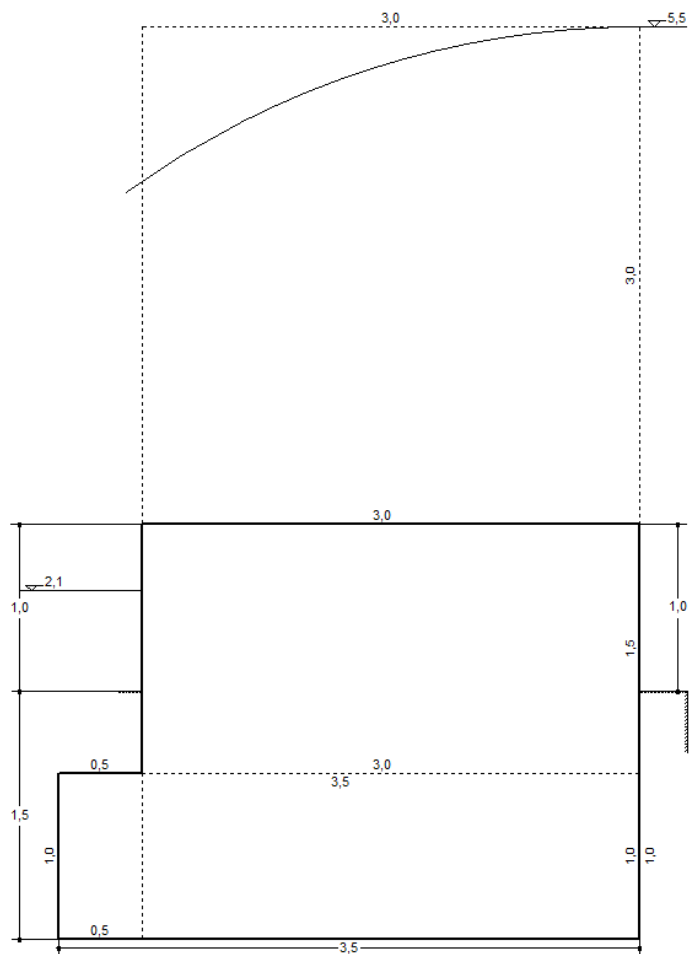
Δύναμη/Ροπή	αρμός 1	αρμός 2
<b>Pk</b>	17,100	17,100
<b>Mpk</b>	25,650	34,200
<b>Pg</b>	7,875	14,000
<b>Mpg</b>	11,813	26,469
<b>Pgs</b>	0,000	0,000
<b>Mpgs</b>	0,000	0,000
<b>Pvo</b>	0,000	0,000
<b>Mpvo</b>	0,000	0,000
<b>Pho</b>	5,667	10,367
<b>Mpho</b>	3,889	11,917
<b>Pa</b>	0,000	3,325
<b>Mpa</b>	0,000	6,686
<b>Pvu</b>	0,000	0,550
<b>Mpvu</b>	0,000	0,138
<b>Phu</b>	0,000	2,205
<b>Mphu</b>	0,000	1,544
<b>Rk</b>	24,975	28,325
<b>MRk</b>	33,574	43,747
<b>Rp</b>	5,667	8,162

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Οι ροπές λαμβάνονται ως προς την κατόντη ακμή του αρμού (i)
2.  $R_k$  είναι η κάθετη στον αρμό (i) συνιστώσα της  $R$  ( $xR=MR_k/R_k$ )
3.  $R_p$  είναι η παράλληλη (εφαπτόμενη) στον αρμό (i) συνιστώσα της  $R$

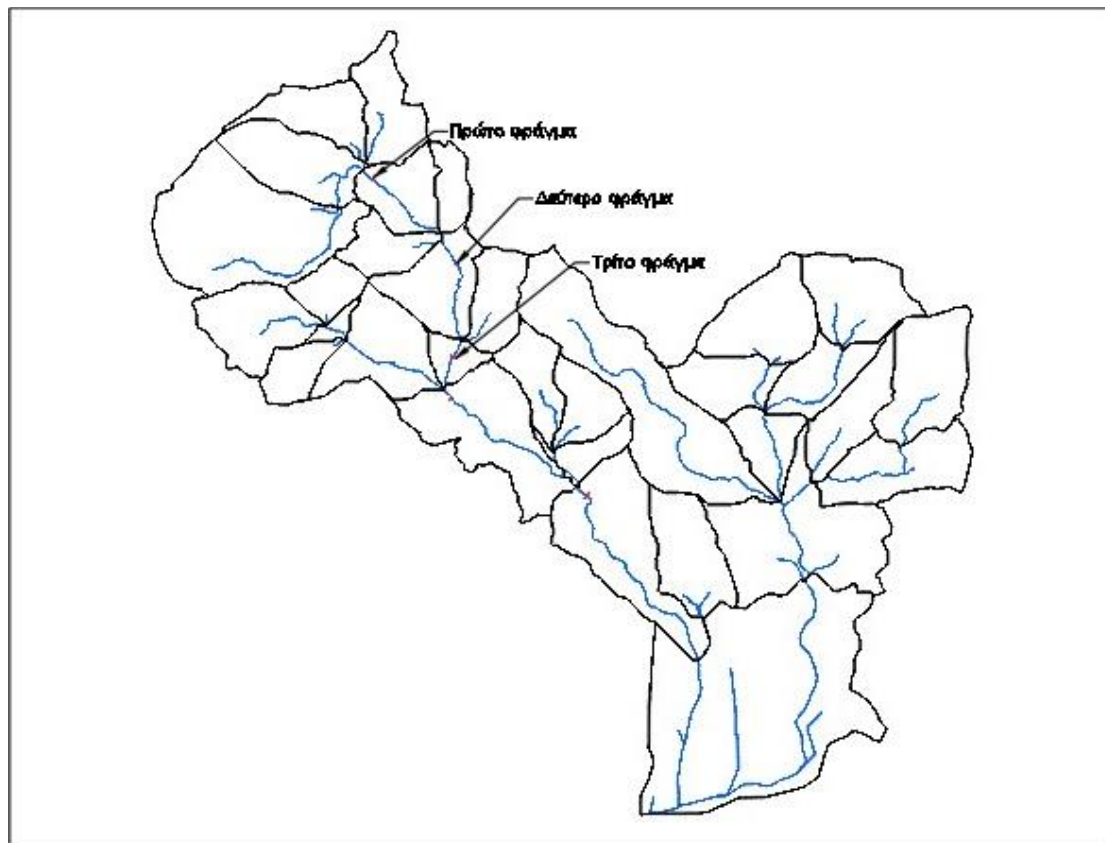


ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ: Αχερώνας  
ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΡΓΟΥ: J211



### 6.3.5 Σχεδιασμός τρίτου φράγματος

Η θέση του φράγματος εντός της λεκάνης απορροής παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.27.



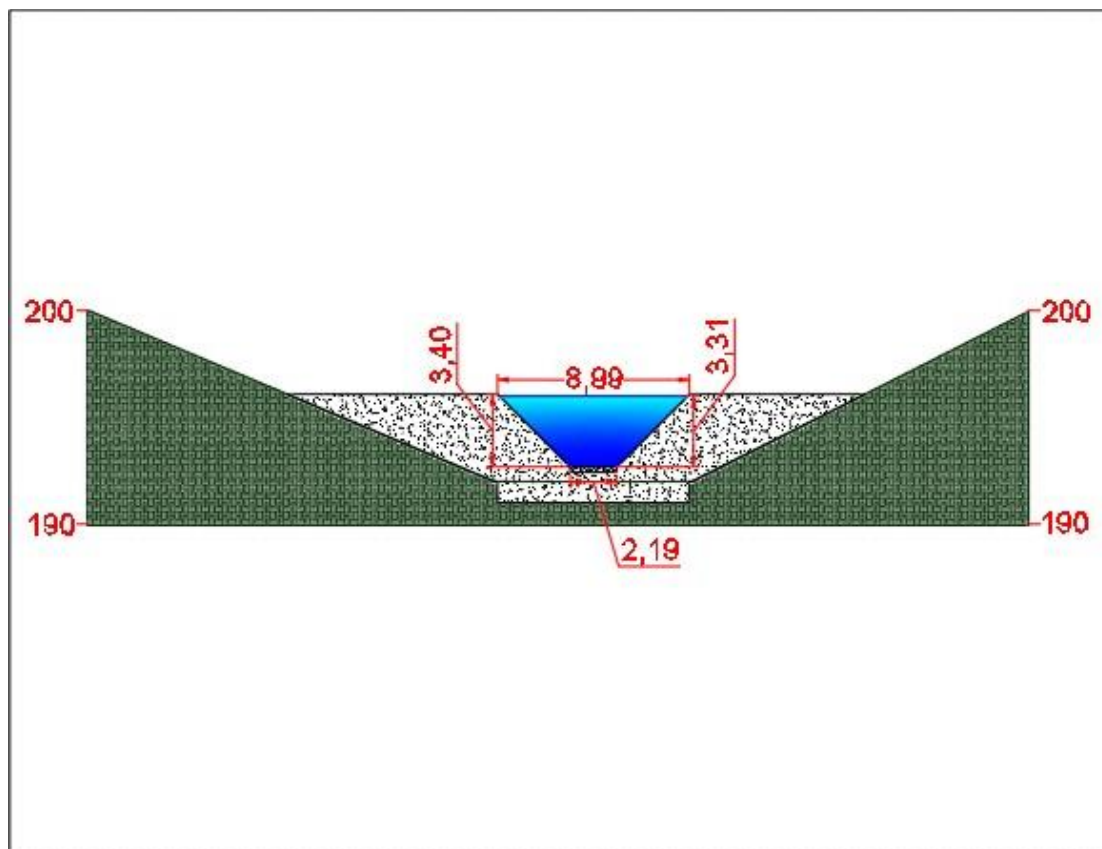
**Εικόνα 6.27:** Προτεινόμενη θέση κατασκευής τρίτου φράγματος

Εστιάζοντας στην περιοχή παρατηρείται ότι υπάρχουν χωματόδρομοι νοτιοανατολικά του έργου, από τους οποίους μπορούν να μεταφερθούν τα υλικά κατασκευής. Επιπλέον, θα απαιτηθεί διάνοιξη 450 m περίπου από νοτιοανατολικά (Εικόνα 6.28).



**Εικόνα 6.28:** Προτεινόμενη πρόσβαση για το τρίτο φράγμα

Στην περίπτωση φράγματος από σκυρόδεμα, σχεδιάστηκε η πρόσοψη σύμφωνα με τη διαστασιολόγηση που προηγήθηκε (Εικόνα 6.29).



**Εικόνα 6.29:** Πρόσοψη τρίτου φράγματος από σκυρόδεμα

Ο υπολογισμός της υποσκαφής κατόπιν του φράγματος πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού Torrential-MIK. Θεωρώντας ότι το φράγμα λειτουργεί ως ελεύθερος εκχειλιστής για την επιλογή των κατάλληλων συντελεστών ( $W_s$  και  $W_e$ ) και ότι η ειδική παροχή είναι ο λόγος της υδατοστεροπαροχής προς το πλάτος της κοίτης, τα δεδομένα που απαιτήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.37.

**Πίνακας 6.37:** Χαρακτηριστικά τρίτου φράγματος από σκυρόδεμα

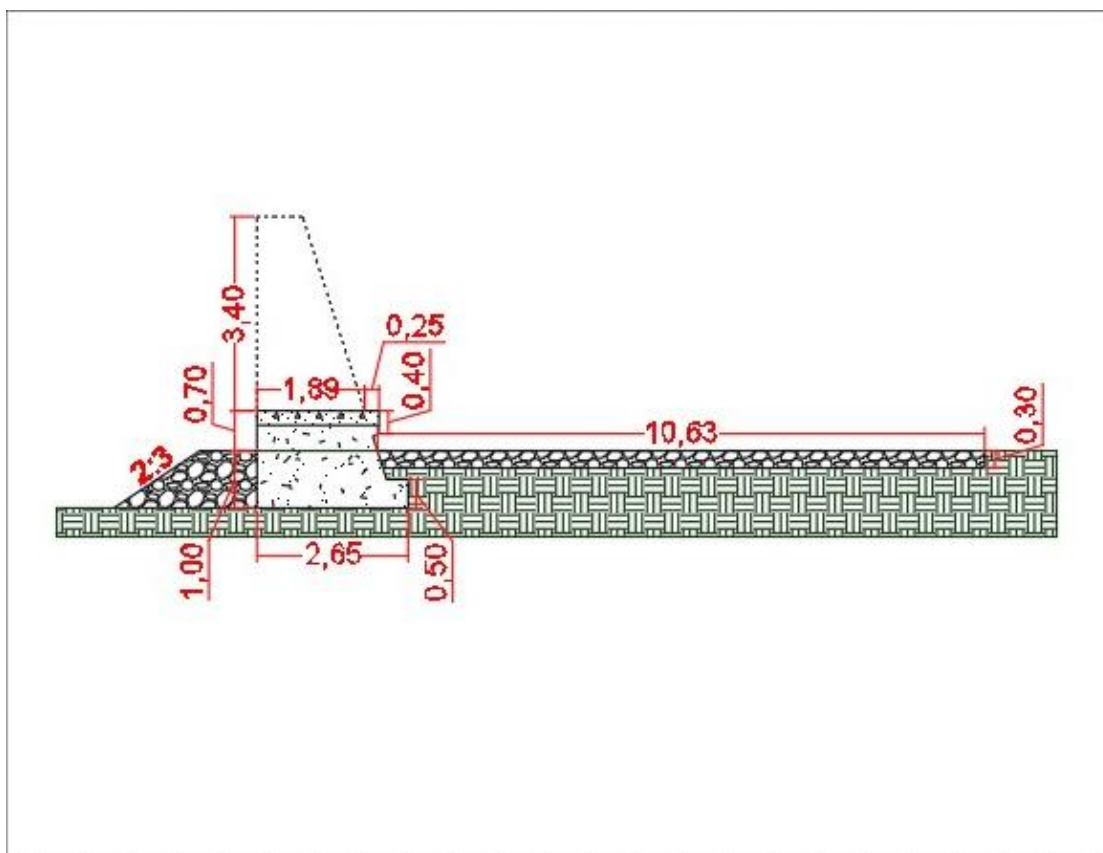
Περιγραφή	Τιμή
Ύψος φράγματος (m), $H_h$	0,70
Ειδική παροχή ( $m^2/s$ ), $q$	7,80
Διάμετρος λίθων (m), $d_{90}$	0,30
Συντελεστής $W_s$	0,78
Συντελεστής $W_e$	0,75
Στάθμη ύδατος (m), $H_{wu}$	2,10
Συντελεστής $a$	0,17
Κλίση αντιστάθμισης, $J_a$	0,03

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.38.

**Πίνακας 6.38:** Υποσκαφή τρίτου φράγματος από σκυρόδεμα

Περιγραφή	Τιμή
Βάθος υποσκαφής (m), $S_o$	4,693
Μήκος υποσκαφής (m), $L_s$	10,63
Υποσκαφή θεμελίου (m), $h_s$	2,593
Διάμετρος λίθων (m), $D_e$	0,694

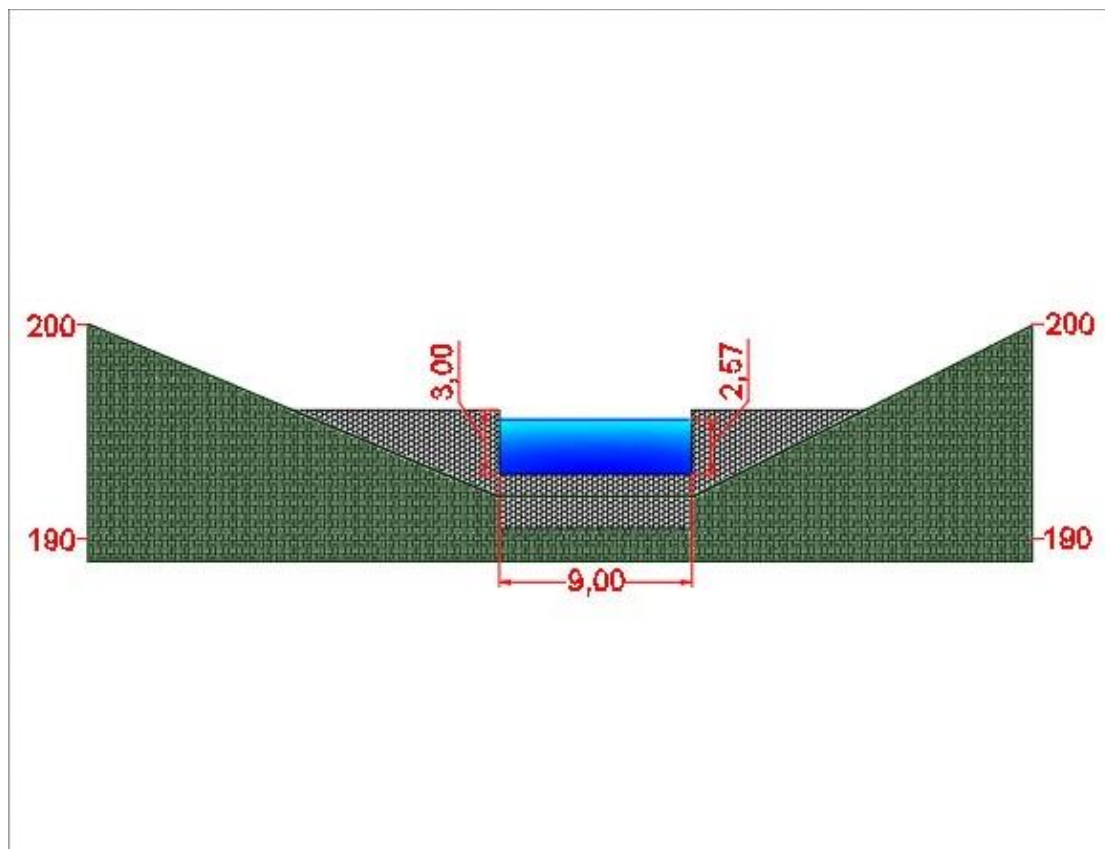
Με βάση το μέγιστο μήκος υποσκαφής σχεδιάστηκε η τομή του φράγματος από σκυρόδεμα (Εικόνα 6.30).



**Εικόνα 6.30:** Τομή τρίτου φράγματος από σκυρόδεμα

Στην ίδια θέση σχεδιάστηκε η πρόσοψη φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια (Εικόνα 6.31).





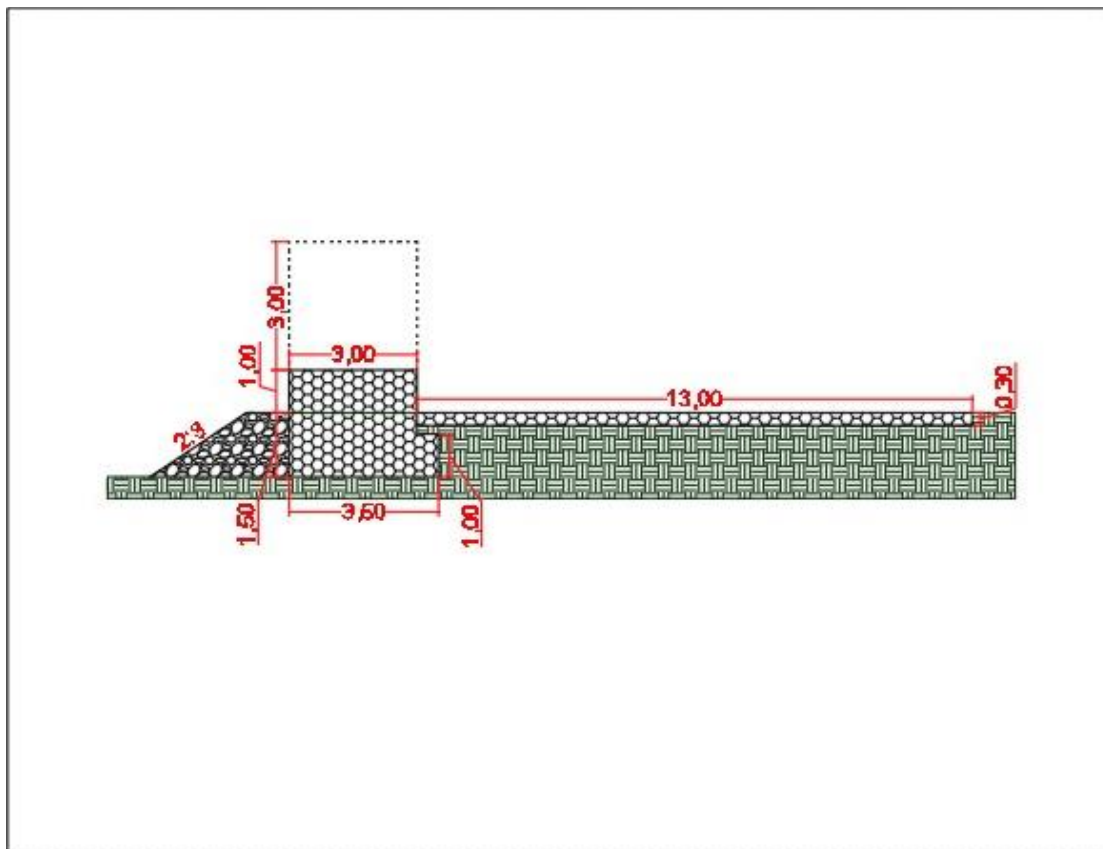
**Εικόνα 6.31:** Πρόσοψη τρίτου φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια

Επειδή το υπέργειο ύψος του φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια (1 m) είναι μεγαλύτερο από την εναλλακτική κατασκευή από σκυρόδεμα (0,7 m), η υποσκαφή κατάντη του φράγματος αλλάζει (Πίνακας 6.39).

**Πίνακας 6.39:** Υποσκαφή τρίτου φράγματος από συρματοκιβώτια

Περιγραφή	Τιμή
<b>Βάθος υποσκαφής (m), <math>S_o</math></b>	5,318
<b>Μήκος υποσκαφής (m), <math>L_s</math></b>	12,481
<b>Υποσκαφή θεμελίου (m), <math>h_s</math></b>	3,218
<b>Διάμετρος λίθων (m), <math>D_e</math></b>	0,694

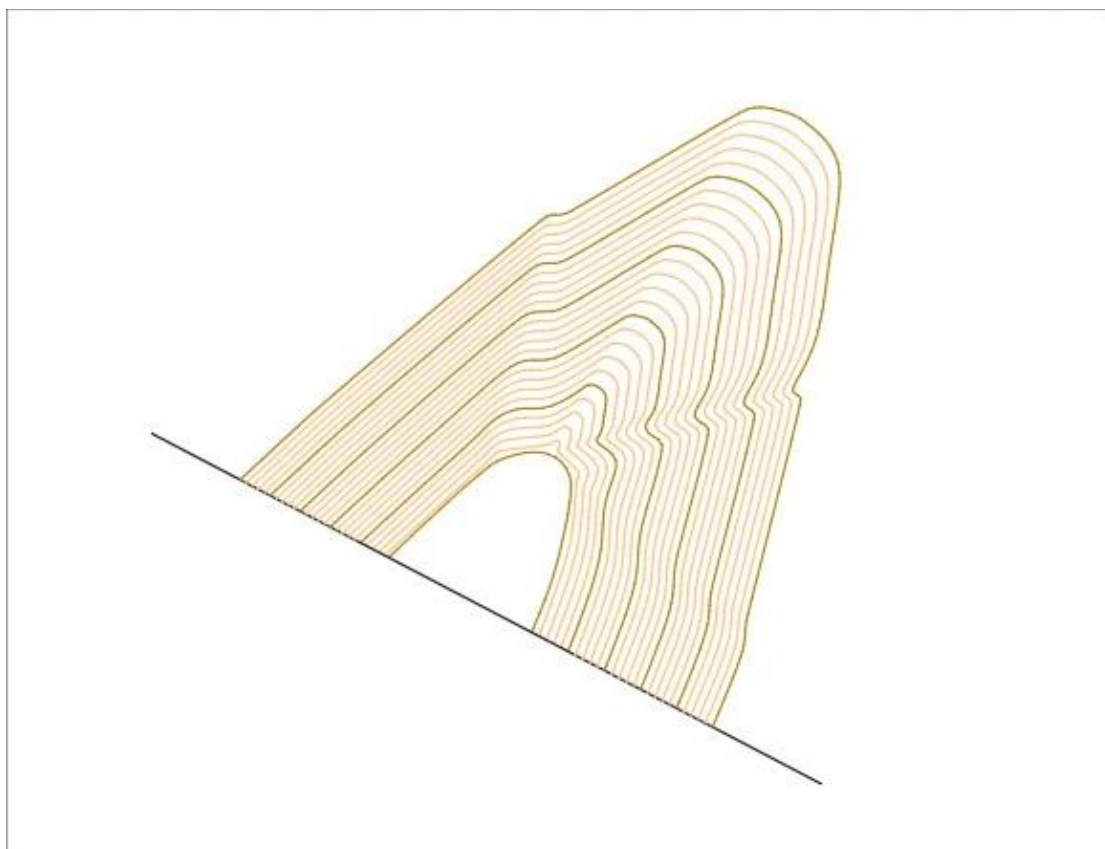
Στην εναλλακτική επιλογή σχεδιάστηκε η τομή του φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια, όπου κατάντη του φράγματος και επί της κοίτης τοποθετήθηκαν δύο στρωμένες μήκους τεσσάρων και μία στρωμένη πέντε μέτρων (Maccaferri, 2018), όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.32.



**Εικόνα 6.32:** Τομή τρίτου φράγματος από συρματόπλεχτα κιβώτια

### 6.3.6 Εκτίμηση παροχής κατάντη

Κατάντη του κόμβου J211 όπου σχεδιάστηκε το φράγμα δημιουργήθηκε στο HEC-HMS ένας μικρός ταμιευτήρας (reservoir) με δομή εκροής (outflow structures) και έναν υπερχειλιστή (spillway) δίνοντας ως μέθοδο αποθήκευσης (storage method) την καμπύλη στάθμης αποθήκευσης (elevation-storage) για τη λεκάνη κατάκλυσης ανάντη του φράγματος (Πίνακας 6.40). Μέσω του λογισμικού Civil 3D από το οποίο δημιουργήθηκε το δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων εξήχθησαν οι ισοϋψείς ανάντη του φράγματος ανά είκοσι εκατοστά (Εικόνα 6.33).



**Εικόνα 6.33:** Λεκάνη κατάκλισης τρίτου φράγματος

**Πίνακας 6.40:** Δεδομένα στάθμης-αποθήκευσης τρίτου φράγματος

Υψόμετρο (m)		Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Όγκος (m <sup>3</sup> )	Αθροιστικός όγκος (1000 m <sup>3</sup> )
<b>191,98</b>	<b>192,00</b>	64,45	0,43	0,000
<b>192,00</b>	<b>192,20</b>	72,67	13,70	0,014
<b>192,20</b>	<b>192,40</b>	84,57	15,71	0,030
<b>192,40</b>	<b>192,60</b>	97,65	18,21	0,048
<b>192,60</b>	<b>192,80</b>	111,81	20,93	0,069
<b>192,80</b>	<b>193,00</b>	127,00	23,86	0,093
<b>193,00</b>	<b>193,20</b>	143,35	27,02	0,120
<b>193,20</b>	<b>193,40</b>	160,91	30,41	0,150
<b>193,40</b>	<b>193,60</b>	179,62	34,04	0,184
<b>193,60</b>	<b>193,80</b>	199,47	37,89	0,222
<b>193,80</b>	<b>194,00</b>	220,46	41,98	0,264
<b>194,00</b>	<b>194,20</b>	242,61	46,29	0,310
<b>194,20</b>	<b>194,40</b>	265,91	50,83	0,361
<b>194,40</b>	<b>194,60</b>	290,35	55,61	0,417
<b>194,60</b>	<b>194,80</b>	315,90	60,61	0,478
<b>194,80</b>	<b>195,00</b>	342,59	65,83	0,543

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>195,00</b>	<b>195,20</b>	370,42	71,28	0,615
<b>195,20</b>	<b>195,40</b>	399,39	76,96	0,692
<b>195,40</b>	<b>195,60</b>	429,49	82,87	0,774
<b>195,60</b>	<b>195,80</b>	460,74	89,01	0,863
<b>195,80</b>	<b>196,00</b>	493,13	95,37	0,959
<b>196,00</b>	<b>196,20</b>	526,65	101,96	1,061
<b>196,20</b>	<b>196,40</b>	561,32	108,78	1,170
<b>196,40</b>	<b>196,60</b>	597,13	115,83	1,285
<b>196,60</b>	<b>196,80</b>	634,08	123,10	1,409
<b>196,80</b>	<b>197,00</b>	672,17	130,61	1,539

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος υπερχειλιστή ευρείας στέψης (broad-crested spillway), δίνοντας το υψόμετρο (elevation) που βρίσκεται η στέψη του φράγματος, το μήκος (length) του διάρρου και το συντελεστή (coefficient) με τον οποίο καθορίζονται οι απώλειες ενέργειας κατά την είσοδο, ροή και έξοδο από τον υπερχειλιστή, με βάση τις διαστάσεις του φράγματος από συρματοπλέχτα κιβώτια οι οποίες είναι μεγαλύτερες (Πίνακας 6.41).

**Πίνακας 6.41:** Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή τρίτου φράγματος

<b>Παράμετρος</b>	<b>Τιμή</b>
<b>Υψόμετρο (m)</b>	193,0
<b>Μήκος (m)</b>	9,0
<b>Συντελεστής (<math>m^{0,5}/s</math>)</b>	1,1

Έπειτα πραγματοποιήθηκε εκ νέου εκτέλεση του HEC-HMS όπου παρατηρήθηκε μικρή μείωση του όγκου και της παροχής κατόπιν του κόμβου J211, όπως φαίνεται και στην παροχή αιχμής στην έξοδο της λεκάνης απορροής, η οποία από 106,1  $m^3/s$  μειώθηκε στα 105,7  $m^3/s$  (Πίνακας 6.42).

**Πίνακας 6.42:** Εκτίμηση παροχών αιχμής λόγω τρίτου ταμιευτήρα

<b>Hydrologic Element</b>	<b>Drainage Area (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Peak Discharge (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Time of Peak</b>	<b>Volume (mm)</b>	<b>Volume (1000 m<sup>3</sup>)</b>
<b>J154</b>	5,3	15,8	01Μαΐ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J157</b>	7,6	93,8	01Μαΐ2020, 06:25	77,6	588,6
<b>J162</b>	1,3	2,8	01Μαΐ2020, 06:49	18,5	24,8
<b>J165</b>	6,4	75,8	01Μαΐ2020, 06:42	77,1	492,6
<b>J172</b>	0,5	1,7	01Μαΐ2020, 06:31	21,7	10,8



*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>J175</b>	3,0	9,1	01Μαϊ2020, 06:49	26,7	79,9
<b>J178</b>	0,5	1,2	01Μαϊ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J185</b>	1,5	3,5	01Μαϊ2020, 06:37	18,5	28,5
<b>J188</b>	5,0	72,4	01Μαϊ2020, 06:12	91,3	458,4
<b>J191</b>	0,5	0,8	01Μαϊ2020, 06:46	14,9	7,2
<b>J196</b>	0,8	21,6	01Μαϊ2020, 06:11	91,4	77,2
<b>J203</b>	0,5	1,1	01Μαϊ2020, 06:39	17,8	8,0
<b>J206</b>	0,6	14,3	01Μαϊ2020, 06:13	88,9	53,9
<b>J211</b>	3,6	61,3	01Μαϊ2020, 06:41	91,3	326,8
<b>J216</b>	2,9	57,1	01Μαϊ2020, 06:24	91,0	264,5
<b>J219</b>	2,7	54,4	01Μαϊ2020, 06:25	90,5	243,4
<b>J224</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J227</b>	2,2	49,3	01Μαϊ2020, 06:16	87,9	196,3
<b>J230</b>	0,4	9,4	01Μαϊ2020, 06:18	81,8	35,1
<b>J233</b>	0,7	18,0	01Μαϊ2020, 06:14	93,3	60,7
<b>J238</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J249</b>	0,5	1,2	01Μαϊ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J255</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J258</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J263</b>	7,6	93,8	01Μαϊ2020, 06:25	77,6	588,6
<b>J265</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J267</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J269</b>	12,9	104,4	01Μαϊ2020, 06:27	56,1	720,5



<b>J272</b>	12,9	104,4	01Μαΐ2020, 06:27	56,1	720,5
<b>Outlet1</b>	15,1	<b>105,7</b>	01Μαΐ2020, 06:40	52,8	798,8
<b>Reservoir-1</b>	2,2	49,3	01Μαΐ2020, 06:17	87,7	196,0
<b>Reservoir-2</b>	2,9	57,1	01Μαΐ2020, 06:25	90,9	264,4
<b>Reservoir-3</b>	3,6	61,3	01Μαΐ2020, 06:42	91,3	326,6

Για το χρόνο συγκέντρωσης « $t_c$ » κατά Kirpich μέσω της εξίσωσης [6.7] και το χρόνο υστέρησης μέσω της εξίσωσης [6.8] για την υπολεκάνη W790, στην οποία θα κατασκευαστεί το τρίτο φράγμα επιλέχθηκε το μήκος «L» και η κλίση «S» του ρέματος R240, όπως υπολογίστηκε από το HEC-GeoHMS.

$$t_c = 0,01947 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0,77} = 0,01947 \cdot \left(\frac{426,3}{\sqrt{0,1126}}\right)^{0,77} = 4,8 \text{ min}$$

$$t_{lag} = 0,6 \cdot t_c = 0,6 \cdot 4,8 = 2,9 \text{ min}$$

Θέτοντας στην κλίση του ρέματος, την εκτιμημένη κλίση αντιστάθμισης υπολογίστηκε ο χρόνος συγκέντρωσης κατά Kirpich μέσω της εξίσωσης [6.7] και ο χρόνος υστέρησης μέσω της εξίσωσης [6.8].

$$t_c = 0,01947 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{J_a}}\right)^{0,77} = 0,01947 \cdot \left(\frac{426,3}{\sqrt{0,03}}\right)^{0,77} = 8,1 \text{ min}$$

$$t_{lag,αντιστάθμισης} = 0,6 \cdot t_c = 0,6 \cdot 8,1 = 4,8 \text{ min}$$

Επειδή ο χρόνος υστέρησης της υπολεκάνης W790 υπολογίστηκε με τη μέθοδο της SCS μέσω του HEC-GeoHMS, ο τελικός χρόνος υστέρησης (lag) λόγω διόδευσης του ρέματος R240 προέκυψε με αναλογία μέσω της εξίσωσης [6.9].

$$t_{routing} = \frac{BasinLag}{t_{lag}} \cdot t_{lag,αντιστάθμισης} = \frac{4,7}{2,9} \cdot 4,8 = 7,9 \text{ min}$$

Μετά από αυτές τις αλλαγές παρατηρήθηκε μείωση της παροχής κατάντη του κόμβου J211, όπως φαίνεται και στην παροχή αιχμής στην έξοδο της λεκάνης απορροής, η οποία από 105,7 m<sup>3</sup>/s μειώθηκε στα 101,3 m<sup>3</sup>/s (Πίνακας 6.43).

**Πίνακας 6.43:** Εκτίμηση παροχών αιχμής κατάντη τρίτου φράγματος

Hydrologic Element	Drainage Area (km <sup>2</sup> )	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Time of Peak	Volume (mm)	Volume (1000 m <sup>3</sup> )
<b>J154</b>	5,3	15,8	01Μαΐ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J157</b>	7,6	89,1	01Μαΐ2020, 06:18	77,6	588,6
<b>J162</b>	1,3	2,8	01Μαΐ2020, 06:49	18,5	24,8
<b>J165</b>	6,4	73,5	01Μαΐ2020, 06:49	77,1	492,6
<b>J172</b>	0,5	1,7	01Μαΐ2020, 06:31	21,7	10,8
<b>J175</b>	3,0	9,1	01Μαΐ2020, 06:49	26,7	79,9
<b>J178</b>	0,5	1,2	01Μαΐ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J185</b>	1,5	3,5	01Μαΐ2020, 06:37	18,5	28,5
<b>J188</b>	5,0	<b>69,2</b>	01Μαΐ2020, 06:49	91,3	458,4
<b>J191</b>	0,5	0,8	01Μαΐ2020, 06:46	14,9	7,2
<b>J196</b>	0,8	21,6	01Μαΐ2020, 06:11	91,4	77,2
<b>J203</b>	0,5	1,1	01Μαΐ2020, 06:39	17,8	8,0
<b>J206</b>	0,6	14,3	01Μαΐ2020, 06:13	88,9	53,9
<b>J211</b>	3,6	61,3	01Μαΐ2020, 06:41	91,3	326,8
<b>J216</b>	2,9	57,1	01Μαΐ2020, 06:24	91,0	264,5
<b>J219</b>	2,7	54,4	01Μαΐ2020, 06:25	90,5	243,4
<b>J224</b>	1,1	22,2	01Μαΐ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J227</b>	2,2	49,3	01Μαΐ2020, 06:16	87,9	196,3
<b>J230</b>	0,4	9,4	01Μαΐ2020, 06:18	81,8	35,1
<b>J233</b>	0,7	18,0	01Μαΐ2020, 06:14	93,3	60,7

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>J238</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J249</b>	0,5	1,2	01Μαϊ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J255</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J258</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J263</b>	7,6	89,1	01Μαϊ2020, 06:18	77,6	588,6
<b>J265</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J267</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J269</b>	12,9	98,8	01Μαϊ2020, 06:48	56,1	720,5
<b>J272</b>	12,9	98,8	01Μαϊ2020, 06:48	56,1	720,5
<b>Outlet1</b>	15,1	<b>101,3</b>	01Μαϊ2020, 06:47	52,8	798,8
<b>Reservoir-1</b>	2,2	49,3	01Μαϊ2020, 06:17	87,7	196,0
<b>Reservoir-2</b>	2,9	57,1	01Μαϊ2020, 06:25	90,9	264,4
<b>Reservoir-3</b>	3,6	61,3	01Μαϊ2020, 06:42	91,3	326,6





## 6.4 Τέταρτο φράγμα

### 6.4.1 Επεξεργασία στο λογισμικό vbClisi

Η στερεοπαροχή υπολογίστηκε στη θέση συμβολής J188 με τιμή υδατοπαροχής  $Q = 69,2 \text{ m}^3/\text{s}$  (Πίνακας 6.43). Οι υπολεκάνες ανάντη του σημείου ελέγχου έχουν κλίση που βρίσκεται εντός του διαστήματος 26% έως 35% και άρα από πίνακα επιλέγεται η τιμή  $P_n = 30$ . Το τμήμα του ποταμού παρουσιάζει μικρή χειμαρρικήτητα και λαμβάνει την τιμή  $m = 0,7$ . Το ειδικό βάρος των μεταφερόμενων υλικών το οποίο εξαρτάται από την πετρολογική τους σύσταση είναι μεταξύ άμμων έως κροκάλες γρανιτών, δηλαδή  $Y_n = 2,05 \text{ t/m}^3$ . Με χρήση της εξίσωσης [6.1], υπολογίστηκε η μέγιστη στερεοπαροχή (Μάρης, 2012).

$$G = \frac{P_n \cdot m \cdot Q}{Y_n \cdot (100 - P_n)} = 10,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Συγκεντρωτικά, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.44.

**Πίνακας 6.44:** Στοιχεία κοίτης τέταρτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
Μέγιστη υδατοστερεοπαροχή ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), $Q_o$	79,3
Μέγιστη υδατοπαροχή ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), $Q_u$	69,2
Μέγιστη στερεοπαροχή ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), $Q_s$	10,1
Μέση κατά μήκος κλίση της κοίτης (%), $I_o$	12,0
Συντελεστής τραχύτητας Manning, $n$	0,045
Αρχικό πλάτος της κοίτης (m), $s_o$	12,0
Πλάτος της κοίτης μετά τη διευθέτηση (m), $s$	12,0
Κλίση πρανών μετά τη διευθέτηση, $m$	1,6
Μήκος ογκωδέστερων λίθων (m), $w_o$	0,6
Μήκος λίθων για την επιθυμητή κλίση (m), $w$	0,3
Χαρακτηριστική διάσταση λίθων (m), $b$	0,3
Αντιπροσωπευτική διάμετρος (m), $d_m$	0,1
Ειδικό βάρος εδαφικών κόκκων ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), $\gamma_s$	2.650
Ειδικό βάρος ύδατος ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), $\gamma_u$	999,973

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.45.

**Πίνακας 6.45:** Υδραυλικά στοιχεία κοίτης τέταρτου φράγματος

Περιγραφή	Μουλό- πουλου	Be- rnard	Vale- ntini	Ro- miti	Mul- ler	Κω- τούλα
Κλίση αντιστάθμισης ή ισορροπίας (%), $I$	2,73	2,89	2,57	27,29	0,88	2,93
Μέση ταχύτητα ροής (m/s), $v$	3,48	3,54	3,76	7,44	2,62	3,56

<b>Βάθος ροής (m), t</b>	1,57	1,55	1,31	0,80	1,78	1,54
<b>Εμβαδόν υγρής διατομής (m<sup>2</sup>), F</b>	22,81	22,39	18,39	10,66	26,43	22,29
<b>Βρεχόμενη περίμετρος (m), U</b>	17,93	17,84	16,93	15,03	18,72	17,81
<b>Υδραυλική ακτίνα (m), R</b>	1,27	1,26	1,09	0,71	1,41	1,25
<b>Παροχή ελέγχου (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>t</sub></b>	79,30	79,30	69,20	79,30	69,20	79,30
<b>Λόγος μέγιστης στερεοπαροχής προς την μέγιστη υδατοπαροχή (Q<sub>s</sub>/Q<sub>u</sub>), ξ</b>	0,146					
<b>Συντελεστής κειμαρρικότητας, K</b>	0,8059					

#### 6.4.2 Επεξεργασία στο λογισμικό Diarrus

Τα δεδομένα που εισήχθησαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.46.

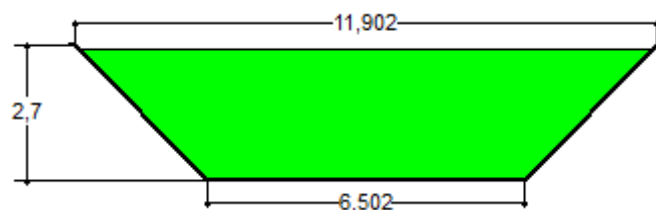
**Πίνακας 6.46:** Δεδομένα διάρρου τέταρτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Πλήθος πτερυγίων</b>	Δύο
<b>Είδος (μορφή) εκχειλιστή με βάση τη ροή</b>	Ελεύθερος
<b>Συντελεστής εκροής, m</b>	1,9
<b>Υδατοπαροχή (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>u</sub></b>	69,2
<b>Στερεοπαροχή (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>s</sub></b>	10,1
<b>Υδατοστερεοπαροχή (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>o</sub></b>	79,3
<b>Μέγιστο επιτρεπόμενο άνοιγμα με βάση τον τύπο διάρρου (m), b<sub>z</sub></b>	12,0

Τα αποτελέσματα με πρηνή διάρρου 45° παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.47 και στην Εικόνα 6.34.

**Πίνακας 6.47:** Χαρακτηριστικά τέταρτου τραπεζοειδούς διάρρου

Περιγραφή	Τιμή
<b>Άνοιγμα διάρρου στην κορυφή των πτερυγίων (m), b<sub>a</sub></b>	11,902
<b>Άνοιγμα διάρρου στη στάθμη του νερού (m), b<sub>w</sub></b>	11,8
<b>Άνοιγμα διάρρου στη βάση (m), b<sub>k</sub></b>	6,502
<b>Ύψος διάρρου μέχρι την κορυφή των πτερυγίων (m), H<sub>a</sub></b>	2,7
<b>Ύψος διάρρου μέχρι τη στάθμη του νερού (m), H<sub>w</sub></b>	2,649
<b>Μέγιστη αγωγιμότητα διάρρου (m<sup>3</sup>/s), Q</b>	82,121

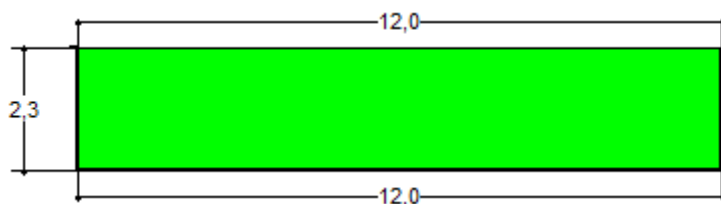


**Εικόνα 6.34:** Απεικόνιση τραπεζοειδούς διάρρου τέταρτου φράγματος

Τα αποτελέσματα όταν τα πρανή του διάρρου είναι κατακόρυφα παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.48 και στην Εικόνα 6.35.

**Πίνακας 6.48:** Χαρακτηριστικά τέταρτου ορθογωνικού διάρρου

Περιγραφή	Τιμή
Άνοιγμα διάρρου στην κορυφή των πτερυγίων (m), $b_a$	12,0
Άνοιγμα διάρρου στη στάθμη του νερού (m), $b_w$	12,0
Άνοιγμα διάρρου στη βάση (m), $b_k$	12,0
Ύψος διάρρου μέχρι την κορυφή των πτερυγίων (m), $H_a$	2,3
Ύψος διάρρου μέχρι τη στάθμη του νερού (m), $H_w$	2,296
Μέγιστη αγωγιμότητα διάρρου ( $m^3/s$ ), $Q$	79,529



**Εικόνα 6.35:** Απεικόνιση ορθογωνικού διάρρου τέταρτου φράγματος

### 6.4.3 Επεξεργασία στο λογισμικό Torrential-MIK

Υπολογίστηκε το κρίσιμο ύψος νερού για ισοδύναμη τραπεζοειδή διατομή, δίνοντας δεδομένα ώστε το εμβαδόν του τραπεζίου που θα προκύψει να είναι ίσο με το εμβαδόν της ορθογωνικής διατομής (Πίνακας 6.49).

**Πίνακας 6.49:** Στοιχεία διατομής τέταρτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
Πλάτος κοίτης (m), $s$	12,0
Συνολική παροχή ( $m^3/s$ ), $Q_o$	79,3
Κλίση δεξιού πρανούς	0,6
Κλίση αριστερού πρανούς	0,6
Ύψος τραπεζίου (m), $< h_{kp}$	1,4

Από την ισότητα των εμβαδών προέκυψε η μέγιστη στάθμη νερού για τραπεζοειδή διατομή (Πίνακας 6.50).

**Πίνακας 6.50:** Υδραυλικά στοιχεία διατομής τέταρτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Κρίσιμο βάθος ορθογωνικής διατομής (m), H</b>	2,468
<b>Κρίσιμο ύψος ορθογωνικής διατομής (m), h<sub>κρ</sub></b>	1,645
<b>Εμβαδόν ορθογωνικής διατομής (m<sup>2</sup>)</b>	19,74
<b>Εμβαδόν τραπεζοειδούς διατομής (m<sup>2</sup>)</b>	20,067
<b>Κρίσιμο βάθος τραπεζοειδούς διατομής (m), H</b>	2,1

#### 6.4.4 Επεξεργασία στο λογισμικό FrgBarus

Το υπέργειο ύψος του φράγματος «H<sub>h</sub>» μπορεί να εκτιμηθεί μέσω της απόστασης «L» του φράγματος μέχρι το σημείο των πρανών όπου θα φτάσει η πρόσκωση, της μέσης κλίσης της κοίτης «J<sub>φ</sub>», της κλίσης αντιστάθμισης «J<sub>α</sub>» και την απαιτούμενη ανύψωση της κοίτης «h» μέσω της εξίσωσης [6.3] (Καπετανόπουλος, 2003). Η κλίση αντιστάθμισης υπολογίστηκε ως ο μέσος όρος των μεθόδων Μουλόπουλου, Bernard και Κωτούλα, στις οποίες χρησιμοποιείται η μέγιστη υδατοστερεοπαροχή (Πίνακας 6.45) και με τη βοήθεια του δημιουργημένου ψηφιακού μοντέλου εδάφους υπολογίστηκε η μέση κλίση του ρέματος στη θέση του φράγματος. Στην εναλλακτική επιλογή των συρματόπλεχτων κιβωτίων, το υπέργειο ύψος στρογγυλοποιήθηκε προς τα πάνω για κατασκευαστικούς λόγους (Maccaferri, 2018).

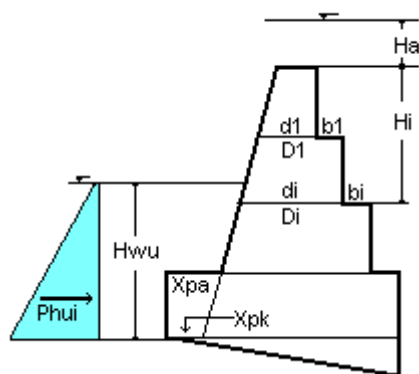
$$H_h = L \cdot (J_\phi - J_a) + h = 6 \cdot (0,115 - 0,03) + 0,25 = 0,77 \text{ m} \Rightarrow 0,8 \text{ m} \rightsquigarrow 1 \text{ m}$$

Επειδή το υπέργειο ύψος «H<sub>h</sub>» του φράγματος είναι μικρότερο των δύο μέτρων επιλέχθηκε ότι η κλίση του εξωτερικού μετώπου του φράγματος «C<sub>m</sub>» είναι 32% στην περίπτωση κατασκευής από σκυρόδεμα και κατακόρυφο στην περίπτωση κατασκευής από συρματόπλεχτα κιβώτια. Η εκτίμηση του πάχους στέψης «D<sub>ο</sub>» έγινε λαμβάνοντας υπόψη το ύψος του διάρρου μέχρι την κορυφή των πτερυγίων «H<sub>a</sub>» μέσω της εξίσωσης [6.4] (Καπετανόπουλος, 2003), όπου στη δεύτερη περίπτωση των συρματόπλεχτων κιβωτίων έγινε επαύξηση για λόγους γεωμετρίας και ευστάθειας (Maccaferri, 2018).

$$D_o = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{C_m \cdot H_a}{100} \\ 0,4 \cdot (H_a - 1) \end{array} \right] = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{32 \cdot 2,7}{100} \\ 0,4 \cdot (2,7 - 1) \end{array} \right] = \max \left( \begin{array}{l} 1,664 \\ 0,68 \end{array} \right) = 1,664 \text{ m}$$

$$D_o = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{C_m \cdot H_a}{100} \\ 0,4 \cdot (H_a - 1) \end{array} \right] = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{0 \cdot 2,5}{100} \\ 0,4 \cdot (2,5 - 1) \end{array} \right] = \max \left( \begin{array}{l} 0,8 \\ 0,6 \end{array} \right) = 0,8 \text{ m} \Rightarrow 2 \text{ m}$$

Στην περίπτωση κατασκευής φράγματος από σκυρόδεμα κατάντη του κόμβου J188 τα δεδομένα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.



**Εικόνα 6.36:** Οριζόντια πίεση ύδατος κατάντη ελεύθερου εκχειλιστή (Καπειτανόπουλος, 2003)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Χείμαρρος	Αχερώνας
Τύπος έργου	Φράγμα
Κωδικός έργου	J188
Υλικό δομής έργου	Σκυρόδεμα
Έδαφος θεμελίωσης	Αργιλώδης άμμος
Δυνάμεις στο κατάντες μέτωπο	Λαμβάνονται υπόψη ( $P_{vu}>0$ , $P_{hu}>0$ )
Υποπίεση (άνωση)	Λαμβάνεται υπόψη ( $P_a>0$ )
Πάχος νερού στα κατάντη, $H_{wu}$	2,100
Συντελεστής άνωσης, $gPa$	0,250

2. ΦΟΡΤΙΣΗ-ΤΑΣΕΙΣ-ΑΣΦΑΛΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Θα δεχθεί το έργο χειμαρρολάβα;	Ναι
Θα κατασκευαστεί τεχνητή πρόσκωση;	Ναι
Υψομετρική διαφορά στέψης φράγματος και πρόσκωσης, $H_{tp}$	0,800
Κατανομή ώθησης γαιών	Τραπεζοειδής
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό της πίεσης στα ανάντη, $gP_{ho}$	0,800
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό του βάρους του φράγματος, $gP_g$	2,500
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό της δύναμης στη στέψη, $gP_k$	1,900
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό της φόρτισης στις βαθμίδες, $gP_{vo}$	2,000
Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ανατροπής, $nK_{zu}$	1,300
Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ολίσθησης, $nG_{zu}$	1,300
Επιτρεπόμενη τάση, [ $t/m^2$ ], στο σώμα του έργου	400,000
Συντελεστής ολίσθησης, στο σώμα του έργου	1,050

Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
 Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b>Επιτρεπόμενη τάση, [t/m<sup>2</sup>], στο έδαφος</b>	25,000
<b>Συντελεστής ολίσθησης, στο έδαφος</b>	0,600

3. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
<b>Υπέργειο ύψος φράγματος, Hh</b>	0,800
<b>Ύψος πτερυγίου (διάρρου), Ha</b>	2,700
<b>Αρχικό πάχος φράγματος στη στέψη, Do</b>	1,664
<b>Βάθος θεμελίωσης, Hf</b>	1,000
<b>Κλίση εξωτερικού μετώπου, [%], Cm</b>	32,000
<b>Λόγος, πλάτος βαθμίδας προς ύψος, m</b>	0,650
<b>Αριθμός αρμών, s</b>	2,000
<b>Αρχική κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Ύψος ποδιάς, Hp</b>	0,500
<b>Προεξοχή ποδιάς, Xpk</b>	0,140
<b>Θα κατασκευαστεί γείσος</b>	Ναι
<b>Πάχος προστατευτικής στρώσης λιθοδομής, He</b>	0,250
<b>Μήκος γείσου, Xg</b>	0,270
<b>Πάχος γείσου στην πάκτωση (ανάντη), Hgo</b>	0,451
<b>Πάχος γείσου στο άκρο (κατάντη), Hgu</b>	0,400

4. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΜΩΝ-ΒΑΘΜΙΔΩΝ, Μονάδες: Μήκους [m]

Αρμός i	Βάθος Hi	Πλάτος bi	Αρμός i	Βάθος Hi	Πλάτος bi
1	1,300		2	1,800	

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m], Εμβαδού [m<sup>2</sup>]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
<b>Πάχος φράγματος στην κορυφή του διάρρου (σε ύψος Ha από τη στέψη)</b>	0,800
<b>Πάχος φράγματος στη στάθμη της στέψης (χωρίς το γείσο), Do</b>	1,664
<b>Πάχος φράγματος στη βάση, Ds</b>	2,380
<b>Κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Πρόσθετο βάθος θεμελίωσης ανάντη, Hfp</b>	0,000
<b>Συνολικό (με το γείσο) εμβαδόν διατομής, μέχρι τη στέψη</b>	3,710
<b>Εμβαδόν διατομής του γείσου</b>	0,086

2. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ, Μονάδες: Μήκους [m], Τάσεων [t/m<sup>2</sup>]

i	Πλ.Βαθι	xRi	minDi	maxDi	σοιι	σοι	σομι	nGi	nKi
1	0,000	0,955	2,080	2,380	9,711	5,886	9,711	4,020	7,091
2	0,000	1,126	2,380	2,380	8,840	6,376	8,840	2,722	3,624

ΣΥΜΒΟΛΑ	ΣΗΜΑΣΙΑ
<b>πλ.Βαθι.</b>	Το πλάτος της βαθμίδας στο επίπεδο του αρμού (i)



Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b>minDi, maxDi</b>	Το ελάχιστο και μέγιστο πάχος του έργου στον αρμό (i)
<b>xRi</b>	Απόσταση τομής του (i) και της R, από την κατάντη ακμή
<b>σui, σοi, σμι</b>	Ορθή τάση στις ακμές (u, v) του αρμού (i) και μέγιστη
<b>nGi, nKi</b>	Συντελεστής ολίσθησης και ανατροπής στον αρμό (i)

3.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ, Μονάδες: Δυνάμεων [t], Ροπών [t·m]

Δύναμη/Ροπή	αρμός 1	αρμός 2
<b>Pk</b>	9,921	9,921
<b>Mpk</b>	11,043	14,019
<b>Pg</b>	6,084	9,059
<b>Mpg</b>	6,937	12,302
<b>Pgs</b>	0,215	0,215
<b>Mpgs</b>	0,054	0,119
<b>Pvo</b>	0,000	0,000
<b>Mpvo</b>	0,000	0,000
<b>Pho</b>	4,237	6,152
<b>Mpho</b>	2,543	5,148
<b>Pa</b>	0,000	1,964
<b>Mpa</b>	0,000	2,620
<b>Pvu</b>	0,000	0,875
<b>Mpvu</b>	0,000	0,254
<b>Phu</b>	0,000	2,160
<b>Mphu</b>	0,000	1,458
<b>Rk</b>	16,220	18,107
<b>MRk</b>	15,490	20,384
<b>Rp</b>	4,237	3,992

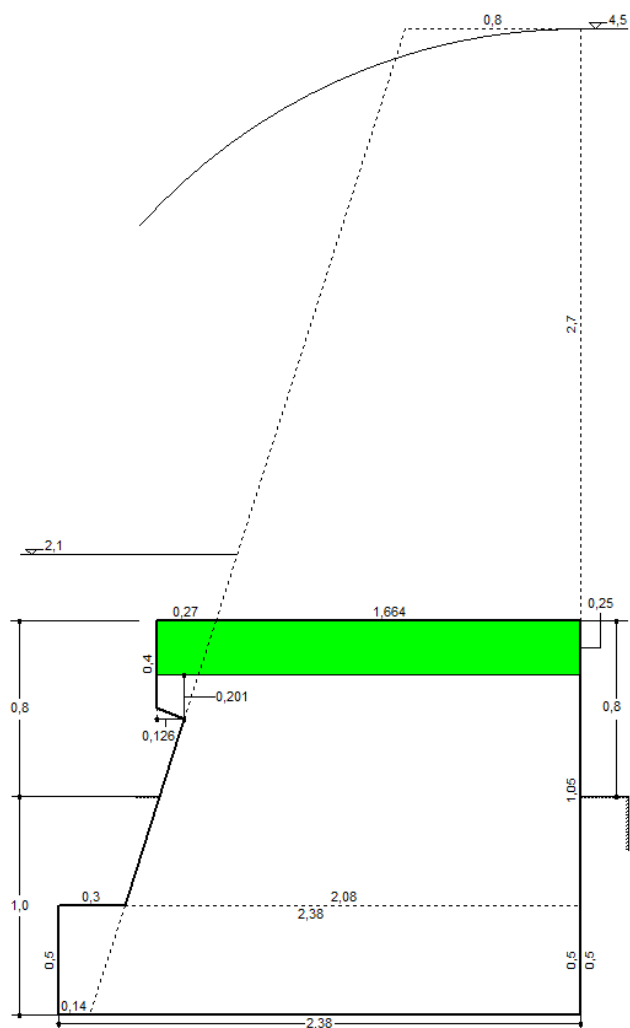
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Οι ροπές λαμβάνονται ως προς την κατάντη ακμή του αρμού (i)
2. Rk είναι η κάθετη στον αρμό (i) συνιστώσα της R ( $xR=MRk/Rk$ )
3. Rp είναι η παράλληλη (εφαπτόμενη) στον αρμό (i) συνιστώσα της R

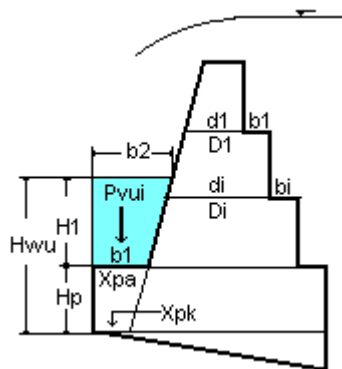


Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
 Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ: Αχερώνας  
 ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΡΓΟΥ: J188



Στην περίπτωση κατασκευής φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια κατάντη του κόμβου J188 τα δεδομένα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.



**Εικόνα 6.37:** Κατακόρυφη πίεση ύδατος κατάντη ελεύθερου εκχειλιστή (Καπετανόπουλος, 2003)



Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Χείμαρρος	Αχερώνας
Τύπος έργου	Φράγμα
Κωδικός έργου	J188
Υλικό δομής έργου	Συρματόπλεκτα κιβώτια
Έδαφος θεμελίωσης	Αργιλώδης άμμος
Δυνάμεις στο κάταντες μέτωπο	Λαμβάνονται υπόψη ( $P_{vu}>0$ , $P_{hu}>0$ )
Υποπίεση (άνωση)	Λαμβάνεται υπόψη ( $P_a>0$ )
Πάχος νερού στα κατάντη, $H_{wu}$	2,100
Συντελεστής άνωσης, $gPa$	0,250

2. ΦΟΡΤΙΣΗ-ΤΑΣΕΙΣ-ΑΣΦΑΛΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Θα δεχθεί το έργο χείμαρρολάβα;	Ναι
Θα κατασκευαστεί τεχνητή πρόσκωση;	Ναι
Υψομετρική διαφορά στέψης φράγματος και πρόσκωσης, $H_{tp}$	1,000
Κατανομή ώθησης γαιών	Τραπεζοειδής
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό της πίεσης στα ανάντη, $gPho$	0,800
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό του βάρους του φράγματος, $gPg$	1,750
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό της δύναμης στη στέψη, $gPk$	1,900
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό της φόρτισης στις βαθμίδες, $gPvo$	2,000
Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ανατροπής, $nKzu$	1,300
Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ολίσθησης, $nGzu$	1,300
Επιτρεπόμενη τάση, [ $t/m^2$ ], στο σώμα του έργου	40,000
Συντελεστής ολίσθησης, στο σώμα του έργου	0,800
Επιτρεπόμενη τάση, [ $t/m^2$ ], στο έδαφος	25,000
Συντελεστής ολίσθησης, στο έδαφος	0,600

3. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Υπέργειο ύψος φράγματος, $Hh$	1,000
Ύψος πτερυγίου (διάρρου), $Ha$	2,500
Αρχικό πάχος φράγματος στη στέψη, $Do$	2,000
Βάθος θεμελίωσης, $Hf$	1,500
Κλίση εξωτερικού μετώπου, [%], $Ct$	0,000
Λόγος, πλάτος βαθμίδας προς ύψος, $m$	0,500
Αριθμός αρμών, $s$	2,000
Αρχική κλίση βάσης φράγματος, [%], $Cb$	0,000
Ύψος ποδιάς, $Hp$	1,000



Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b>Προεξοχή ποδιάς, Χρκ</b>	0,500
<b>Θα κατασκευαστεί γείσος</b>	Όχι

4.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΜΩΝ-ΒΑΘΜΙΔΩΝ, Μονάδες: Μήκους [m]

Αρμός i	Βάθος Hi	Πλάτος bi	Αρμός i	Βάθος Hi	Πλάτος bi
<b>1</b>	1,500		<b>2</b>	2,500	

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1.ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m], Εμβαδού [m<sup>2</sup>]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
<b>Πάχος φράγματος στην κορυφή του διάρρου (σε ύψος Ha από τη στέψη)</b>	2,000
<b>Πάχος φράγματος στη στάθμη της στέψης (χωρίς το γείσο), Do</b>	2,000
<b>Πάχος φράγματος στη βάση, Ds</b>	2,500
<b>Κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Πρόσθετο βάθος θεμελίωσης ανάντη, Hfp</b>	0,000
<b>Συνολικό εμβαδόν διατομής, μέχρι τη στέψη</b>	5,500

2.ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ, Μονάδες: Μήκους [m], Τάσεων [t/m<sup>2</sup>]

i	Πλ.Βαθι	xRi	minDi	maxDi	σσυι	σσοι	σσυι	nGi	nKi
<b>1</b>	0,000	0,767	2,000	2,500	12,533	2,217	12,533	2,329	4,289
<b>2</b>	0,000	0,885	2,500	2,500	13,091	0,874	13,091	1,462	2,119

ΣΥΜΒΟΛΑ	ΣΗΜΑΣΙΑ
<b>πλ.Βαθι.</b>	Το πλάτος της βαθμίδας στο επίπεδο του αρμού (i)
<b>minDi, maxDi</b>	Το ελάχιστο και μέγιστο πάχος του έργου στον αρμό (i)
<b>xRi</b>	Απόσταση τομής του (i) και της R, από την κατάντη ακμή
<b>σσυι, σσοι, σσυι</b>	Ορθή τάση στις ακμές (u, v) του αρμού (i) και μέγιστη
<b>nGi, nKi</b>	Συντελεστής ολισθησης και ανατροπής στον αρμό (i)

3.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ, Μονάδες: Δυνάμεων [t], Ροπών [t·m]

Δύναμη/Ροπή	αρμός 1	αρμός 2
<b>Pk</b>	9,500	9,500
<b>Mpk</b>	9,500	14,250
<b>Pg</b>	5,250	9,625
<b>Mpg</b>	5,250	13,344
<b>Pgs</b>	0,000	0,000
<b>Mpgs</b>	0,000	0,000
<b>Pvo</b>	0,000	0,000
<b>Mpvo</b>	0,000	0,000
<b>Pho</b>	5,067	9,367
<b>Mpho</b>	3,439	10,667
<b>Pa</b>	0,000	2,219
<b>Mpa</b>	0,000	3,151



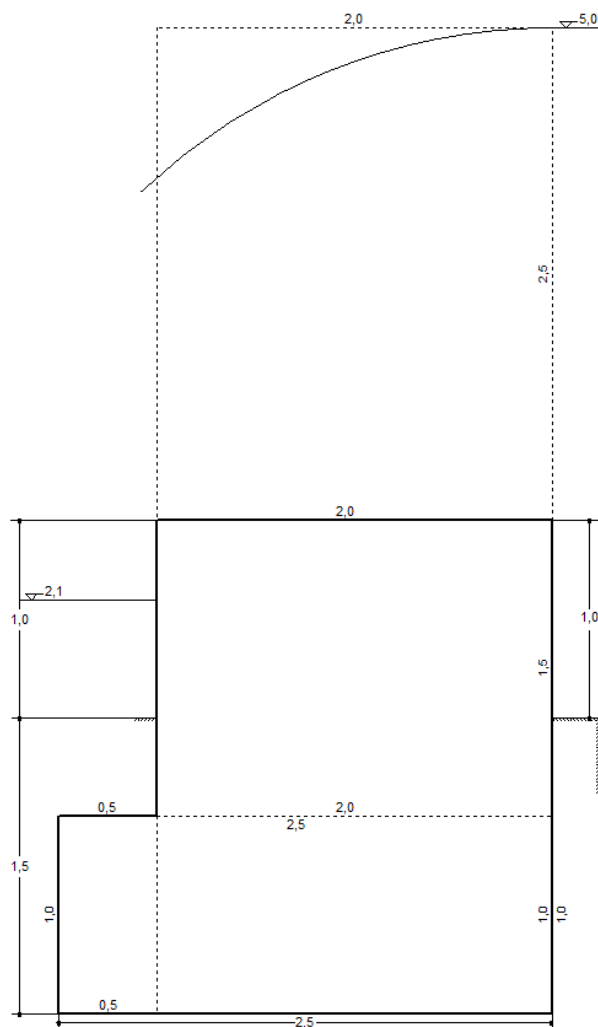
Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b><math>P_{vu}</math></b>	0,000	0,550
<b><math>M_{pvu}</math></b>	0,000	0,138
<b><math>P_{hu}</math></b>	0,000	2,205
<b><math>M_{phu}</math></b>	0,000	1,544
<b><math>R_k</math></b>	14,750	17,456
<b><math>MR_k</math></b>	11,311	15,457
<b><math>R_p</math></b>	5,067	7,162

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

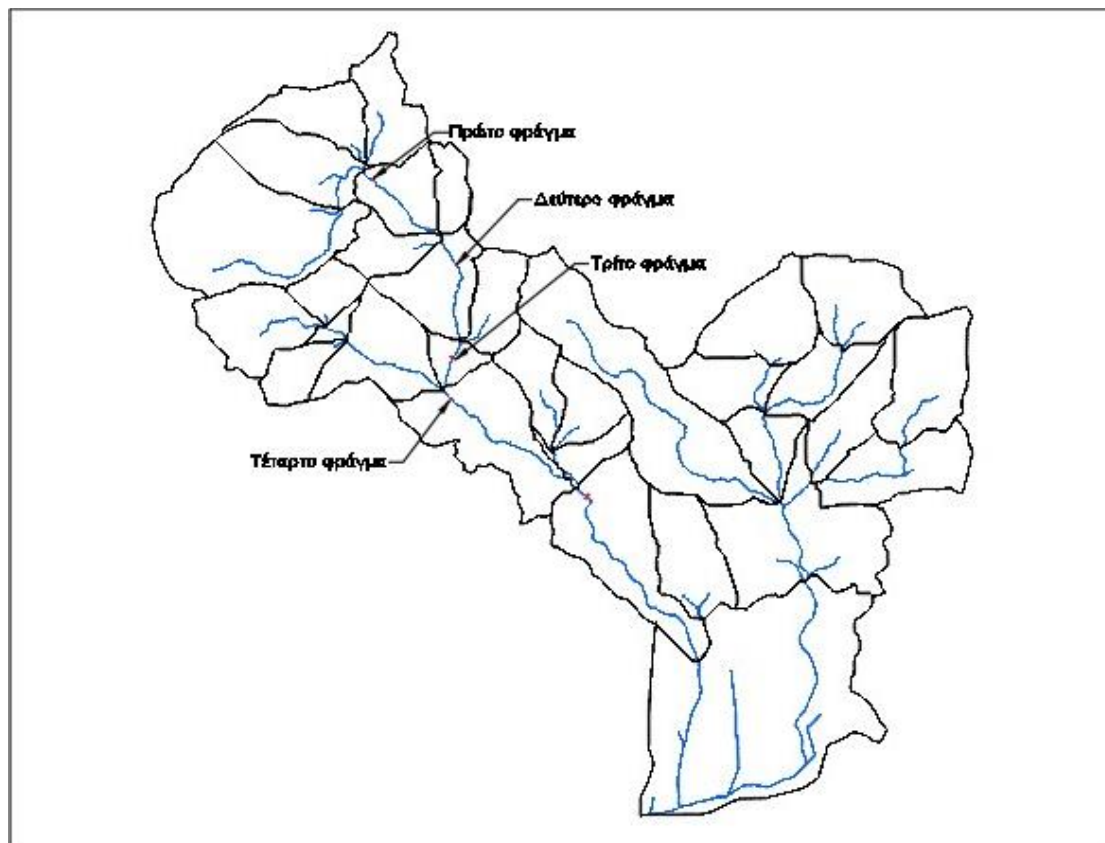
1. Οι ροπές λαμβάνονται ως προς την κατάντη ακμή του αρμού (i)
2.  $R_k$  είναι η κάθετη στον αρμό (i) συνιστώσα της  $R$  ( $xR=MR_k/R_k$ )
3.  $R_p$  είναι η παράλληλη (εφαπτόμενη) στον αρμό (i) συνιστώσα της  $R$

ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ: Αχερώνας  
ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΡΓΟΥ: J188



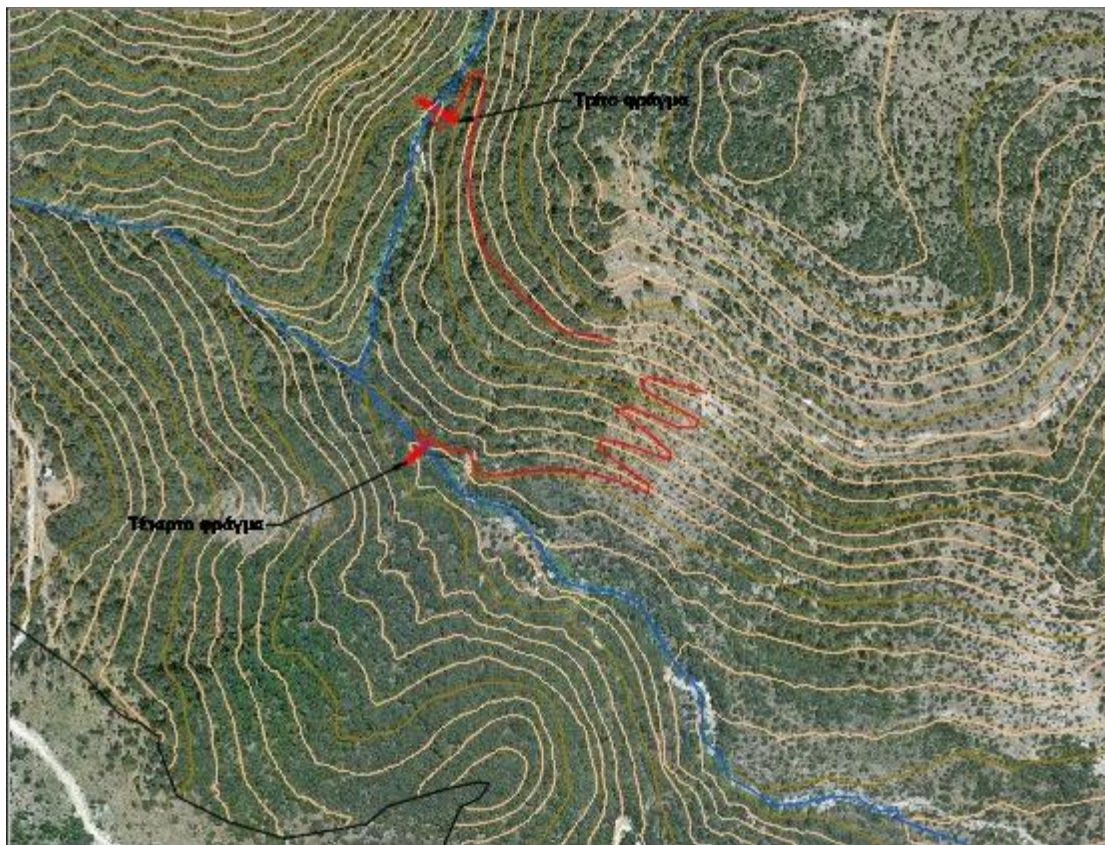
#### 6.4.5 Σχεδιασμός τέταρτου φράγματος

Η θέση του φράγματος εντός της λεκάνης απορροής παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.38.



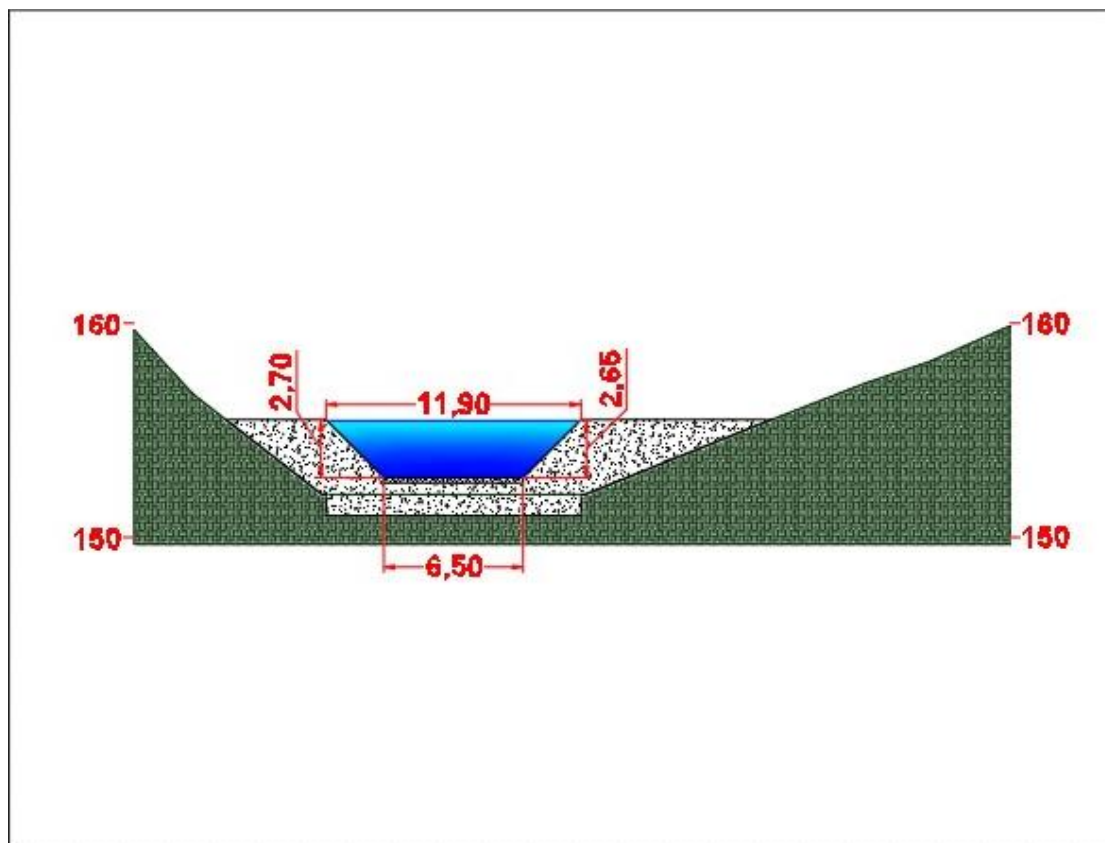
**Εικόνα 6.38:** Προτεινόμενη θέση κατασκευής τέταρτου φράγματος

Εστιάζοντας στην περιοχή παρατηρείται ότι υπάρχουν αγροτικοί χωματόδρομοι ανατολικά του έργου, από τους οποίους μπορούν να μεταφερθούν τα υλικά κατασκευής. Επιπλέον, για να προσεγγισθεί η θέση του έργου, θα απαιτηθεί διάνοιξη 750 m περίπου από ανατολικά (Εικόνα 6.39).



**Εικόνα 6.39:** Προτεινόμενη πρόσβαση για το τέταρτο φράγμα

Στην περίπτωση φράγματος από σκυρόδεμα, σχεδιάστηκε η πρόσοψη σύμφωνα με τη διαστασιολόγηση που προηγήθηκε (Εικόνα 6.40).



**Εικόνα 6.40:** Πρόσοψη τέταρτου φράγματος από σκυρόδεμα

Ο υπολογισμός της υποσκαφής κατόπιν του φράγματος πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού Torrential-MIK. Θεωρώντας ότι το φράγμα λειτουργεί ως ελεύθερος εκχειλιστής για την επιλογή των κατάλληλων συντελεστών ( $W_s$  και  $W_e$ ) και ότι η ειδική παροχή είναι ο λόγος της υδατοστερεοπαροχής προς το πλάτος της κοίτης, τα δεδομένα που απαιτήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.51.

**Πίνακας 6.51:** Χαρακτηριστικά τέταρτου φράγματος από σκυρόδεμα

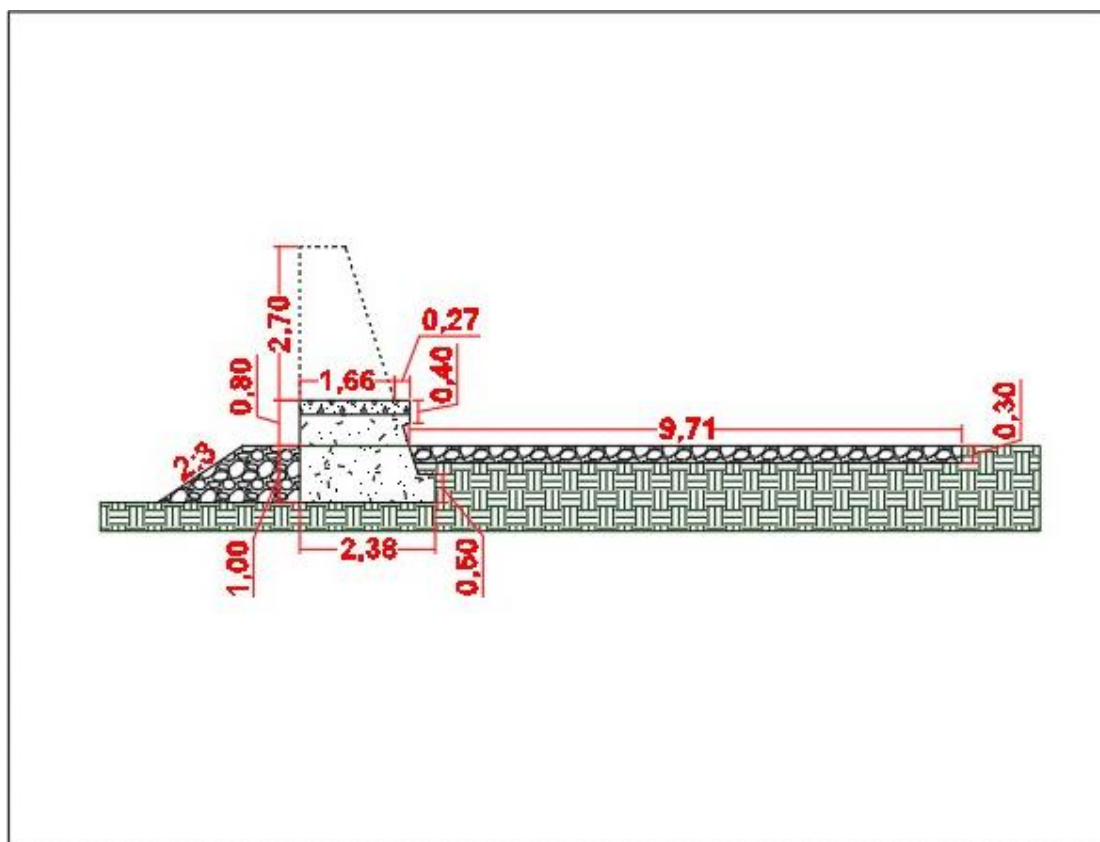
Περιγραφή	Τιμή
Ύψος φράγματος (m), $H_h$	0,80
Ειδική παροχή ( $m^2/s$ ), $q$	6,60
Διάμετρος λίθων (m), $d_{90}$	0,30
Συντελεστής $W_s$	0,78
Συντελεστής $W_e$	0,75
Στάθμη ύδατος (m), $H_{wu}$	2,10
Συντελεστής $a$	0,17
Κλίση αντιστάθμισης, $J_a$	0,03

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.52.

**Πίνακας 6.52:** Υποσκαφή τέταρτου φράγματος από σκυρόδεμα

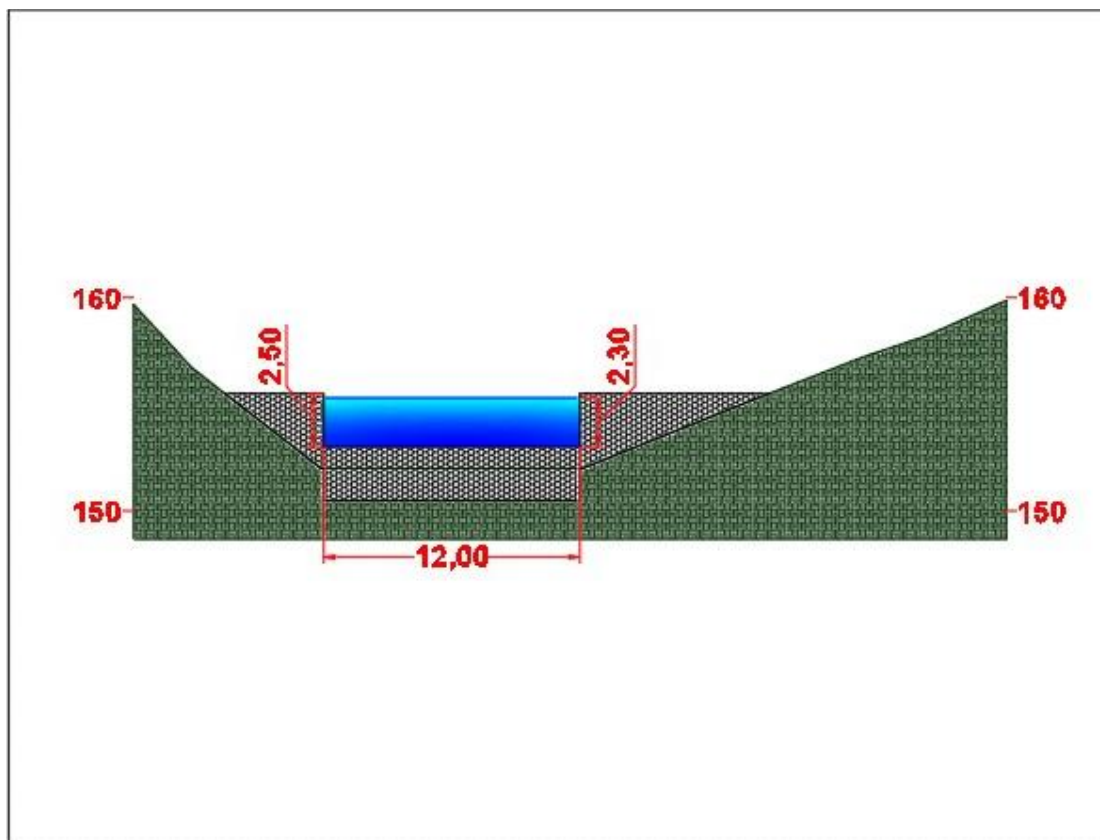
Περιγραφή	Τιμή
Βάθος υποσκαφής (m), $S_o$	4,375
Μήκος υποσκαφής (m), $L_s$	9,713
Υποσκαφή θεμελίου (m), $h_s$	2,275
Διάμετρος λίθων (m), $D_e$	0,621

Με βάση το μέγιστο μήκος υποσκαφής σχεδιάστηκε η τομή του φράγματος από σκυρόδεμα (Εικόνα 6.41).



**Εικόνα 6.41:** Τομή τέταρτου φράγματος από σκυρόδεμα

Στην ίδια θέση σχεδιάστηκε η πρόσοψη φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια (Εικόνα 6.42).



**Εικόνα 6.42:** Πρόσοψη τέταρτου φράγματος από συρματοπλεχτα κιβώτια

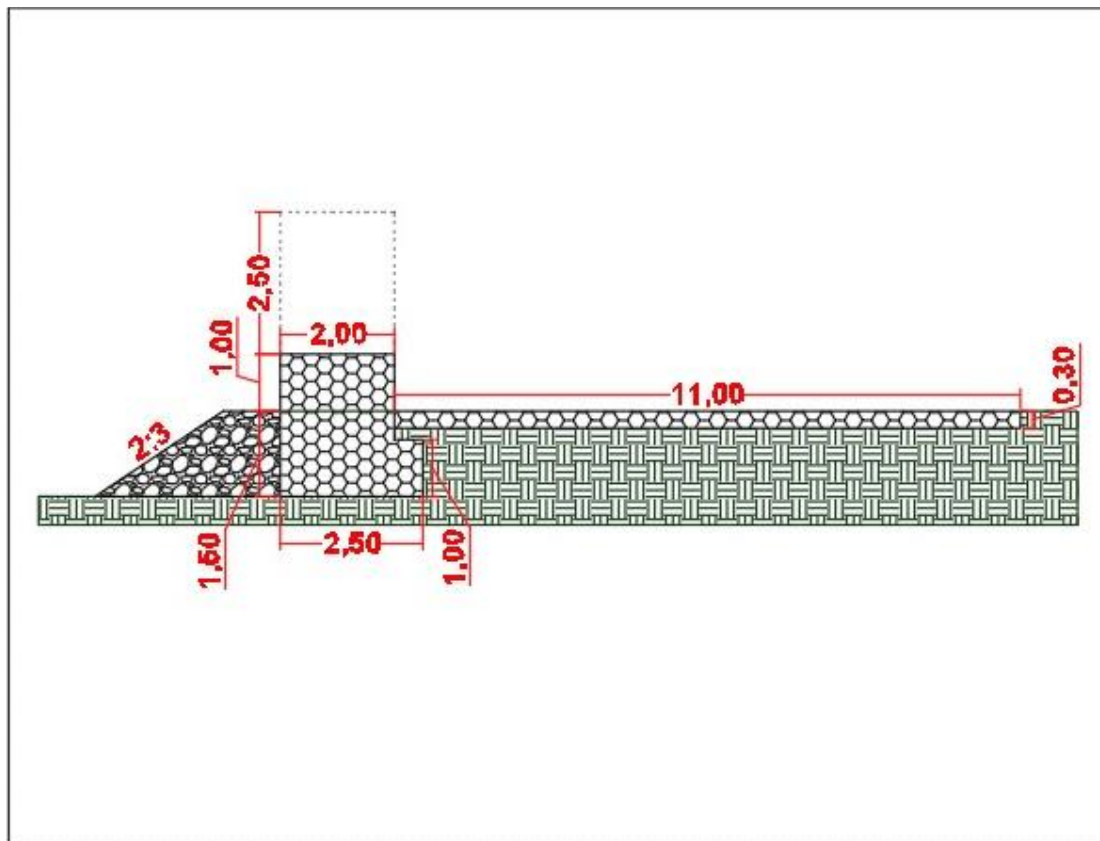
Επειδή το υπέργειο ύψος του φράγματος από συρματοπλεχτα κιβώτια (1 m) είναι μεγαλύτερο από την εναλλακτική κατασκευή από σκυρόδεμα (0,8 m), η υποσκαφή κατάντη του φράγματος αλλάζει (Πίνακας 6.53).

**Πίνακας 6.53:** Υποσκαφή τέταρτου φράγματος από συρματοκιβώτια

Περιγραφή	Τιμή
Βάθος υποσκαφής (m), $S_o$	4,731
Μήκος υποσκαφής (m), $L_s$	10,739
Υποσκαφή θεμελίου (m), $h_s$	2,631
Διάμετρος λίθων (m), $D_e$	0,621

Στην εναλλακτική επιλογή σχεδιάστηκε η τομή του φράγματος από συρματοπλεχτα κιβώτια, όπου κατάντη του φράγματος και επί της κοίτης τοποθετήθηκαν δύο στρωμένες μήκους πέντε και έξι μέτρων (Maccaferri, 2018), όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.43.

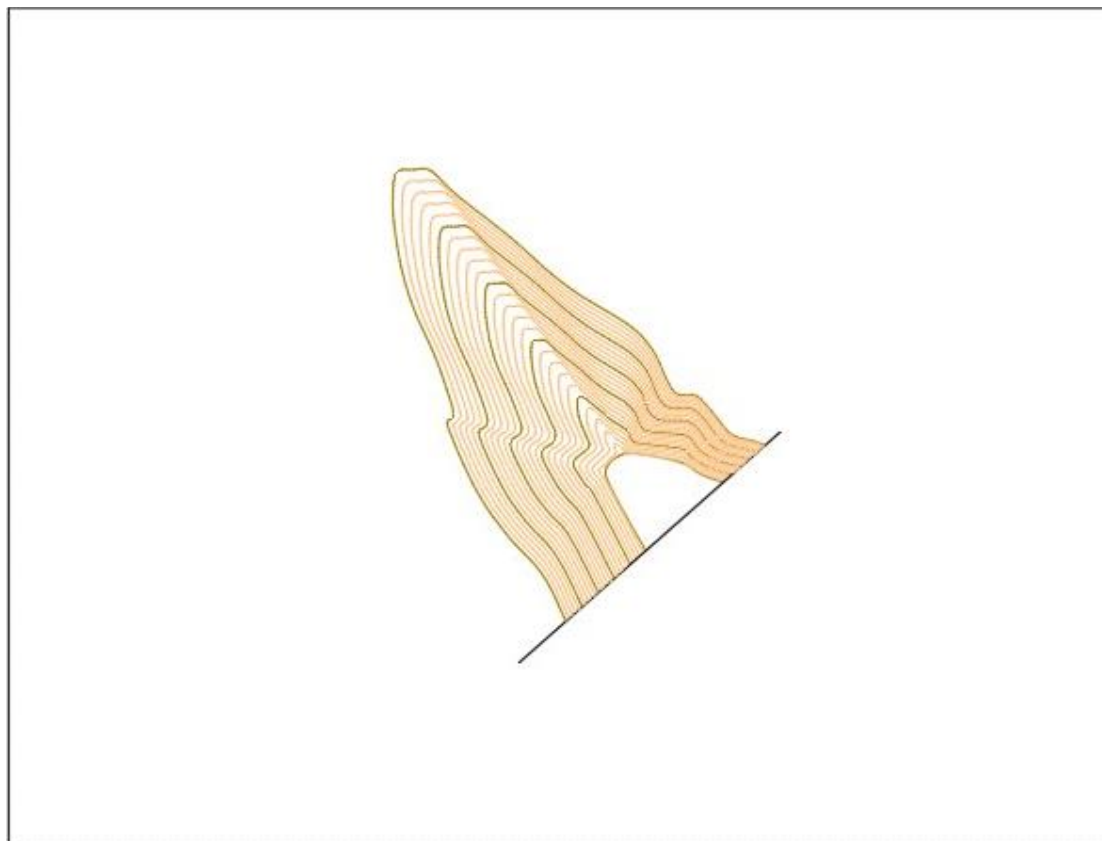




**Εικόνα 6.43:** Τομή τέταρτου φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια

#### 6.4.6 Εκτίμηση παροχής κατάντη

Κατάντη του κόμβου J188 όπου σχεδιάστηκε το φράγμα δημιουργήθηκε στο HEC-HMS ένας μικρός ταμιευτήρας (reservoir) με δομή εκροής (outflow structures) και έναν υπερχειλιστή (spillway) δίνοντας ως μέθοδο αποθήκευσης (storage method) την καμπύλη στάθμης αποθήκευσης (elevation-storage) για τη λεκάνη κατάκλυσης ανάντη του φράγματος (Πίνακας 6.54). Μέσω του λογισμικού Civil 3D από το οποίο δημιουργήθηκε το δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων εξήχθησαν οι ισοϋψείς ανάντη του φράγματος ανά είκοσι εκατοστά (Εικόνα 6.44).



**Εικόνα 6.44:** Λεκάνη κατάκλυσης τέταρτου φράγματος

**Πίνακας 6.54:** Δεδομένα στάθμης-αποθήκευσης τέταρτου φράγματος

Υψόμετρο (m)		Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Όγκος (m <sup>3</sup> )	Αθροιστικός όγκος (1000 m <sup>3</sup> )
151,99	152,00	85,71	0,29	0,000
152,00	152,20	92,65	17,83	0,018
152,20	152,40	106,42	19,89	0,038
152,40	152,60	122,43	22,87	0,061
152,60	152,80	140,67	26,29	0,087
152,80	153,00	161,13	30,16	0,117
153,00	153,20	183,81	34,47	0,152
153,20	153,40	208,71	39,23	0,191
153,40	153,60	235,72	44,42	0,235
153,60	153,80	264,94	50,04	0,285
153,80	154,00	296,44	56,11	0,342
154,00	154,20	330,19	62,63	0,404
154,20	154,40	366,16	69,60	0,474
154,40	154,60	404,37	77,02	0,551
154,60	154,80	444,79	84,88	0,636
154,80	155,00	487,44	93,19	0,729

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>155,00</b>	<b>155,20</b>	532,27	101,94	0,831
<b>155,20</b>	<b>155,40</b>	579,32	111,13	0,942
<b>155,40</b>	<b>155,60</b>	628,63	120,76	1,063
<b>155,60</b>	<b>155,80</b>	680,13	130,84	1,194
<b>155,80</b>	<b>156,00</b>	733,85	141,36	1,335
<b>156,00</b>	<b>156,20</b>	789,78	152,33	1,487
<b>156,20</b>	<b>156,40</b>	847,93	163,74	1,651
<b>156,40</b>	<b>156,60</b>	908,36	175,59	1,827
<b>156,60</b>	<b>156,80</b>	971,03	187,90	2,015
<b>156,80</b>	<b>157,00</b>	1035,93	200,66	2,215

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος υπερχειλιστή ευρείας στέψης (broad-crested spillway), δίνοντας το υψόμετρο (elevation) που βρίσκεται η στέψη του φράγματος, το μήκος (length) του διάρρου και το συντελεστή (coefficient) με τον οποίο καθορίζονται οι απώλειες ενέργειας κατά την είσοδο, ροή και έξοδο από τον υπερχειλιστή, με βάση τις διαστάσεις του φράγματος από συρματοπλεχτα κιβώτια οι οποίες είναι μεγαλύτερες (Πίνακας 6.55).

**Πίνακας 6.55:** Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή τέταρτου φράγματος

<b>Παράμετρος</b>	<b>Τιμή</b>
<b>Υψόμετρο (m)</b>	153,0
<b>Μήκος (m)</b>	12,0
<b>Συντελεστής (<math>m^{0,5}/s</math>)</b>	1,1

Έπειτα πραγματοποιήθηκε εκ νέου εκτέλεση του HEC-HMS όπου παρατηρήθηκε μικρή μείωση του όγκου και της παροχής κατόπιν του κόμβου J188, όπως φαίνεται και στην παροχή αιχμής στην έξοδο της λεκάνης απορροής, η οποία από 101,3  $m^3/s$  μειώθηκε στα 101,2  $m^3/s$  (Πίνακας 6.56).

**Πίνακας 6.56:** Εκτίμηση παροχών αιχμής λόγω τέταρτου ταμιευτήρα

<b>Hydrologic Element</b>	<b>Drainage Area (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Peak Discharge (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Time of Peak</b>	<b>Volume (mm)</b>	<b>Volume (1000 m<sup>3</sup>)</b>
<b>J154</b>	5,3	15,8	01Μαΐ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J157</b>	7,6	89,3	01Μαΐ2020, 06:18	77,5	588,3
<b>J162</b>	1,3	2,8	01Μαΐ2020, 06:49	18,5	24,8
<b>J165</b>	6,4	73,4	01Μαΐ2020, 06:49	77,0	492,3
<b>J172</b>	0,5	1,7	01Μαΐ2020, 06:31	21,7	10,8



*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>J175</b>	3,0	9,1	01Μαϊ2020, 06:49	26,7	79,9
<b>J178</b>	0,5	1,2	01Μαϊ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J185</b>	1,5	3,5	01Μαϊ2020, 06:37	18,5	28,5
<b>J188</b>	5,0	69,2	01Μαϊ2020, 06:49	91,3	458,4
<b>J191</b>	0,5	0,8	01Μαϊ2020, 06:46	14,9	7,2
<b>J196</b>	0,8	21,6	01Μαϊ2020, 06:11	91,4	77,2
<b>J203</b>	0,5	1,1	01Μαϊ2020, 06:39	17,8	8,0
<b>J206</b>	0,6	14,3	01Μαϊ2020, 06:13	88,9	53,9
<b>J211</b>	3,6	61,3	01Μαϊ2020, 06:41	91,3	326,8
<b>J216</b>	2,9	57,1	01Μαϊ2020, 06:24	91,0	264,5
<b>J219</b>	2,7	54,4	01Μαϊ2020, 06:25	90,5	243,4
<b>J224</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J227</b>	2,2	49,3	01Μαϊ2020, 06:16	87,9	196,3
<b>J230</b>	0,4	9,4	01Μαϊ2020, 06:18	81,8	35,1
<b>J233</b>	0,7	18,0	01Μαϊ2020, 06:14	93,3	60,7
<b>J238</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J249</b>	0,5	1,2	01Μαϊ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J255</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J258</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J263</b>	7,6	89,3	01Μαϊ2020, 06:18	77,5	588,3
<b>J265</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J267</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J269</b>	12,9	98,5	01Μαϊ2020, 06:49	56,0	720,2



<b>J272</b>	12,9	98,5	01Μαΐ2020, 06:49	56,0	720,2
<b>Outlet1</b>	15,1	<b>101,2</b>	01Μαΐ2020, 06:48	52,8	798,5
<b>Reservoir-1</b>	2,2	49,3	01Μαΐ2020, 06:17	87,7	196,0
<b>Reservoir-2</b>	2,9	57,1	01Μαΐ2020, 06:25	90,9	264,4
<b>Reservoir-3</b>	3,6	61,3	01Μαΐ2020, 06:42	91,3	326,6
<b>Reservoir-4</b>	5,0	69,1	01Μαΐ2020, 06:49	91,2	458,1

Για το χρόνο συγκέντρωσης « $t_c$ » κατά Kirpich μέσω της εξίσωσης [6.7] και το χρόνο υστέρησης μέσω της εξίσωσης [6.8] για την υπολεκάνη W920, στην οποία θα κατασκευαστεί το τέταρτο φράγμα επιλέχθηκε το μήκος « $L$ » και η κλίση « $S$ » του ρέματος R350, όπως υπολογίστηκε από το HEC-GeoHMS.

$$t_c = 0,01947 \cdot \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} = 0,01947 \cdot \left( \frac{1.453,4}{\sqrt{0,0605}} \right)^{0,77} = 15,6 \text{ min}$$

$$t_{lag} = 0,6 \cdot t_c = 0,6 \cdot 15,6 = 9,4 \text{ min}$$

Θέτοντας στην κλίση του ρέματος, την εκτιμημένη κλίση αντιστάθμισης υπολογίστηκε ο χρόνος συγκέντρωσης κατά Kirpich μέσω της εξίσωσης [6.7] και ο χρόνος υστέρησης μέσω της εξίσωσης [6.8].

$$t_c = 0,01947 \cdot \left( \frac{L}{\sqrt{J_a}} \right)^{0,77} = 0,01947 \cdot \left( \frac{1.453,4}{\sqrt{0,03}} \right)^{0,77} = 20,9 \text{ min}$$

$$t_{lag,αντιστάθμισης} = 0,6 \cdot t_c = 0,6 \cdot 20,9 = 12,5 \text{ min}$$

Επειδή ο χρόνος υστέρησης της υπολεκάνης W920 υπολογίστηκε με τη μέθοδο της SCS μέσω του HEC-GeoHMS, ο τελικός χρόνος υστέρησης (lag) λόγω διόδευσης του ρέματος R350 προέκυψε με αναλογία μέσω της εξίσωσης [6.9].

$$t_{routing} = \frac{BasinLag}{t_{lag}} \cdot t_{lag,αντιστάθμισης} = \frac{31,7}{9,4} \cdot 12,5 = 42,4 \text{ min}$$

Μετά από αυτές τις αλλαγές παρατηρήθηκε μείωση της παροχής κατάντη του κόμβου J188, όπως φαίνεται και στην παροχή αιχμής στην έξοδο της λεκάνης απορροής, η οποία από 101,2 m<sup>3</sup>/s μειώθηκε στα 94 m<sup>3</sup>/s (Πίνακας 6.57).

**Πίνακας 6.57:** Εκτίμηση παροχών αιχμής κατάντη τέταρτου φράγματος

Hydrologic Element	Drainage Area (km <sup>2</sup> )	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Time of Peak	Volume (mm)	Volume (1000 m <sup>3</sup> )
<b>J154</b>	5,3	15,8	01Μαΐ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J157</b>	7,6	75,4	01Μαΐ2020, 06:57	77,5	588,3
<b>J162</b>	1,3	2,8	01Μαΐ2020, 06:49	18,5	24,8
<b>J165</b>	6,4	71,2	01Μαΐ2020, 07:31	77,0	492,3
<b>J172</b>	0,5	1,7	01Μαΐ2020, 06:31	21,7	10,8
<b>J175</b>	3,0	9,1	01Μαΐ2020, 06:49	26,7	79,9
<b>J178</b>	0,5	1,2	01Μαΐ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J185</b>	1,5	3,5	01Μαΐ2020, 06:37	18,5	28,5
<b>J188</b>	5,0	69,2	01Μαΐ2020, 06:49	91,3	458,4
<b>J191</b>	0,5	0,8	01Μαΐ2020, 06:46	14,9	7,2
<b>J196</b>	0,8	21,6	01Μαΐ2020, 06:11	91,4	77,2
<b>J203</b>	0,5	1,1	01Μαΐ2020, 06:39	17,8	8,0
<b>J206</b>	0,6	14,3	01Μαΐ2020, 06:13	88,9	53,9
<b>J211</b>	3,6	61,3	01Μαΐ2020, 06:41	91,3	326,8
<b>J216</b>	2,9	57,1	01Μαΐ2020, 06:24	91,0	264,5
<b>J219</b>	2,7	54,4	01Μαΐ2020, 06:25	90,5	243,4
<b>J224</b>	1,1	22,2	01Μαΐ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J227</b>	2,2	49,3	01Μαΐ2020, 06:16	87,9	196,3
<b>J230</b>	0,4	9,4	01Μαΐ2020, 06:18	81,8	35,1
<b>J233</b>	0,7	18,0	01Μαΐ2020, 06:14	93,3	60,7

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>J238</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J249</b>	0,5	1,2	01Μαϊ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J255</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J258</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J263</b>	7,6	75,4	01Μαϊ2020, 06:57	77,5	588,3
<b>J265</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J267</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J269</b>	12,9	90,4	01Μαϊ2020, 06:57	56,0	720,2
<b>J272</b>	12,9	90,4	01Μαϊ2020, 06:57	56,0	720,2
<b>Outlet1</b>	15,1	<b>94,0</b>	01Μαϊ2020, 06:56	52,8	798,5
<b>Reservoir-1</b>	2,2	49,3	01Μαϊ2020, 06:17	87,7	196,0
<b>Reservoir-2</b>	2,9	57,1	01Μαϊ2020, 06:25	90,9	264,4
<b>Reservoir-3</b>	3,6	61,3	01Μαϊ2020, 06:42	91,3	326,6
<b>Reservoir-4</b>	5,0	69,1	01Μαϊ2020, 06:49	91,2	458,1



## 6.5 Πέμπτο φράγμα

### 6.5.1 Επεξεργασία στο λογισμικό vbClisi

Η στερεοπαροχή υπολογίστηκε στη θέση συμβολής J165 με τιμή υδατοπαροχής  $Q = 71,2 \text{ m}^3/\text{s}$  (Πίνακας 6.57). Οι υπολεκάνες ανάντη του σημείου ελέγχου έχουν κλίση που βρίσκεται εντός του διαστήματος 26% έως 35% και άρα από πίνακα επιλέχθηκε η τιμή  $P_n = 30$ . Το τμήμα του ποταμού παρουσιάζει μικρή χειμαρρική και λαμβάνει την τιμή  $m = 0,7$ . Το ειδικό βάρος των μεταφερόμενων υλικών το οποίο εξαρτάται από την πετρολογική τους σύσταση είναι μεταξύ άμμων έως κροκάλες γρανιτών, δηλαδή  $Y_n = 2,05 \text{ t/m}^3$ . Με χρήση της εξίσωσης [6.1], υπολογίστηκε η μέγιστη στερεοπαροχή (Μάρης, 2012).

$$G = \frac{P_n \cdot m \cdot Q}{Y_n \cdot (100 - P_n)} = 10,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Συγκεντρωτικά, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.58.

**Πίνακας 6.58:** Στοιχεία κοίτης πέμπτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Μέγιστη υδατοστερεοπαροχή (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>), <math>Q_o</math></b>	81,6
<b>Μέγιστη υδατοπαροχή (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>), <math>Q_u</math></b>	71,2
<b>Μέγιστη στερεοπαροχή (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>), <math>Q_s</math></b>	10,4
<b>Μέση κατά μήκος κλίση της κοίτης (%), <math>I_o</math></b>	5,0
<b>Συντελεστής τραχύτητας Manning, <math>n</math></b>	0,045
<b>Αρχικό πλάτος της κοίτης (m), <math>s_o</math></b>	10,0
<b>Πλάτος της κοίτης μετά τη διευθέτηση (m), <math>s</math></b>	10,0
<b>Κλίση πρανών μετά τη διευθέτηση, <math>m</math></b>	3,1
<b>Μήκος ογκωδέστερων λίθων (m), <math>w_o</math></b>	0,6
<b>Μήκος λίθων για την επιθυμητή κλίση (m), <math>w</math></b>	0,3
<b>Χαρακτηριστική διάσταση λίθων (m), <math>b</math></b>	0,3
<b>Αντιπροσωπευτική διάμετρος (m), <math>d_m</math></b>	0,1
<b>Ειδικό βάρος εδαφικών κόκκων (<math>\text{kg}/\text{m}^3</math>), <math>\gamma_s</math></b>	2.650
<b>Ειδικό βάρος ύδατος (<math>\text{kg}/\text{m}^3</math>), <math>\gamma_u</math></b>	999,973

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.59.

**Πίνακας 6.59:** Υδραυλικά στοιχεία κοίτης πέμπτου φράγματος

Περιγραφή	Μουλό- πουλου	Be- rnard	Vale- ntini	Ro- miti	Mul- ler	Κω- τούλα
<b>Κλίση αντιστάθμισης ή ισορροπίας (%), <math>I</math></b>	3,08	3,27	2,74	23,26	1,25	2,69
<b>Μέση ταχύτητα ροής (m/s), <math>v</math></b>	3,47	3,54	3,72	7,01	2,82	3,31



<b>Βάθος ροής (m), t</b>	1,58	1,55	1,35	0,91	1,66	1,64
<b>Εμβαδόν υγρής διατομής (m<sup>2</sup>), F</b>	23,52	23,04	19,12	11,64	25,21	24,69
<b>Βρεχόμενη περίμετρος (m), U</b>	20,29	20,13	18,79	15,92	20,84	20,67
<b>Υδραυλική ακτίνα (m), R</b>	1,16	1,14	1,02	0,73	1,21	1,19
<b>Παροχή ελέγχου (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>t</sub></b>	81,60	81,60	71,20	81,60	71,20	81,60
<b>Λόγος μέγιστης στερεοπαροχής προς την μέγιστη υδατοπαροχή (Q<sub>s</sub>/Q<sub>u</sub>), ξ</b>	0,1461					
<b>Συντελεστής κειμαρρικότητας, K</b>	0,8058					

### 6.5.2 Επεξεργασία στο λογισμικό Diarrus

Τα δεδομένα που εισήχθησαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.60.

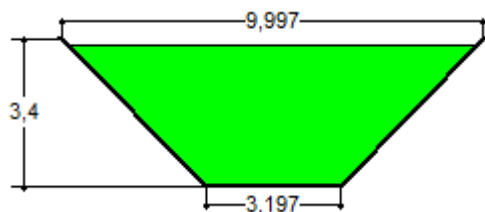
**Πίνακας 6.60:** Δεδομένα διάρρου πέμπτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Πλήθος πτερυγίων</b>	Δύο
<b>Είδος (μορφή) εκχειλιστή με βάση τη ροή</b>	Ελεύθερος
<b>Συντελεστής εκροής, m</b>	1,9
<b>Υδατοπαροχή (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>u</sub></b>	71,2
<b>Στερεοπαροχή (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>s</sub></b>	10,4
<b>Υδατοστερεοπαροχή (m<sup>3</sup>/s), Q<sub>o</sub></b>	81,6
<b>Μέγιστο επιτρεπόμενο άνοιγμα με βάση τον τύπο διάρρου (m), b<sub>z</sub></b>	10,0

Τα αποτελέσματα με πρηνή διάρρου 45° παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.61 και στην Εικόνα 6.45.

**Πίνακας 6.61:** Χαρακτηριστικά πέμπτου τραπεζοειδούς διάρρου

Περιγραφή	Τιμή
<b>Άνοιγμα διάρρου στην κορυφή των πτερυγίων (m), b<sub>a</sub></b>	9,997
<b>Άνοιγμα διάρρου στη στάθμη του νερού (m), b<sub>w</sub></b>	9,8
<b>Άνοιγμα διάρρου στη βάση (m), b<sub>k</sub></b>	3,197
<b>Ύψος διάρρου μέχρι την κορυφή των πτερυγίων (m), H<sub>a</sub></b>	3,4
<b>Ύψος διάρρου μέχρι τη στάθμη του νερού (m), H<sub>w</sub></b>	3,302
<b>Μέγιστη αγωγιμότητα διάρρου (m<sup>3</sup>/s), Q</b>	86,676

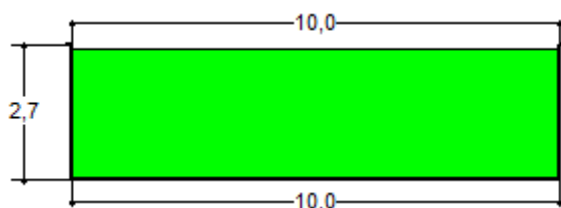


**Εικόνα 6.45:** Απεικόνιση τραπεζοειδούς διάρρου πέμπτου φράγματος

Τα αποτελέσματα όταν τα πρηνή του διάρρου είναι κατακόρυφα παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.62 και στην Εικόνα 6.46.

**Πίνακας 6.62:** Χαρακτηριστικά πέμπτου ορθογωνικού διάρρου

Περιγραφή	Τιμή
Άνοιγμα διάρρου στην κορυφή των πτερυγίων (m), $b_a$	10,0
Άνοιγμα διάρρου στη στάθμη του νερού (m), $b_w$	10,0
Άνοιγμα διάρρου στη βάση (m), $b_k$	100,
Ύψος διάρρου μέχρι την κορυφή των πτερυγίων (m), $H_a$	2,7
Ύψος διάρρου μέχρι τη στάθμη του νερού (m), $H_w$	2,642
Μέγιστη αγωγιμότητα διάρρου ( $m^3/s$ ), $Q$	84,295



**Εικόνα 6.46:** Απεικόνιση ορθογωνικού διάρρου πέμπτου φράγματος

### 6.5.3 Επεξεργασία στο λογισμικό Torrential-MIK

Υπολογίστηκε το κρίσιμο ύψος νερού για ισοδύναμη τραπεζοειδή διατομή, δίνοντας δεδομένα ώστε το εμβαδόν του τραπεζίου που θα προκύψει να είναι ίσο με το εμβαδόν της ορθογωνικής διατομής (Πίνακας 6.63).

**Πίνακας 6.63:** Στοιχεία διατομής πέμπτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
Πλάτος κοίτης (m), $s$	10,0
Συνολική παροχή ( $m^3/s$ ), $Q_o$	81,6
Κλίση δεξιού πρηνούς	0,3
Κλίση αριστερού πρηνούς	0,3
Ύψος τραπεζίου (m), $< h_{kp}$	1,3

Από την ισότητα των εμβαδών προέκυψε η μέγιστη στάθμη νερού για τραπεζοειδή διατομή (Πίνακας 6.64).

**Πίνακας 6.64:** Υδραυλικά στοιχεία διατομής πέμπτου φράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Κρίσιμο βάθος ορθογωνικής διατομής (m), H</b>	2,84
<b>Κρίσιμο ύψος ορθογωνικής διατομής (m), h<sub>κρ</sub></b>	1,893
<b>Εμβαδόν ορθογωνικής διατομής (m<sup>2</sup>)</b>	18,93
<b>Εμβαδόν τραπεζοειδούς διατομής (m<sup>2</sup>)</b>	18,633
<b>Κρίσιμο βάθος τραπεζοειδούς διατομής (m), H</b>	1,95

#### 6.5.4 Επεξεργασία στο λογισμικό FrgBarus

Το υπέργειο ύψος του φράγματος «H<sub>h</sub>» μπορεί να εκτιμηθεί μέσω της απόστασης «L» του φράγματος μέχρι το σημείο των πρανών όπου θα φτάσει η πρόσκωση, της μέσης κλίσης της κοίτης «J<sub>φ</sub>», της κλίσης αντιστάθμισης «J<sub>α</sub>» και την απαιτούμενη ανύψωση της κοίτης «h» μέσω της εξίσωσης [6.3] (Καπετανόπουλος, 2003). Η κλίση αντιστάθμισης υπολογίστηκε ως ο μέσος όρος των μεθόδων Μουλόπουλου, Bernard και Κωτούλα, στις οποίες χρησιμοποιείται η μέγιστη υδατοστερεοπαροχή (Πίνακας 6.59) και με τη βοήθεια του δημιουργημένου ψηφιακού μοντέλου εδάφους υπολογίστηκε η μέση κλίση του ρέματος στη θέση του φράγματος.

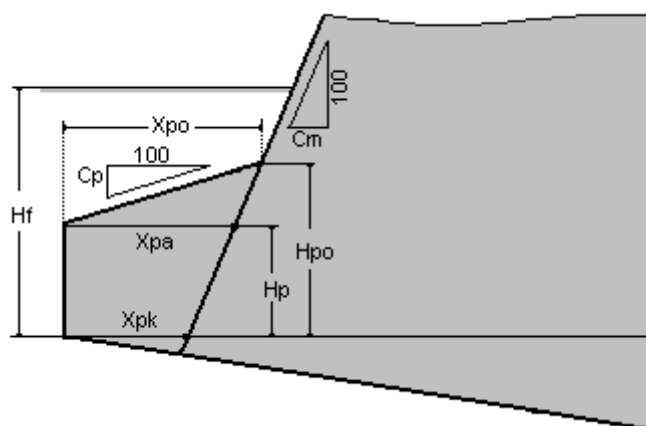
$$H_h = L \cdot (J_\phi - J_a) + h = 5 \cdot (0,053 - 0,03) + 0,25 = 0,36 \text{ m} \Rightarrow 0,5 \text{ m}$$

Επειδή το υπέργειο ύψος «H<sub>h</sub>» του φράγματος είναι μικρότερο των δύο μέτρων επιλέχθηκε ότι η κλίση του εξωτερικού μετώπου του φράγματος «C<sub>m</sub>» είναι 32% στην περίπτωση κατασκευής από σκυρόδεμα και κατακόρυφο στην περίπτωση κατασκευής από συρματοπλεκτα κιβώτια. Η εκτίμηση του πάχους στέψης «D<sub>o</sub>» έγινε λαμβάνοντας υπόψη το ύψος του διάρρου μέχρι την κορυφή των πτερυγίων «H<sub>a</sub>» μέσω της εξίσωσης [6.4] (Καπετανόπουλος, 2003), όπου στη δεύτερη περίπτωση των συρματοπλεκτων κιβωτίων έγινε επαύξηση για λόγους γεωμετρίας και ευστάθειας (Maccaferri, 2018).

$$D_o = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{C_m \cdot H_a}{100} \\ 0,4 \cdot (H_a - 1) \end{array} \right] = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{32 \cdot 3,4}{100} \\ 0,4 \cdot (3,4 - 1) \end{array} \right] = \max \left( \begin{array}{l} 1,888 \\ 0,96 \end{array} \right) = 1,888 \text{ m}$$

$$D_o = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{C_m \cdot H_a}{100} \\ 0,4 \cdot (H_a - 1) \end{array} \right] = \max \left[ \begin{array}{l} 0,8 + \frac{0 \cdot 3}{100} \\ 0,4 \cdot (3 - 1) \end{array} \right] = \max \left( \begin{array}{l} 0,8 \\ 0,8 \end{array} \right) = 0,8 \text{ m} \Rightarrow 1,5 \text{ m}$$

Στην περίπτωση κατασκευής φράγματος από σκυρόδεμα κατάντη του κόμβου J165 τα δεδομένα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.



**Εικόνα 6.47:** Λεπτομέρεια ποδιάς φράγματος (Καπετανόπουλος, 2003)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
<b>Χείμαρρος</b>	Αχερώνας
<b>Τύπος έργου</b>	Φράγμα
<b>Κωδικός έργου</b>	J165
<b>Υλικό δομής έργου</b>	Σκυρόδεμα
<b>Έδαφος θεμελίωσης</b>	Αργιλώδης άμμος
<b>Δυνάμεις στο κάταντες μέτωπο</b>	Λαμβάνονται υπόψη ( $P_{vu}>0$ , $P_{hu}>0$ )
<b>Υποπίεση (άνωση)</b>	Λαμβάνεται υπόψη ( $P_a>0$ )
<b>Πάχος νερού στα κατάντη, <math>H_{wu}</math></b>	1,950
<b>Συντελεστής άνωσης, <math>g_{Pa}</math></b>	0,250

2. ΦΟΡΤΙΣΗ-ΤΑΣΕΙΣ-ΑΣΦΑΛΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
<b>Θα δεχθεί το έργο χειμαρρολάβα;</b>	Ναι
<b>Θα κατασκευαστεί τεχνητή πρόσκωση;</b>	Ναι
<b>Υψομετρική διαφορά στέψης φράγματος και πρόσκωσης, <math>H_{tp}</math></b>	0,500
<b>Κατανομή ώθησης γαιών</b>	Τραπεζοειδής
<b>Ειδικό βάρος, <math>[t/m^3]</math>, για τον υπολογισμό της πίεσης στα ανάντη, <math>g_{Pho}</math></b>	0,800
<b>Ειδικό βάρος, <math>[t/m^3]</math>, για τον υπολογισμό του βάρους του φράγματος, <math>g_{Pg}</math></b>	2,500
<b>Ειδικό βάρος, <math>[t/m^3]</math>, για τον υπολογισμό της δύναμης στη στέψη, <math>g_{Pk}</math></b>	1,900
<b>Ειδικό βάρος, <math>[t/m^3]</math>, για τον υπολογισμό της φόρτισης στις βαθμίδες, <math>g_{Pvo}</math></b>	2,000
<b>Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ανατροπής, <math>n_{Kzu}</math></b>	1,300
<b>Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ολίσθησης, <math>n_{Gzu}</math></b>	1,300
<b>Επιτρεπόμενη τάση, <math>[t/m^2]</math>, στο σώμα του έργου</b>	400,000

Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b>Συυτελεστής ολίσθησης, στο σώμα του έργου</b>	1,050
<b>Επιτρεπόμενη τάση, [t/m<sup>2</sup>], στο έδαφος</b>	25,000
<b>Συυτελεστής ολίσθησης, στο έδαφος</b>	0,600

3.ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>	<b>ΤΙΜΗ</b>
<b>Υπέργειο ύψος φράγματος, Hh</b>	0,500
<b>Ύψος πτερυγίου (διάρρου), Ha</b>	3,400
<b>Αρχικό πάχος φράγματος στη στέψη, Do</b>	1,888
<b>Βάθος θεμελίωσης, Hf</b>	1,000
<b>Κλίση εξωτερικού μετώπου, [%], Cm</b>	32,000
<b>Λόγος, πλάτος βαθμίδας προς ύψος, m</b>	0,650
<b>Αριθμός αρμών, s</b>	2,000
<b>Αρχική κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Ύψος ποδιάς, Hp</b>	0,500
<b>Προεξοχή ποδιάς, Xpk</b>	0,141
<b>Θα κατασκευαστεί γείσος</b>	Ναι
<b>Πάχος προστατευτικής στρώσης λιθοδομής, He</b>	0,250
<b>Μήκος γείσου, Xg</b>	0,250
<b>Πάχος γείσου στην πάκτωση (ανάντη), Hgo</b>	0,451
<b>Πάχος γείσου στο άκρο (κατάντη), Hgu</b>	0,400

4.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΜΩΝ-ΒΑΘΜΙΔΩΝ, Μονάδες: Μήκους [m]

<b>Αρμός i</b>	<b>Βάθος Hi</b>	<b>Πλάτος bi</b>	<b>Αρμός i</b>	<b>Βάθος Hi</b>	<b>Πλάτος bi</b>
<b>1</b>	1,000		<b>2</b>	1,500	

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1.ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m], Εμβαδού [m<sup>2</sup>]

<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>	<b>ΤΙΜΗ</b>
<b>Πάχος φράγματος στην κορυφή του διάρρου (σε ύψος Ha από τη στέψη)</b>	0,800
<b>Πάχος φράγματος στη στάθμη της στέψης (χωρίς το γείσο), Do</b>	1,888
<b>Πάχος φράγματος στη βάση, Ds</b>	2,509
<b>Κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Πρόσθετο βάθος θεμελίωσης ανάντη, Hfp</b>	0,000
<b>Συνολικό (με το γείσο) εμβαδόν διατομής, μέχρι τη στέψη</b>	3,380
<b>Εμβαδόν διατομής του γείσου</b>	0,078

2.ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΞΟΡΡΟΠΙΑΣ, Μονάδες: Μήκους [m], Τάσεων [t/m<sup>2</sup>]

<b>i</b>	<b>Πλ.Βαθi</b>	<b>xRi</b>	<b>minDi</b>	<b>maxDi</b>	<b>σουi</b>	<b>σοι</b>	<b>σομι</b>	<b>nGi</b>	<b>nKi</b>
<b>1</b>	0,000	1,052	2,208	2,509	9,889	7,435	9,889	5,584	12,849
<b>2</b>	0,000	1,231	2,509	2,509	8,774	7,849	8,774	3,248	4,618



Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

ΣΥΜΒΟΛΑ	ΣΗΜΑΣΙΑ
<b>πλ.Βαθι.</b>	Το πλάτος της βαθμίδας στο επίπεδο του αρμού (i)
<b>minDi, maxDi</b>	Το ελάχιστο και μέγιστο πάχος του έργου στον αρμό (i)
<b>xRi</b>	Απόσταση τομής του (i) και της R, από την κατάντη ακμή
<b>σνui, σνοι, σνmi</b>	Ορθή τάση στις ακμές (u, v) του αρμού (i) και μέγιστη
<b>nGi, nKi</b>	Συντελεστής ολίσθησης και ανατροπής στον αρμό (i)

3.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ, Μονάδες: Δυνάμεων [t], Ροπών [t·m]

Δύναμη/Ροπή	αρμός 1	αρμός 2
<b>Pk</b>	13,811	13,811
<b>Mpk</b>	15,731	19,889
<b>Pg</b>	5,120	8,256
<b>Mpg</b>	6,051	11,527
<b>Pgs</b>	0,194	0,194
<b>Mpgs</b>	0,032	0,090
<b>Pvo</b>	0,000	0,000
<b>Mpvo</b>	0,000	0,000
<b>Pho</b>	3,596	5,652
<b>Mpho</b>	1,698	4,014
<b>Pa</b>	0,000	2,148
<b>Mpa</b>	0,000	3,082
<b>Pvu</b>	0,000	0,740
<b>Mpvu</b>	0,000	0,197
<b>Phu</b>	0,000	1,800
<b>Mphu</b>	0,000	1,069
<b>Rk</b>	19,125	20,854
<b>MRk</b>	20,117	25,676
<b>Rp</b>	3,596	3,852

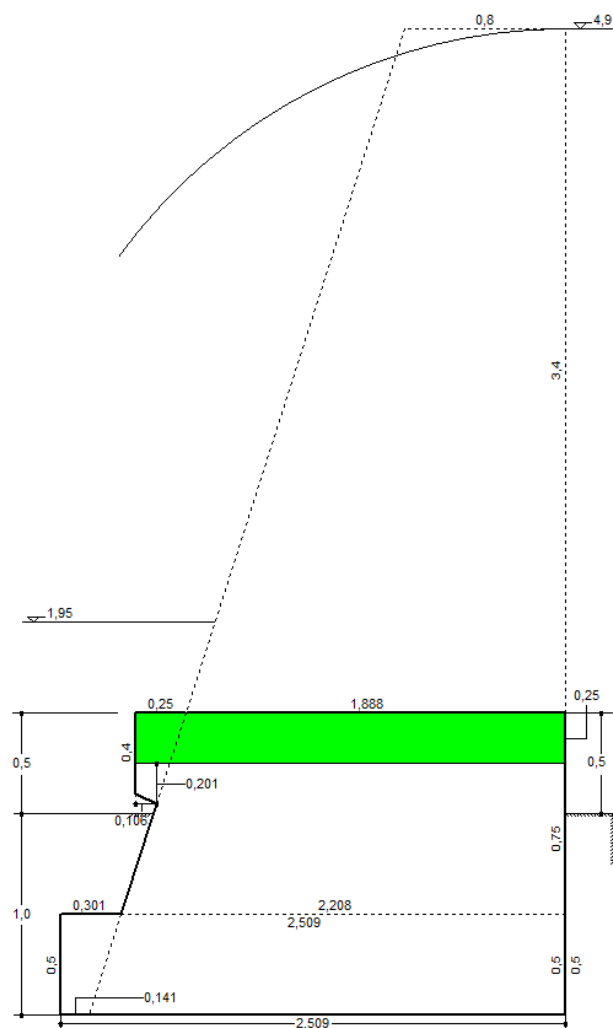
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Οι ροπές λαμβάνονται ως προς την κατάντη ακμή του αρμού (i)
2. Rk είναι η κάθετη στον αρμό (i) συνιστώσα της R ( $xR=MRk/Rk$ )
3. Rp είναι η παράλληλη (εφαπτόμενη) στον αρμό (i) συνιστώσα της R

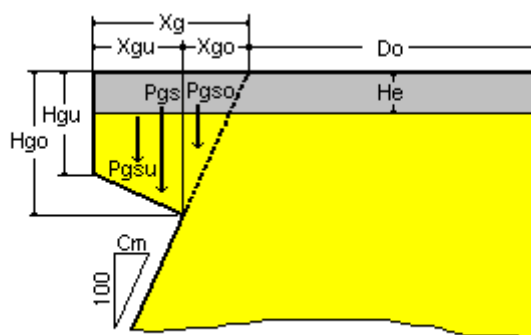


Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
 Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ: Αχερώνας  
 ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΡΓΟΥ: J165



Στην περίπτωση κατασκευής φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια κατόπι του κόμβου J165 τα δεδομένα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.



**Εικόνα 6.48:** Λεπτομέρεια γείσου φράγματος (Καπετανόπουλος, 2003)

Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Χείμαρρος	Αχερώνας
Τύπος έργου	Φράγμα
Κωδικός έργου	J165
Υλικό δομής έργου	Συρματόπλεκτα κιβώτια
Έδαφος θεμελίωσης	Αργιλώδης άμμος
Δυνάμεις στο κάταντες μέτωπο	Λαμβάνονται υπόψη ( $P_{vu}>0$ , $P_{hu}>0$ )
Υποπίεση (άνωση)	Λαμβάνεται υπόψη ( $P_a>0$ )
Πάχος νερού στα κατάντη, $H_{wu}$	1,950
Συντελεστής άνωσης, $g_{Pa}$	0,250

2. ΦΟΡΤΙΣΗ-ΤΑΣΕΙΣ-ΑΣΦΑΛΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Θα δεχθεί το έργο χειμαρρολάβα;	Ναι
Θα κατασκευαστεί τεχνητή πρόσκωση;	Ναι
Υψομετρική διαφορά στέψης φράγματος και πρόσκωσης, $H_{tp}$	0,500
Κατανομή ώθησης γαιών	Τραπεζοειδής
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό της πίεσης στα ανάντη, $g_{Pho}$	0,800
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό του βάρους του φράγματος, $g_{Pg}$	1,750
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό της δύναμης στη στέψη, $g_{Pk}$	1,900
Ειδικό βάρος, [ $t/m^3$ ], για του υπολογισμό της φόρτισης στις βαθμίδες, $g_{Pvo}$	2,000
Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ανατροπής, $n_{Kzu}$	1,300
Ελάχιστος συντελεστής ασφάλειας ολίσθησης, $n_{Gzu}$	1,300
Επιτρεπόμενη τάση, [ $t/m^2$ ], στο σώμα του έργου	40,000
Συντελεστής ολίσθησης, στο σώμα του έργου	0,800
Επιτρεπόμενη τάση, [ $t/m^2$ ], στο έδαφος	25,000
Συντελεστής ολίσθησης, στο έδαφος	0,600

3. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Υπέργειο ύψος φράγματος, $H_h$	0,500
Ύψος πτερυγίου (διάρρου), $H_a$	3,000
Αρχικό πάχος φράγματος στη στέψη, $D_o$	1,500
Βάθος θεμελίωσης, $H_f$	1,500
Κλίση εξωτερικού μετώπου, [%], $C_t$	0,000
Λόγος, πλάτος βαθμίδας προς ύψος, $m$	0,500
Αριθμός αρμών, $s$	2,000
Αρχική κλίση βάσης φράγματος, [%], $C_b$	0,000
Ύψος ποδιάς, $H_p$	1,000





Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b>Προεξοχή ποδιάς, Χρκ</b>	0,500
<b>Θα κατασκευαστεί γείσος</b>	Όχι

4.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΜΩΝ-ΒΑΘΜΙΔΩΝ, Μονάδες: Μήκους [m]

Αρμός i	Βάθος Hi	Πλάτος bi	Αρμός i	Βάθος Hi	Πλάτος bi
<b>1</b>	1,000		<b>2</b>	2,000	

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1.ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, Μονάδες: Μήκους [m], Εμβαδού [m<sup>2</sup>]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
<b>Πάχος φράγματος στην κορυφή του διάρρου (σε ύψος Ha από τη στέψη)</b>	1,500
<b>Πάχος φράγματος στη στάθμη της στέψης (χωρίς το γείσο), Do</b>	1,500
<b>Πάχος φράγματος στη βάση, Ds</b>	2,000
<b>Κλίση βάσης φράγματος, [%], Cb</b>	0,000
<b>Πρόσθετο βάθος θεμελίωσης ανάντη, Hfp</b>	0,000
<b>Συνολικό εμβαδόν διατομής, μέχρι τη στέψη</b>	3,500

2.ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ, Μονάδες: Μήκους [m], Τάσεων [t/m<sup>2</sup>]

i	Πλ.Βαθι	xRi	minDi	maxDi	σνυι	σνοι	σνμι	nGi	nKi
<b>1</b>	0,000	0,609	1,500	2,000	11,656	3,244	11,656	2,631	5,314
<b>2</b>	0,000	0,728	2,000	2,000	12,170	1,243	12,170	1,413	2,079

ΣΥΜΒΟΛΑ	ΣΗΜΑΣΙΑ
<b>πλ.Βαθι.</b>	Το πλάτος της βαθμίδας στο επίπεδο του αρμού (i)
<b>minDi, maxDi</b>	Το ελάχιστο και μέγιστο πάχος του έργου στον αρμό (i)
<b>xRi</b>	Απόσταση τομής του (i) και της R, από την κατάντη ακμή
<b>σνυι, σνοι, σνμι</b>	Ορθή τάση στις ακμές (u, v) του αρμού (i) και μέγιστη
<b>nGi, nKi</b>	Συντελεστής ολισθησης και ανατροπής στον αρμό (i)

3.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ, Μονάδες: Δυνάμεων [t], Ροπών [t·m]

Δύναμη/Ροπή	αρμός 1	αρμός 2
<b>Pk</b>	8,550	8,550
<b>Mpk</b>	6,413	10,688
<b>Pg</b>	2,625	6,125
<b>Mpg</b>	1,969	6,781
<b>Pgs</b>	0,000	0,000
<b>Mpgs</b>	0,000	0,000
<b>Pvo</b>	0,000	0,000
<b>Mpvo</b>	0,000	0,000
<b>Pho</b>	3,397	7,595
<b>Mpho</b>	1,577	7,061
<b>Pa</b>	0,000	1,738
<b>Mpa</b>	0,000	1,992



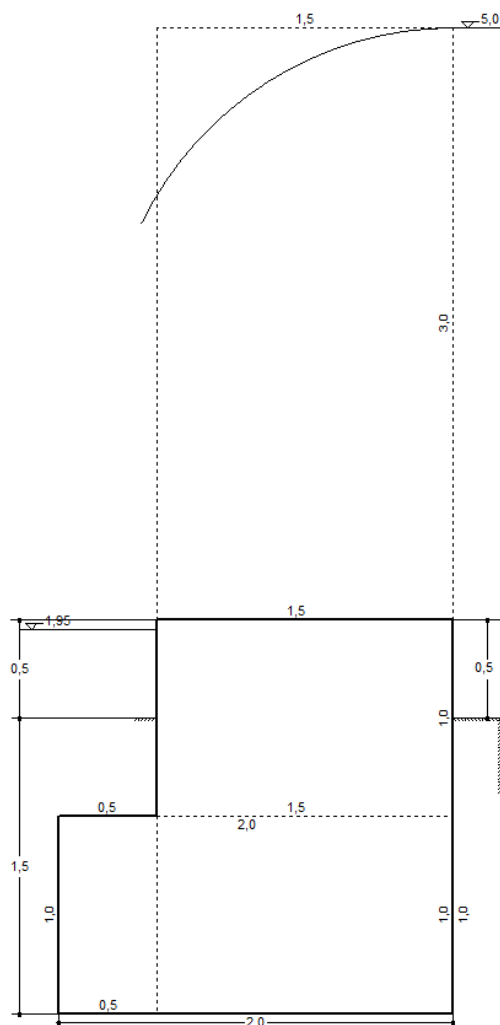
Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b><i>Pvu</i></b>	0,000	0,475
<b><i>Mpvu</i></b>	0,000	0,119
<b><i>Phu</i></b>	0,000	1,901
<b><i>Mphu</i></b>	0,000	1,236
<b><i>Rk</i></b>	11,175	13,413
<b><i>MRk</i></b>	6,804	9,770
<b><i>Rp</i></b>	3,397	5,693

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

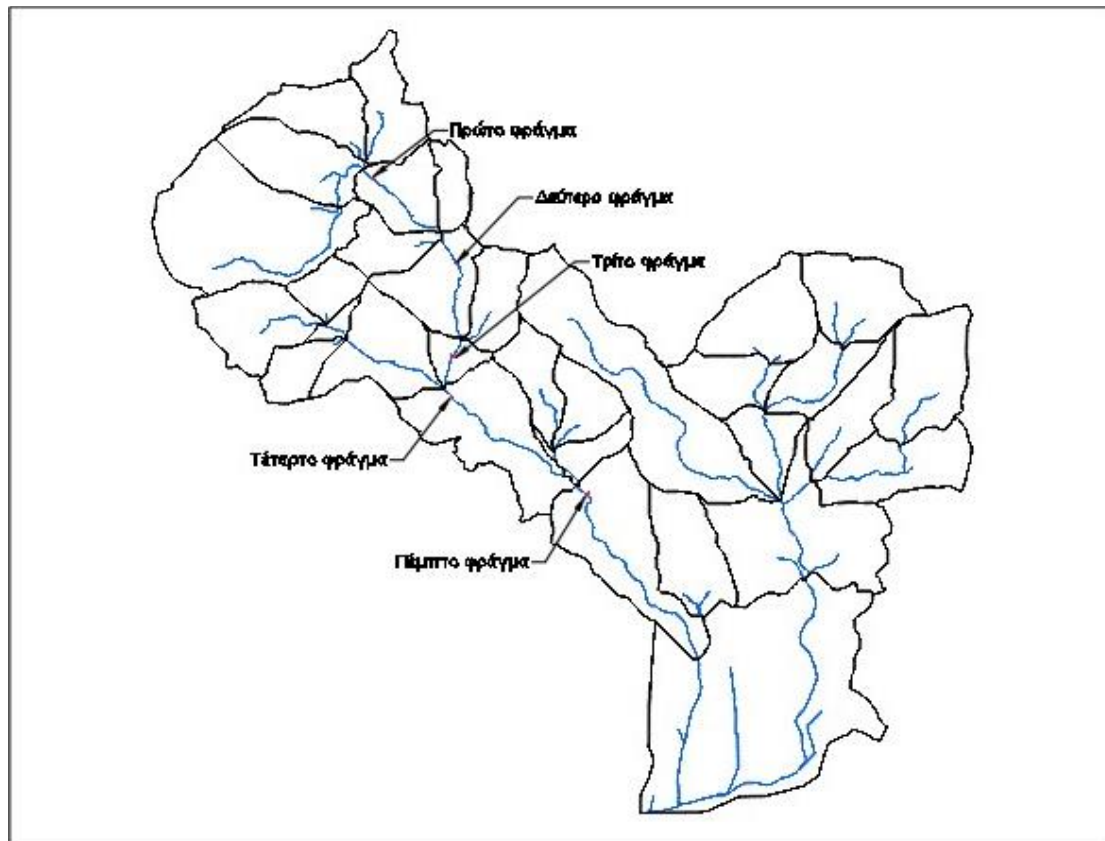
1. Οι ροπές λαμβάνονται ως προς την κατάντη ακμή του αρμού (i)
2.  $R_k$  είναι η κάθετη στον αρμό (i) συνιστώσα της  $R$  ( $xR=MRk/Rk$ )
3.  $R_p$  είναι η παράλληλη (εφαπτόμενη) στον αρμό (i) συνιστώσα της  $R$

ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ: Αχερώνας  
ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΡΓΟΥ: J165



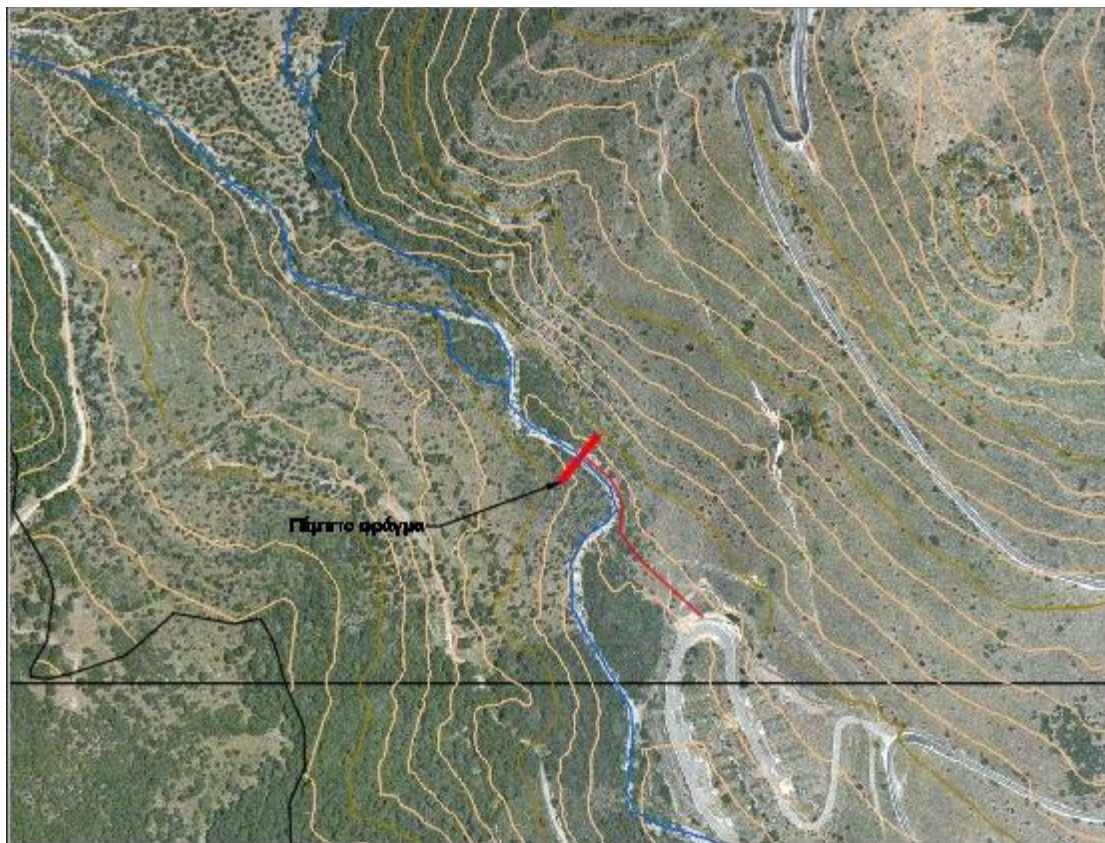
### 6.5.5 Σχεδιασμός πέμπτου φράγματος

Η θέση του φράγματος εντός της λεκάνης απορροής παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.49.



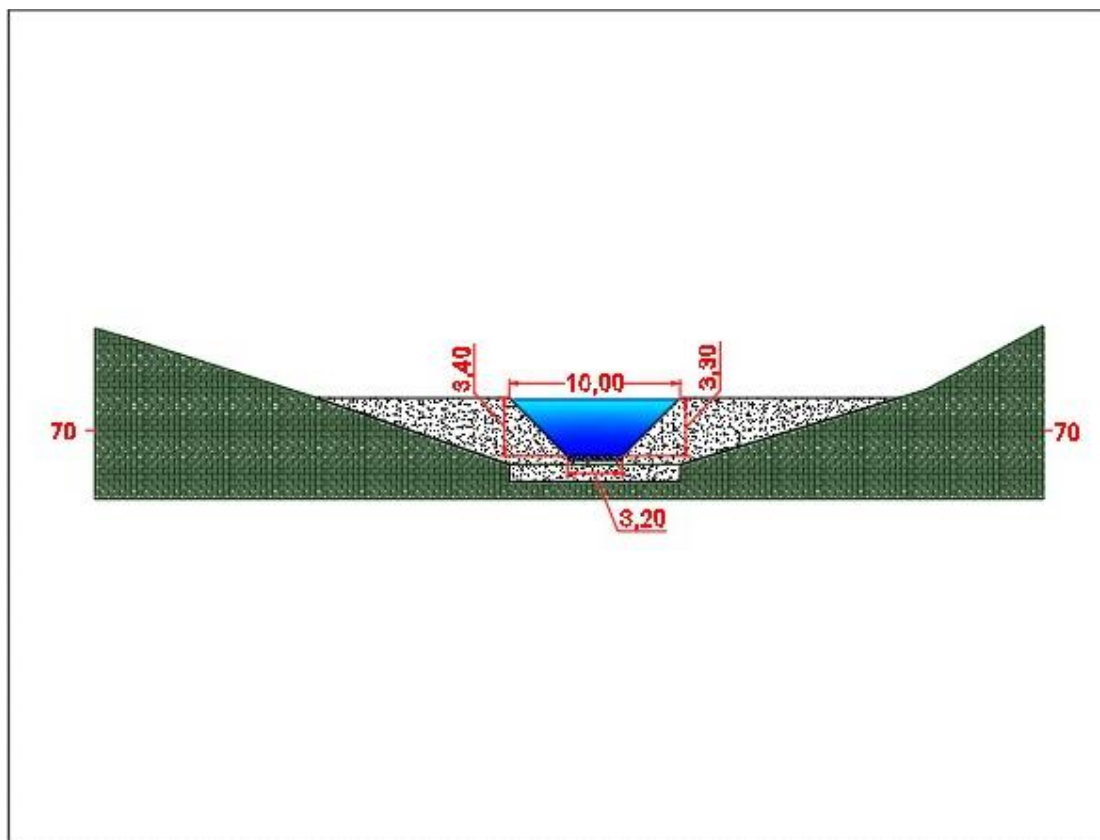
**Εικόνα 6.49:** Προτεινόμενη θέση κατασκευής πέμπτου φράγματος

Εστιάζοντας στην περιοχή παρατηρείται ότι περνάει η επαρχιακή οδός νοτιοανατολικά του έργου, από την οποία μπορούν να μεταφερθούν τα υλικά κατασκευής. Επιπλέον, για να προσεγγισθεί η θέση του έργου, θα απαιτηθεί διάνοιξη 200 m περίπου από νοτιοανατολικά (Εικόνα 6.50).



**Εικόνα 6.50:** Προτεινόμενη πρόσβαση για το πέμπτο φράγμα

Στην περίπτωση φράγματος από σκυρόδεμα, σχεδιάστηκε η πρόσοψη σύμφωνα με τη διαστασιολόγηση που προηγήθηκε (Εικόνα 6.51).



**Εικόνα 6.51:** Πρόσοψη πέμπτου φράγματος από σκυρόδεμα

Ο υπολογισμός της υποσκαφής κατόπιν του φράγματος πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού Torrential-MIK. Θεωρώντας ότι το φράγμα λειτουργεί ως ελεύθερος εκχειλιστής για την επιλογή των κατάλληλων συντελεστών ( $W_s$  και  $W_e$ ) και ότι η ειδική παροχή είναι ο λόγος της υδατοστερεοπαροχής προς το πλάτος της κοίτης, τα δεδομένα που απαιτήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.65.

**Πίνακας 6.65:** Χαρακτηριστικά πέμπτου φράγματος

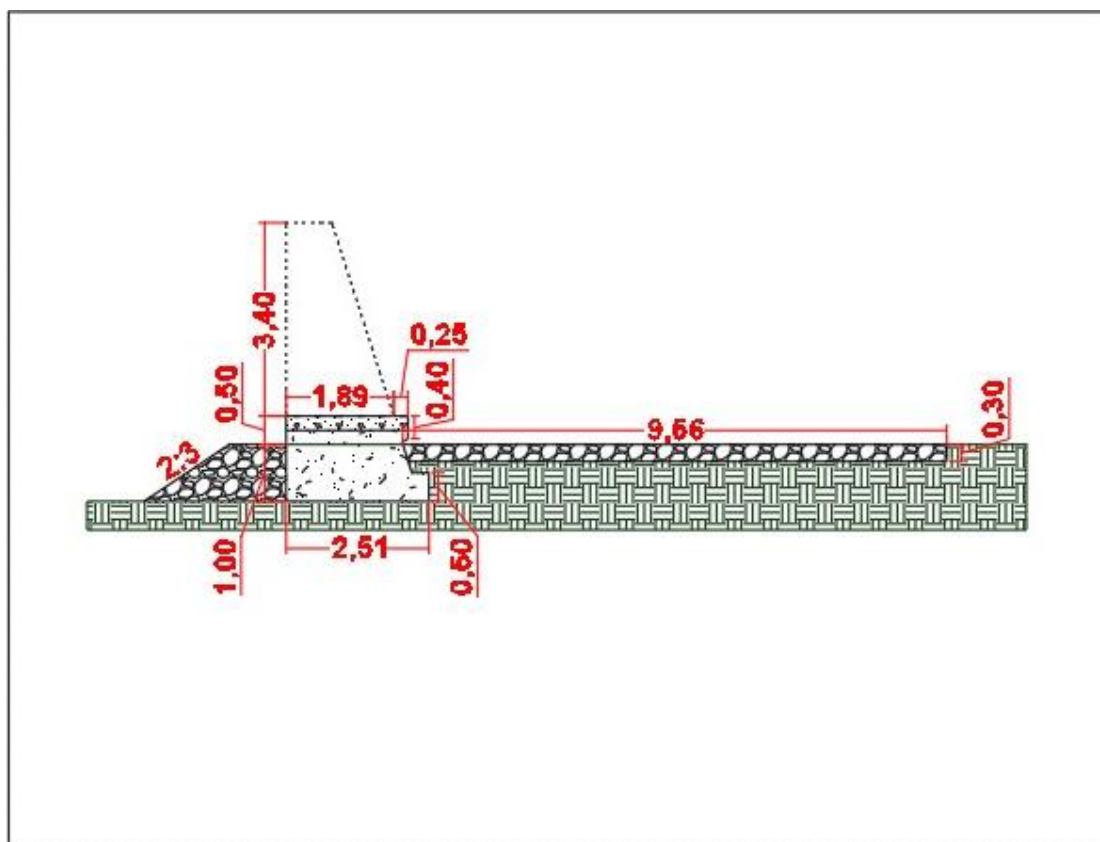
Περιγραφή	Τιμή
Ύψος φράγματος (m), $H_h$	0,50
Ειδική παροχή ( $m^2/s$ ), $q$	8,20
Διάμετρος λίθων (m), $d_{90}$	0,30
Συντελεστής $W_s$	0,78
Συντελεστής $W_e$	0,75
Στάθμη ύδατος (m), $H_{wu}$	1,95
Συντελεστής $a$	0,17
Κλίση αντιστάθμισης, $J_a$	0,03

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.66.

**Πίνακας 6.66:** Υποσκαφή πέμπτου φράγματος

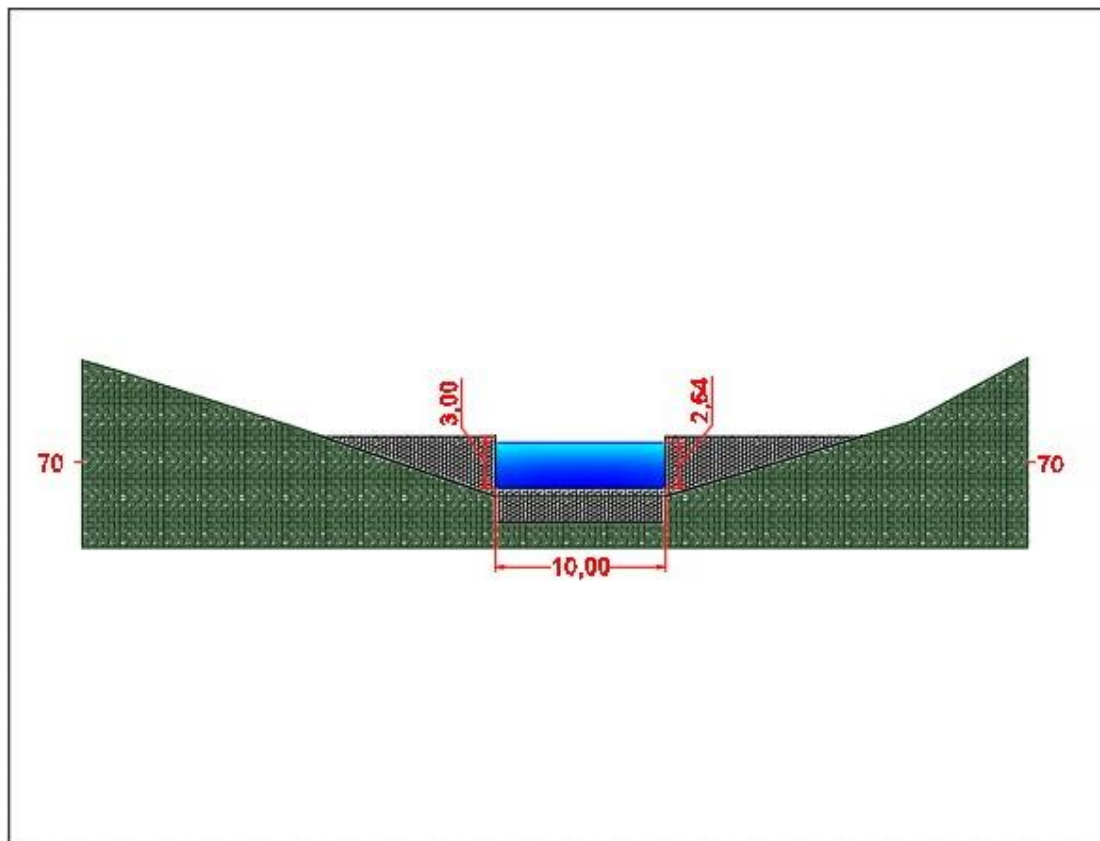
Περιγραφή	Τιμή
Βάθος υποσκαφής (m), $S_o$	4,321
Μήκος υποσκαφής (m), $L_s$	9,557
Υποσκαφή θεμελίου (m), $h_s$	2,371
Διάμετρος λίθων (m), $D_e$	0,718

Με βάση το μέγιστο μήκος υποσκαφής σχεδιάστηκε η τομή του φράγματος από σκυρόδεμα (Εικόνα 6.52).



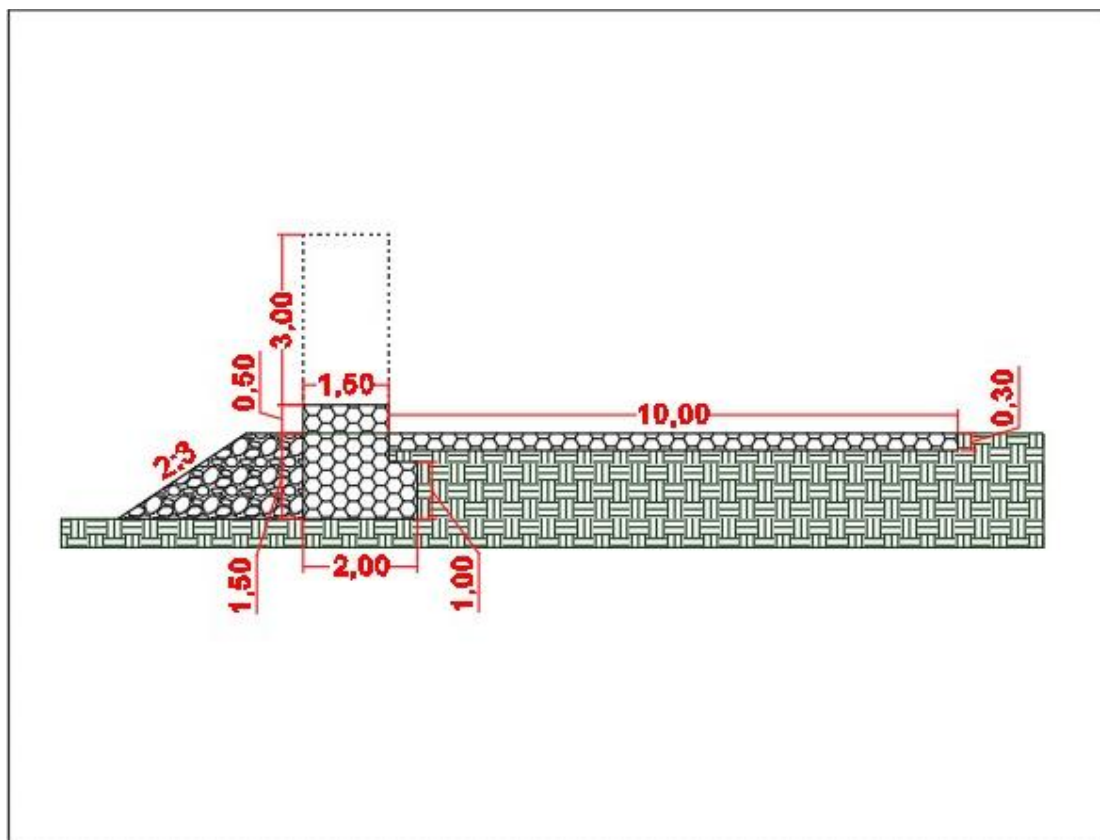
**Εικόνα 6.52:** Τομή πέμπτου φράγματος από σκυρόδεμα

Στην ίδια θέση σχεδιάστηκε η πρόσοψη φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια (Εικόνα 6.53).



**Εικόνα 6.53:** Πρόσοψη πέμπτου φράγματος από συρματόπλεχτα κιβώτια

Στην εναλλακτική επιλογή σχεδιάστηκε η τομή του φράγματος από συρματόπλεχτα κιβώτια, όπου κατάντη του φράγματος και επί της κοίτης τοποθετήθηκαν δύο στρωμές μήκους τριών και μία στρωμή τεσσάρων μέτρων (Maccaferri, 2018), όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.54.

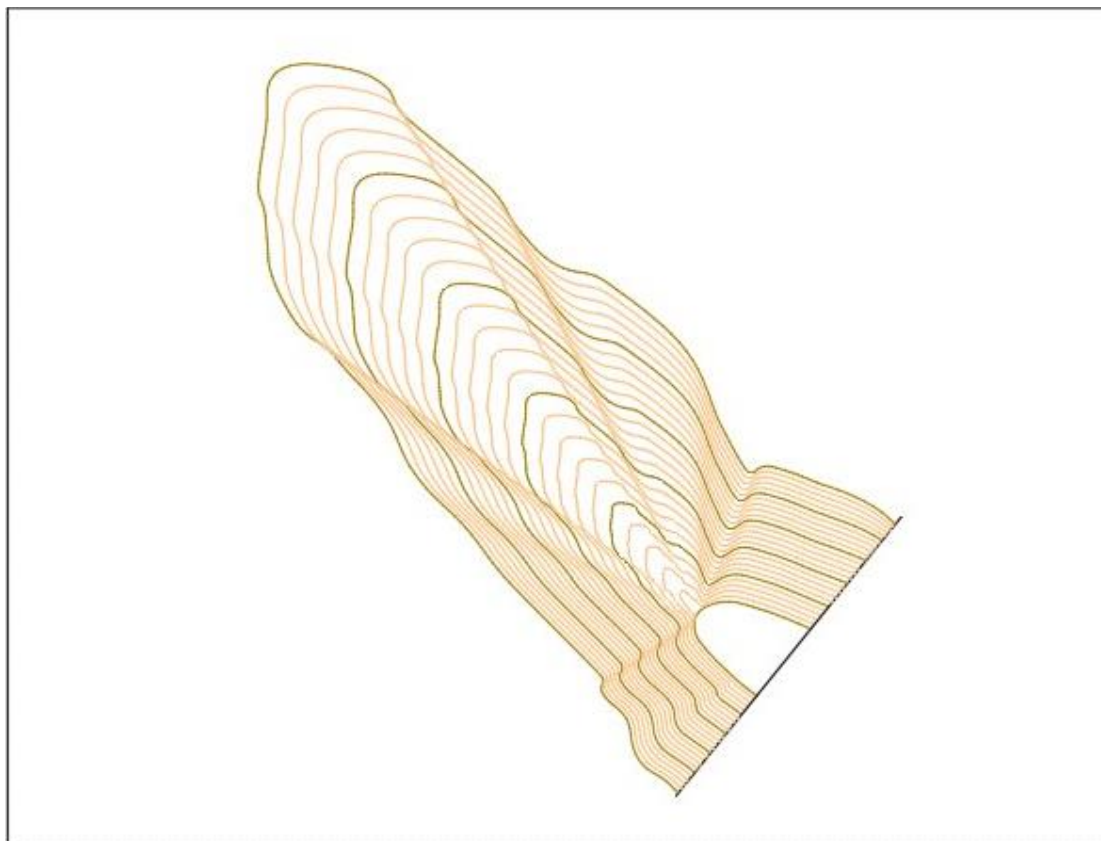


**Εικόνα 6.54:** Τομή πέμπτου φράγματος από συρματόπλεχτα κιβώτια

### 6.5.6 Εκτίμηση παροχής κατάντη

Κατάντη του κόμβου J165 όπου σχεδιάστηκε το φράγμα δημιουργήθηκε στο HEC-HMS ένας μικρός ταμιευτήρας (reservoir) με δομή εκροής (outflow structures) και έναν υπερχειλιστή (spillway) δίνοντας ως μέθοδο αποθήκευσης (storage method) την καμπύλη στάθμης αποθήκευσης (elevation-storage) για τη λεκάνη κατάκλυσης ανάντη του φράγματος (Πίνακας 6.67). Μέσω του λογισμικού Civil 3D από το οποίο δημιουργήθηκε το δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων εξήχθησαν οι ισοϋψείς ανάντη του φράγματος ανά είκοσι εκατοστά (Εικόνα 6.55).





**Εικόνα 6.55:** Λεκάνη κατάκλυσης πέμπτου φράγματος

**Πίνακας 6.67:** Δεδομένα στάθμης-αποθήκευσης πέμπτου φράγματος

Υψόμετρο (m)	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Όγκος (m <sup>3</sup> )	Αθροιστικός όγκος (1000 m <sup>3</sup> )	
67,99	68,00	87,08	0,29	0,000
68,00	68,20	104,49	19,13	0,019
68,20	68,40	129,44	23,35	0,043
68,40	68,60	161,17	29,00	0,072
68,60	68,80	199,83	36,03	0,108
68,80	69,00	245,32	44,44	0,152
69,00	69,20	297,64	54,21	0,206
69,20	69,40	356,79	65,35	0,272
69,40	69,60	422,78	77,86	0,350
69,60	69,80	495,61	91,74	0,441
69,80	70,00	575,30	106,99	0,548
70,00	70,20	661,86	123,62	0,672
70,20	70,40	755,28	141,61	0,814
70,40	70,60	855,56	160,98	0,975
70,60	70,80	962,64	181,71	1,156
70,80	71,00	1076,49	203,81	1,360

<b>71,00</b>	<b>71,20</b>	1197,14	227,26	1,587
<b>71,20</b>	<b>71,40</b>	1324,60	252,07	1,839
<b>71,40</b>	<b>71,60</b>	1458,86	278,24	2,118
<b>71,60</b>	<b>71,80</b>	1599,92	305,77	2,423
<b>71,80</b>	<b>72,00</b>	1747,80	334,66	2,758
<b>72,00</b>	<b>72,20</b>	1902,43	364,91	3,123
<b>72,20</b>	<b>72,40</b>	2063,81	396,51	3,520
<b>72,40</b>	<b>72,60</b>	2231,92	429,46	3,949
<b>72,60</b>	<b>72,80</b>	2406,62	463,74	4,413
<b>72,80</b>	<b>73,00</b>	2587,91	499,34	4,912

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος υπερχειλιστή ευρείας στέψης (broad-crested spillway), δίνοντας το υψόμετρο (elevation) που βρίσκεται η στέψη του φράγματος, το μήκος (length) του διάρρου και το συντελεστή (coefficient) με τον οποίο καθορίζονται οι απώλειες ενέργειας κατά την είσοδο, ροή και έξοδο από τον υπερχειλιστή, με βάση τις διαστάσεις του φράγματος από συρματοπλεχτα κιβώτια οι οποίες είναι μεγαλύτερες (Πίνακας 6.68).

**Πίνακας 6.68:** Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή πέμπτου φράγματος

Παράμετρος	Τιμή
<b>Υψόμετρο (m)</b>	68,5
<b>Μήκος (m)</b>	10,0
<b>Συντελεστής (<math>m^{0,5}/s</math>)</b>	1,1

Έπειτα πραγματοποιήθηκε εκ νέου εκτέλεση του HEC-HMS όπου παρατηρήθηκε μικρή μείωση του όγκου και της παροχής κατόπιν του κόμβου J165, όπως φαίνεται και στην παροχή αιχμής στην έξοδο της λεκάνης απορροής, η οποία από 94  $m^3/s$  μειώθηκε στα 93,6  $m^3/s$  (Πίνακας 6.69).

**Πίνακας 6.69:** Εκτίμηση παροχών αιχμής λόγω πέμπτου ταμιευτήρα

Hydrologic Element	Drainage Area ( $km^2$ )	Peak Discharge ( $m^3/s$ )	Time of Peak	Volume (mm)	Volume (1000 $m^3$ )
<b>J154</b>	5,3	15,8	01Μαΐ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J157</b>	7,6	75,0	01Μαΐ2020, 06:58	77,5	588,2
<b>J162</b>	1,3	2,8	01Μαΐ2020, 06:49	18,5	24,8
<b>J165</b>	6,4	71,2	01Μαΐ2020, 07:31	77,0	492,3
<b>J172</b>	0,5	1,7	01Μαΐ2020, 06:31	21,7	10,8

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>J175</b>	3,0	9,1	01Μαϊ2020, 06:49	26,7	79,9
<b>J178</b>	0,5	1,2	01Μαϊ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J185</b>	1,5	3,5	01Μαϊ2020, 06:37	18,5	28,5
<b>J188</b>	5,0	69,2	01Μαϊ2020, 06:49	91,3	458,4
<b>J191</b>	0,5	0,8	01Μαϊ2020, 06:46	14,9	7,2
<b>J196</b>	0,8	21,6	01Μαϊ2020, 06:11	91,4	77,2
<b>J203</b>	0,5	1,1	01Μαϊ2020, 06:39	17,8	8,0
<b>J206</b>	0,6	14,3	01Μαϊ2020, 06:13	88,9	53,9
<b>J211</b>	3,6	61,3	01Μαϊ2020, 06:41	91,3	326,8
<b>J216</b>	2,9	57,1	01Μαϊ2020, 06:24	91,0	264,5
<b>J219</b>	2,7	54,4	01Μαϊ2020, 06:25	90,5	243,4
<b>J224</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J227</b>	2,2	49,3	01Μαϊ2020, 06:16	87,9	196,3
<b>J230</b>	0,4	9,4	01Μαϊ2020, 06:18	81,8	35,1
<b>J233</b>	0,7	18,0	01Μαϊ2020, 06:14	93,3	60,7
<b>J238</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J249</b>	0,5	1,2	01Μαϊ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J255</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J258</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J263</b>	7,6	75,0	01Μαϊ2020, 06:58	77,5	588,2
<b>J265</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J267</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J269</b>	12,9	89,9	01Μαϊ2020, 06:58	56,0	720,1



<b>J272</b>	12,9	89,9	01Μαϊ2020, 06:58	56,0	720,1
<b>Outlet1</b>	15,1	<b>93,6</b>	01Μαϊ2020, 06:57	52,8	798,4
<b>Reservoir-1</b>	2,2	49,3	01Μαϊ2020, 06:17	87,7	196,0
<b>Reservoir-2</b>	2,9	57,1	01Μαϊ2020, 06:25	90,9	264,4
<b>Reservoir-3</b>	3,6	61,3	01Μαϊ2020, 06:42	91,3	326,6
<b>Reservoir-4</b>	5,0	69,1	01Μαϊ2020, 06:49	91,2	458,1
<b>Reservoir-5</b>	6,4	71,0	01Μαϊ2020, 07:32	77,0	492,2

Για το χρόνο συγκέντρωσης « $t_c$ » κατά Kirpich μέσω της εξίσωσης [6.7] και το χρόνο υστέρησης μέσω της εξίσωσης [6.8] για την υπολεκάνη W990, στην οποία θα κατασκευαστεί το πέμπτο φράγμα επιλέχθηκε το μήκος «L» και η κλίση «S» του ρέματος R470, όπως υπολογίστηκε από το HEC-GeoHMS.

$$t_c = 0,01947 \cdot \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} = 0,01947 \cdot \left( \frac{1.905,1}{\sqrt{0,0325}} \right)^{0,77} = 24,4 \text{ min}$$

$$t_{lag} = 0,6 \cdot t_c = 0,6 \cdot 24,4 = 14,6 \text{ min}$$

Θέτοντας στην κλίση του ρέματος, την εκτιμημένη κλίση αντιστάθμισης υπολογίστηκε ο χρόνος συγκέντρωσης κατά Kirpich μέσω της εξίσωσης [6.7] και ο χρόνος υστέρησης μέσω της εξίσωσης [6.8].

$$t_c = 0,01947 \cdot \left( \frac{L}{\sqrt{J_a}} \right)^{0,77} = 0,01947 \cdot \left( \frac{1.905,1}{\sqrt{0,03}} \right)^{0,77} = 25,2 \text{ min}$$

$$t_{lag,αντιστάθμισης} = 0,6 \cdot t_c = 0,6 \cdot 25,2 = 15,1 \text{ min}$$

Επειδή ο χρόνος υστέρησης της υπολεκάνης W990 υπολογίστηκε με τη μέθοδο της SCS μέσω του HEC-GeoHMS, ο τελικός χρόνος υστέρησης (lag) λόγω διόδευσης του ρέματος R470 προέκυψε με αναλογία μέσω της εξίσωσης [6.9].

$$t_{routing} = \frac{BasinLag}{t_{lag}} \cdot t_{lag,αντιστάθμισης} = \frac{20,7}{14,6} \cdot 15,1 = 21,4 \text{ min}$$

Μετά από αυτές τις αλλαγές παρατηρήθηκε μείωση της παροχής κατάντη του κόμβου J165, όπως φαίνεται και στην παροχή αιχμής στην έξοδο της

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

λεκάνης απορροής, η οποία από 93,6 m<sup>3</sup>/s μειώθηκε στα 89,4 m<sup>3</sup>/s (Πίνακας 6.70).

**Πίνακας 6.70:** Εκτίμηση παροχών αιχμής κατάντη πέμπτου φράγματος

<b>Hydrologic Element</b>	<b>Drainage Area (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Peak Discharge (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Time of Peak</b>	<b>Volume (mm)</b>	<b>Volume (1000 m<sup>3</sup>)</b>
<b>J154</b>	5,3	15,8	01Μαΐ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J157</b>	7,6	73,7	01Μαΐ2020, 07:53	77,5	588,2
<b>J162</b>	1,3	2,8	01Μαΐ2020, 06:49	18,5	24,8
<b>J165</b>	6,4	71,2	01Μαΐ2020, 07:31	77,0	492,3
<b>J172</b>	0,5	1,7	01Μαΐ2020, 06:31	21,7	10,8
<b>J175</b>	3,0	9,1	01Μαΐ2020, 06:49	26,7	79,9
<b>J178</b>	0,5	1,2	01Μαΐ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J185</b>	1,5	3,5	01Μαΐ2020, 06:37	18,5	28,5
<b>J188</b>	5,0	69,2	01Μαΐ2020, 06:49	91,3	458,4
<b>J191</b>	0,5	0,8	01Μαΐ2020, 06:46	14,9	7,2
<b>J196</b>	0,8	21,6	01Μαΐ2020, 06:11	91,4	77,2
<b>J203</b>	0,5	1,1	01Μαΐ2020, 06:39	17,8	8,0
<b>J206</b>	0,6	14,3	01Μαΐ2020, 06:13	88,9	53,9
<b>J211</b>	3,6	61,3	01Μαΐ2020, 06:41	91,3	326,8
<b>J216</b>	2,9	57,1	01Μαΐ2020, 06:24	91,0	264,5
<b>J219</b>	2,7	54,4	01Μαΐ2020, 06:25	90,5	243,4
<b>J224</b>	1,1	22,2	01Μαΐ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J227</b>	2,2	49,3	01Μαΐ2020, 06:16	87,9	196,3
<b>J230</b>	0,4	9,4	01Μαΐ2020, 06:18	81,8	35,1

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>J233</b>	0,7	18,0	01Μαϊ2020, 06:14	93,3	60,7
<b>J238</b>	1,1	22,2	01Μαϊ2020, 06:23	84,2	94,8
<b>J249</b>	0,5	1,2	01Μαϊ2020, 06:48	19,3	10,2
<b>J255</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J258</b>	4,3	12,0	01Μαϊ2020, 06:49	24,2	104,7
<b>J263</b>	7,6	73,7	01Μαϊ2020, 07:53	77,5	588,2
<b>J265</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J267</b>	5,3	15,8	01Μαϊ2020, 06:47	25,1	131,9
<b>J269</b>	12,9	83,9	01Μαϊ2020, 07:19	56,0	720,1
<b>J272</b>	12,9	83,9	01Μαϊ2020, 07:19	56,0	720,1
<b>Outlet1</b>	15,1	<b>89,4</b>	01Μαϊ2020, 07:18	52,8	798,4
<b>Reservoir-1</b>	2,2	49,3	01Μαϊ2020, 06:17	87,7	196,0
<b>Reservoir-2</b>	2,9	57,1	01Μαϊ2020, 06:25	90,9	264,4
<b>Reservoir-3</b>	3,6	61,3	01Μαϊ2020, 06:42	91,3	326,6
<b>Reservoir-4</b>	5,0	69,1	01Μαϊ2020, 06:49	91,2	458,1
<b>Reservoir-5</b>	6,4	71,0	01Μαϊ2020, 07:32	77,0	492,2

## 6.6 Πρώτο ξυλόφραγμα

### 6.6.1 Στατικός έλεγχος ευστάθειας ξυλοφραγμάτων

Σε συνδυασμό με τα προηγούμενα αντιπλημμυρικά έργα που παρουσιάζουν μόνιμο χαρακτήρα προτείνεται και η δημιουργία τριών (3) ξυλοφραγμάτων τα οποία αποτελούν μια πιο προσωρινή κατασκευή. Ο στατικός έλεγχος ευστάθειας πραγματοποιήθηκε για το πρώτο ξυλόφραγμα με τη μέγιστη αιχμή απορροής από τα τρία ξυλοφράγματα, το οποίο θα τοποθετηθεί μεταξύ δεύτερου και τρίτου φράγματος. Στον κλάδο (R150) εκτιμήθηκε σχετικά υψηλή παροχή αιχμής (57,1 m<sup>3</sup>/s από Πίνακα 6.70) και η επιλογή της θέσης του πρώτου ξυλοφράγματος είναι σε σημείο τοπικής στένωσης της κοίτης (Εικόνα 6.56). Αρχικά υπολογίστηκε η κρουστική ή υδροδυναμική φόρτιση «P<sub>D</sub>» στο ξυλόφραγμα μέσω της εξίσωσης [6.10] για επιφάνεια φράγματος «F» πλάτους ενός μέτρου και συνολικού ύψους, υπέργειου «H<sub>h</sub>» και διάρρου «H<sub>a</sub>», ίση με 1,4 m, με ταχύτητα προσέγγισης «V», μετά την αποκατάσταση της κλίσης αντιστάθμισης (Μαρουγκλιάνης, 2018) που προέκυψε από το μέσο όρο των μεθόδων Μουλόπουλου, Bernard και Κωτούλα (Πίνακας 6.18), στις οποίες χρησιμοποιείται η μέγιστη υδατοστερεοπαροχή.

$$P_D = 1,19 \cdot F \cdot \gamma_{\text{φερτών}} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 1,19 \cdot [1 \cdot (1 + 0,4)] \cdot 1,9 \cdot \frac{3,5^2}{2 \cdot 9,81} = 1,98 \text{ t} \quad \mathbf{[6.10]}$$

Υπολογίστηκε η ροπή ανατροπής για τη δύναμη που ασκείται στην κορυφή του διάρρου μέσω της εξίσωσης [6.11] (Μαρουγκλιάνης, 2018).

$$M_{\text{ανατροπής}} = P_D \cdot (H_h + H_a) = 1,98 \cdot (1 + 0,4) = 2,77 \text{ t} \cdot \text{m} \quad \mathbf{[6.11]}$$

Ο συντελεστής παθητικής ώθησης γαιών «K<sub>p</sub>» υπολογίστηκε μέσω της εξίσωσης [6.12] για γωνία τριβής «φ» πλαστικής αργίλου και ιλύος, σύμφωνα με το εδαφολογικό χάρτη από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος των Νήσων Αιγαίου, για την περιοχή του πρώτου ξυλοφράγματος η οποία αποτελεί και τη δυσμενέστερη περίπτωση (Μαρουγκλιάνης, 2018).

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{24^\circ}{2} \right) = 2,37 \quad \mathbf{[6.12]}$$

Υπολογίστηκε η παθητική ώθηση γαιών «E<sub>p</sub>» μέσω της εξίσωσης [6.13] που ασκείται στο ξυλόφραγμα από τη θεμελίωσή του «h<sub>θεμελίου</sub>», για μικρή συνοχή «c» εδάφους (Μαρουγκλιάνης, 2018).

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{εδάφους}} \cdot h_{\text{θεμελίου}}^2 \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot h_{\text{θεμελίου}} \cdot K_p^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} \cdot 1,9 \cdot 0,5^2 \cdot 2,37 + 2 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 2,37^{\frac{1}{2}} = 2,1 \text{ t} \quad \mathbf{[6.13]}$$

Υπολογίστηκε το εμβαδόν της διατομής των κορμών ή πασσάλων που θα χρησιμοποιθούν μέσω της εξίσωσης [6.14], με ελάχιστη διάμετρο τα είκοσι εκατοστά.

$$E_{\text{πασσάλου}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} = 0,03 \text{ m}^2 \quad [6.14]$$

Στη γύρω περιοχή συναντώνται αρκετά πουρνάρια, τα οποία δεν είναι επιθυμητά από τους καλλιεργητές ή αγρότες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή μικρών ξυλοφραγμάτων. Λαμβάνοντας υπόψη το ειδικό βάρος «γπουρνάρι» του πουρναριού, το μέγιστο πλάτος «s» της κοίτης που θα καλυφθεί και το πλήθος των κορμών «P» που θα χρειαστούν, μπορεί να εκτιμηθεί το βάρος «G» του ξυλοφράγματος της δυσμενέστερης περίπτωσης, μέσω της εξίσωσης [6.15] (Μαρουγκλιάνης, 2018).

$$G = E_{\text{πασσάλου}} \cdot s \cdot \gamma_{\text{πουρνάρι}} \cdot P = 0,03 \cdot 5 \cdot 0,9 \cdot 7 = 0,99 \text{ t} \quad [6.15]$$

Επειδή η πάκτωση του ξυλοφράγματος στα πρανή είναι μισό μέτρο, όπως στη θεμελίωση, η παθητική ώθηση γαιών « $E_p^F$ » θα είναι η ίδια με την ώθηση γαιών λόγω θεμελίωσης του « $E_p$ ». Επομένως, μπορεί να υπολογιστεί η αντιστήριξη ή αντίσταση « $W_F$ » των πρανών της κοίτης μέσω της εξίσωσης [6.16], λόγω γωνίας τριβής «φ» του εδάφους και γωνίας σύγκλισης «α» των πλευρικών περάτων του φράγματος (Μαρουγκλιάνης, 2018).

$$W_F = E_p^F + G \cdot \frac{\tan \varphi}{\cos \alpha} = 2,1 + 0,99 \cdot \frac{\tan 24^\circ}{\cos 30^\circ} = 2,61 \text{ t} \quad [6.16]$$

Κάθε ξυλόφραγμα εκτός από την πάκτωση στην κοίτη και στα πρανή στη θέση κατασκευής, αγκυρώνεται σε συγκεκριμένο μήκος «L» από το φράγμα στα ανάντη πρανή της κοίτης. Άρα, μπορεί να υπολογιστεί η συνολική ροπή του ξυλοφράγματος σε ανατροπή μέσω της εξίσωσης [6.17] (Μαρουγκλιάνης, 2018).

$$M_{\text{ευστάθειας}} = \frac{E_p \cdot h_{\text{θεμελίου}}}{2} + \frac{E_p \cdot L}{2} + W_F \cdot (H_h + H_a) = \frac{2,1 \cdot 0,5}{2} + \frac{2,1 \cdot 5}{2} + 2,61 \cdot (1 + 0,4) = 9,44 \text{ t} \cdot \text{m} \quad [6.17]$$

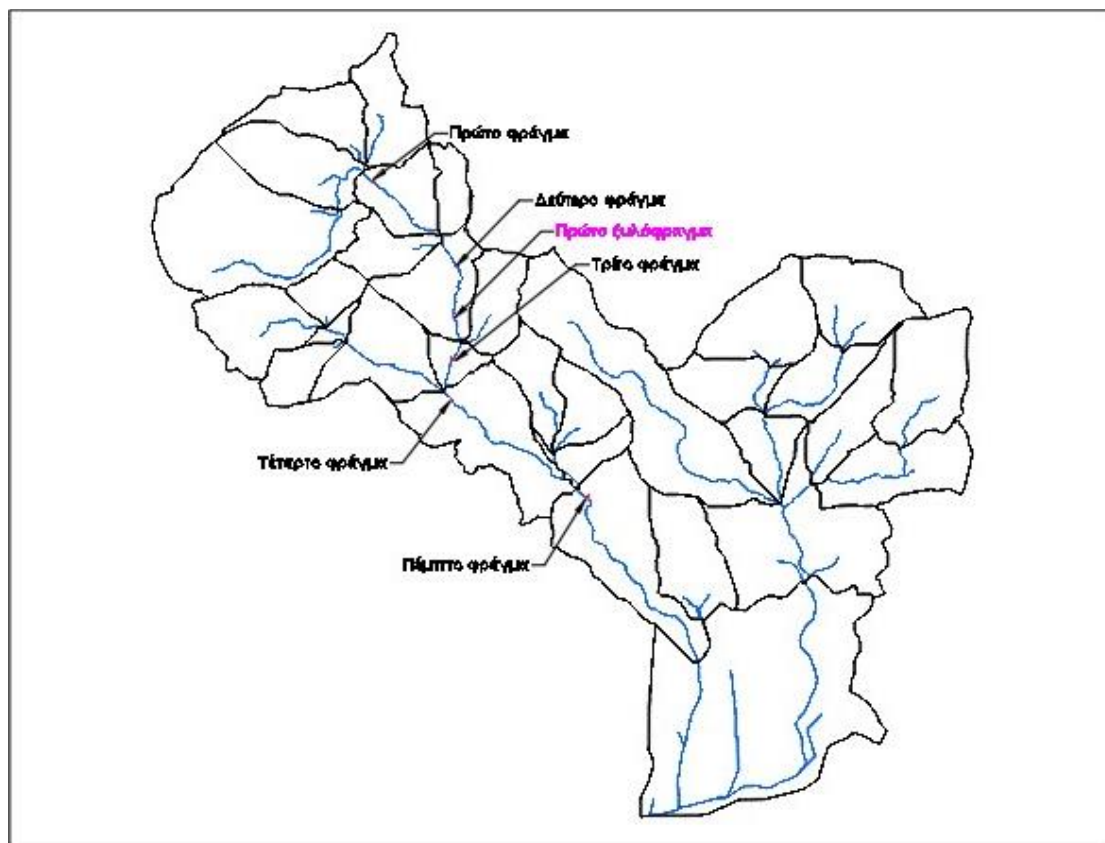
Τελικά προέκυψε ο συντελεστής ασφαλείας μέσω της εξίσωσης [6.18], που αποδεικνύει ότι η κατασκευή των προτεινόμενων ξυλοφραγμάτων δεν ενέχει κίνδυνο ανατροπής (Μαρουγκλιάνης, 2018).

$$k_{\text{ασφαλείας}} = \frac{M_{\text{ευστάθειας}}}{M_{\text{ανατροπής}}} = \frac{9,44}{2,77} = 3,41 > 1,2 \quad [6.18]$$

## 6.6.2 Σχεδιασμός πρώτου ξυλοφράγματος

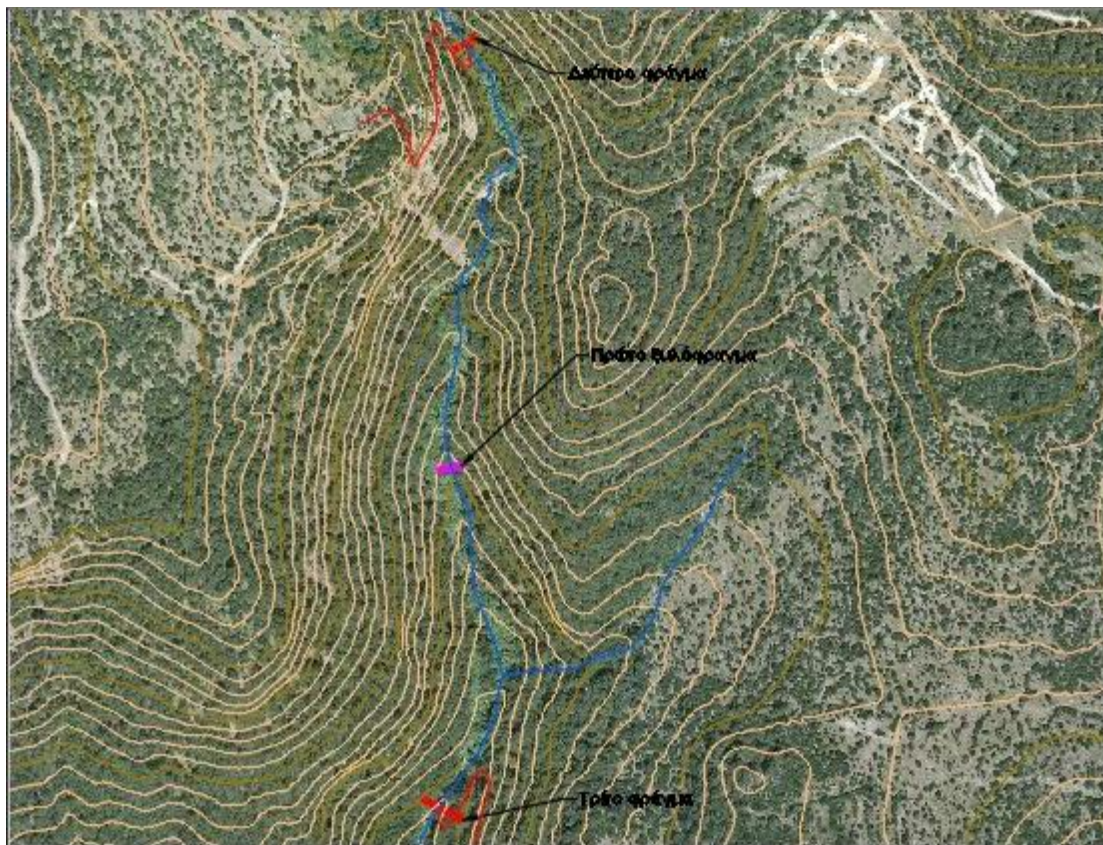
Η θέση του πρώτου ξυλοφράγματος, εντός της λεκάνης απορροής, παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.56.





**Εικόνα 6.56:** Προτεινόμενη θέση κατασκευής πρώτου ξυλόφραγματος

Εστιάζοντας στην περιοχή παρατηρείται ότι το ξυλόφραγμα θα τοποθετηθεί μεταξύ του δεύτερου και τρίτου φράγματος και επομένως μπορούν να αξιοποιηθούν οι προσβάσεις που θα δημιουργηθούν για τη μεταφορά των υλικών κατασκευής αυτών, χρησιμοποιώντας και την κοίτη σε ξηρή περίοδο που δεν υπάρχει νερό (Εικόνα 6.57).

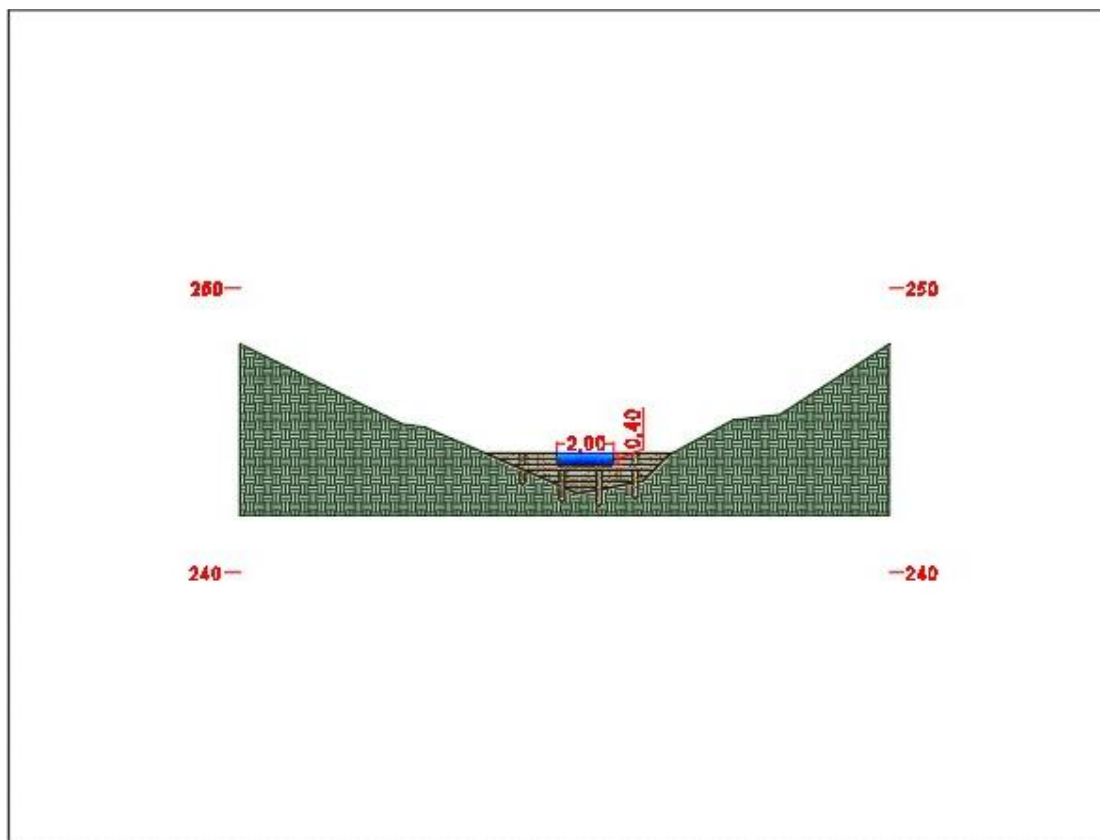


**Εικόνα 6.57:** Προτεινόμενη πρόσβαση για το πρώτο ξυλόφραγμα

Τα ξυλοφράγματα ομαδοποιούνται αναλόγως του πλάτους της κοίτης σε τρεις κατηγορίες (Μαρουγκλιάνης, 2018):

- i. Ξυλόφραγμα μήκους 4 m, υπέργειου ύψους 1 m με διάρρου μήκους 1 m και ύψους 0,4 m.
- ii. Ξυλόφραγμα μήκους 5 m, υπέργειου ύψους 1 m με διάρρου μήκους 2 m και ύψους 0,4 m.
- iii. Ξυλόφραγμα μήκους 6 m, υπέργειου ύψους 1 m με διάρρου μήκους 3 m και ύψους 0,6 m.

Στην περίπτωση ξυλοφράγματος από κορμούς πουρναριών ή άλλων δέντρων και σύμφωνα με το συγκεκριμένο πλάτος της κοίτης που προέκυψε από το διαμορφωμένο ψηφιακό μοντέλο εδάφους, σχεδιάστηκε η πρόσοψη για ξυλόφραγμα της δεύτερης κατηγορίας (Εικόνα 6.58).



**Εικόνα 6.58:** Πρόσωση πρώτου ξυλοφράγματος

Στη συνέχεια υπολογίστηκε το κρίσιμο ύψος νερού για ισοδύναμη τραπεζοειδή διατομή στο λογισμικό Torrential MIK, δίνοντας δεδομένα ώστε το εμβαδόν του τραπέζιου που θα προκύψει να είναι ίσο με το εμβαδόν της ορθογωνικής διατομής (Πίνακας 6.71). Η υδατοστερεοπαροχή που συμπληρώθηκε είναι το άθροισμα της υδατοπαροχής και της στερεοπαροχής, όπως εκτιμήθηκε για το δεύτερο φράγμα, κατάντη του κόμβου J216.

**Πίνακας 6.71:** Στοιχεία διατομής πρώτου ξυλοφράγματος

Περιγραφή	Τιμή
Πλάτος κοίτης (m), s	5,0
Συνολική παροχή (m <sup>3</sup> /s), Q <sub>o</sub>	65,5
Κλίση δεξιού πρανούς	0,4
Κλίση αριστερού πρανούς	0,4
Ύψος τραπέζιου (m), <math>h_{\text{κρ}}</math>	1,5

Από την ισότητα των εμβαδών προέκυψε η μέγιστη στάθμη νερού για τραπεζοειδή διατομή (Πίνακας 6.72).

**Πίνακας 6.72:** Υδραυλικά στοιχεία διατομής πρώτου ξυλοφράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Κρίσιμο βάθος ορθογωνικής διατομής (m), H</b>	3,894
<b>Κρίσιμο ύψος ορθογωνικής διατομής (m), h<sub>κρ</sub></b>	2,596
<b>Εμβαδόν ορθογωνικής διατομής (m<sup>2</sup>)</b>	12,98
<b>Εμβαδόν τραπεζοειδούς διατομής (m<sup>2</sup>)</b>	13,125
<b>Κρίσιμο βάθος τραπεζοειδούς διατομής (m), H</b>	2,25

Θεωρώντας ότι το ξυλόφραγμα λειτουργεί ως ελεύθερος εκχειλιστής για την επιλογή των κατάλληλων συντελεστών ( $W_s$  και  $W_e$ ), ότι η ειδική παροχή είναι ο λόγος της υδατοστερεοπαροχής προς το πλάτος της κοίτης και θεωρώντας ως κλίση αντιστάθμισης το μέσο όρο των μεθόδων Μουλόπουλου, Bernard και Κωτούλα, στις οποίες χρησιμοποιείται η μέγιστη υδατοστερεοπαροχή για το δεύτερο φράγμα ανάντη του ξυλοφράγματος, τα δεδομένα που απαιτήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.73.

**Πίνακας 6.73:** Χαρακτηριστικά πρώτου ξυλοφράγματος

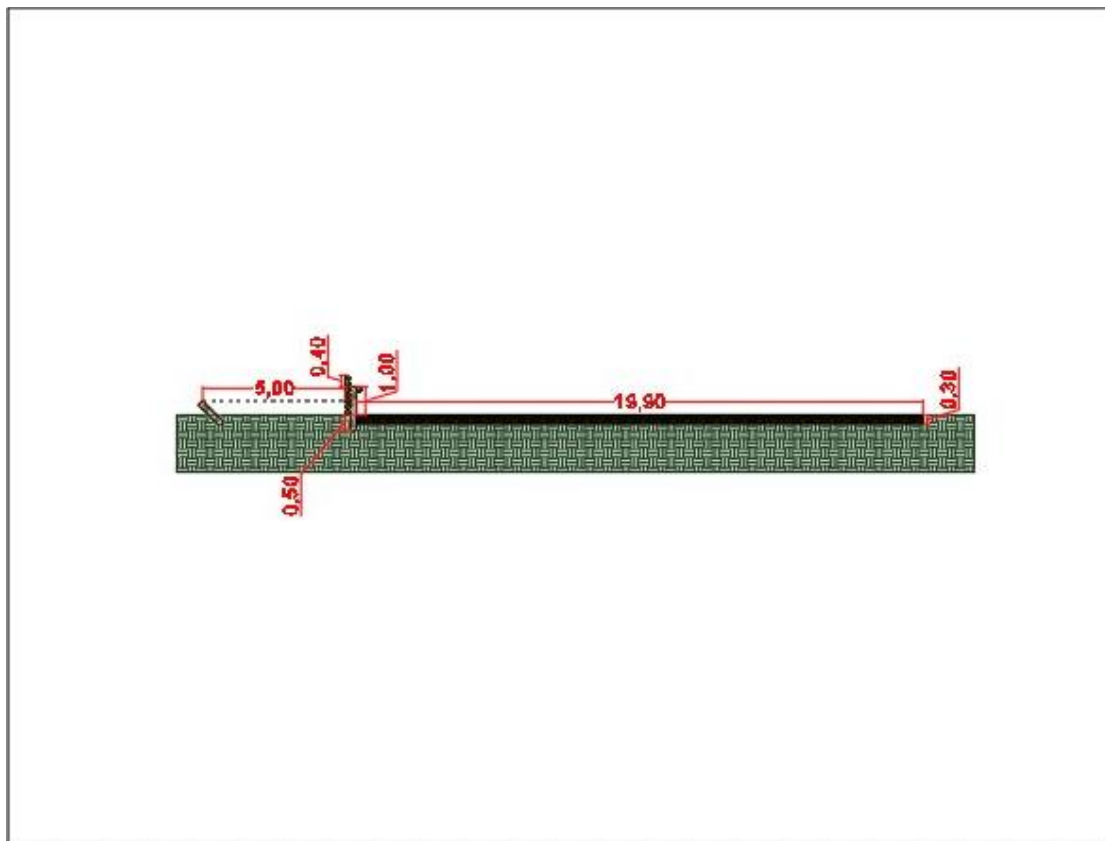
Περιγραφή	Τιμή
<b>Ύψος φράγματος (m), H<sub>h</sub></b>	1,00
<b>Ειδική παροχή (m<sup>2</sup>/s), q</b>	13,10
<b>Διάμετρος λίθων (m), d<sub>90</sub></b>	0,30
<b>Συντελεστής W<sub>s</sub></b>	0,78
<b>Συντελεστής W<sub>e</sub></b>	0,75
<b>Στάθμη ύδατος (m), H<sub>wu</sub></b>	2,25
<b>Συντελεστής a</b>	0,17
<b>Κλίση αντιστάθμισης, J<sub>a</sub></b>	0,03

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.74.

**Πίνακας 6.74:** Υποσκαφή πρώτου ξυλοφράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Βάθος υποσκαφής (m), S<sub>o</sub></b>	7,644
<b>Μήκος υποσκαφής (m), L<sub>s</sub></b>	19,903
<b>Υποσκαφή θεμελίου (m), h<sub>s</sub></b>	5,394
<b>Διάμετρος λίθων (m), D<sub>e</sub></b>	0,981

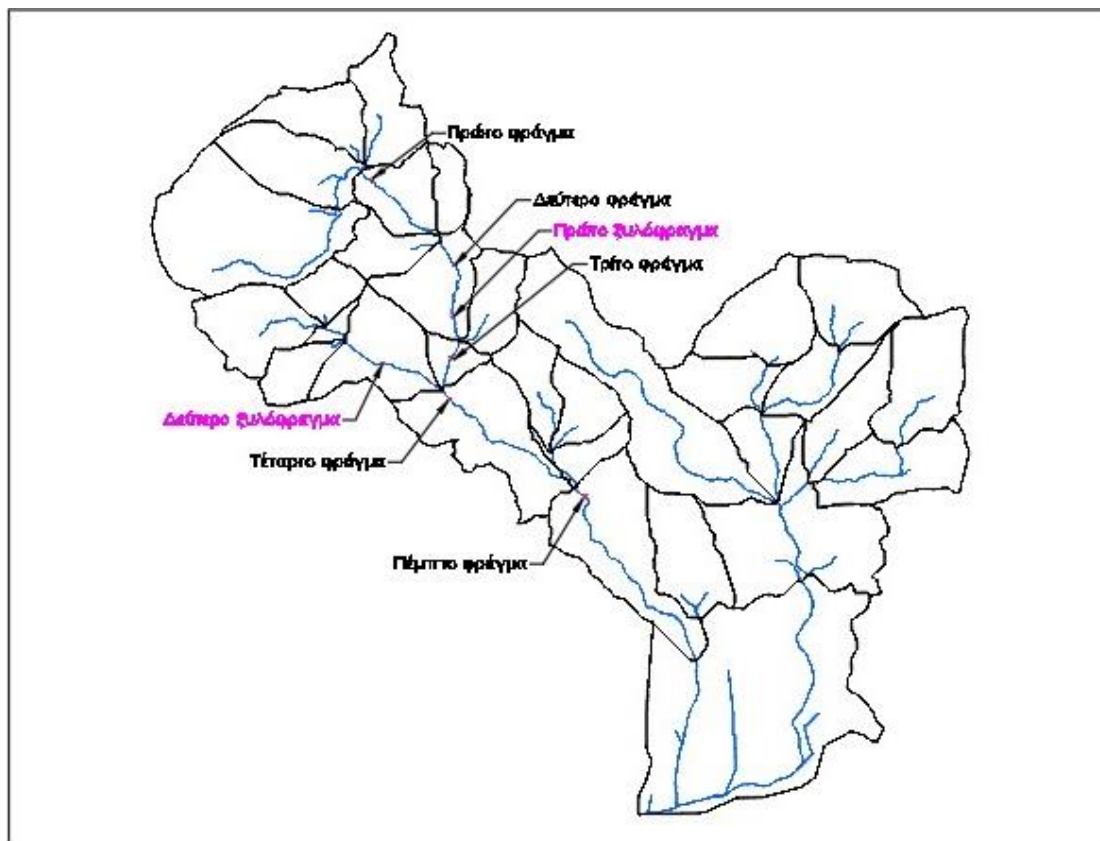
Με βάση το μέγιστο μήκος υποσκαφής σχεδιάστηκε η τομή του ξυλοφράγματος (Εικόνα 6.59).



**Εικόνα 6.59:** Τομή πρώτου ξυλοφράγματος

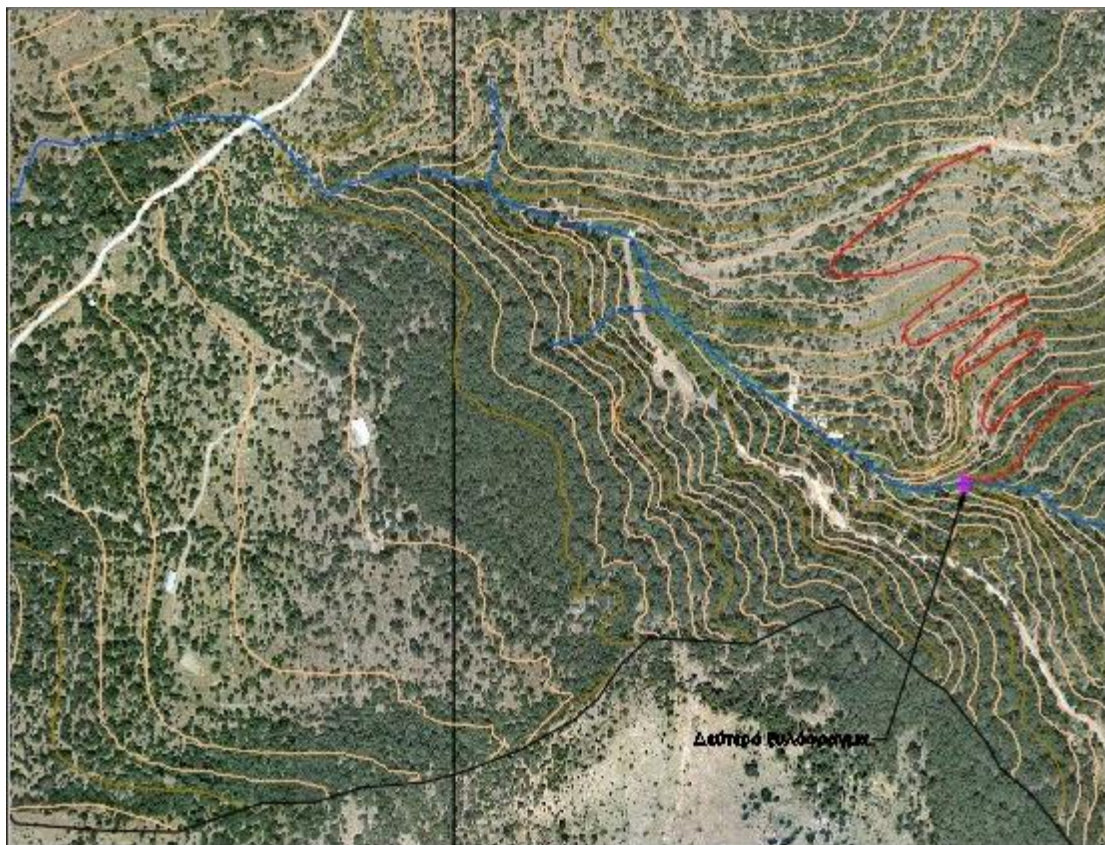
## 6.7 Δεύτερο ξυλόφραγμα

Η θέση του δεύτερου ξυλοφράγματος εντός της λεκάνης απορροής προτείνεται να είναι στην ανάντη υπολεκάνη του τέταρτου φράγματος, λόγω της σχετικά υψηλής παροχής αιχμής (21,6 m<sup>3</sup>/s από Πίνακα 6.70) και της ύπαρξης μικροχαραδρώσεων (Εικόνα 6.60).



**Εικόνα 6.60:** Προτεινόμενη θέση κατασκευής δεύτερου ξυλοφράγματος

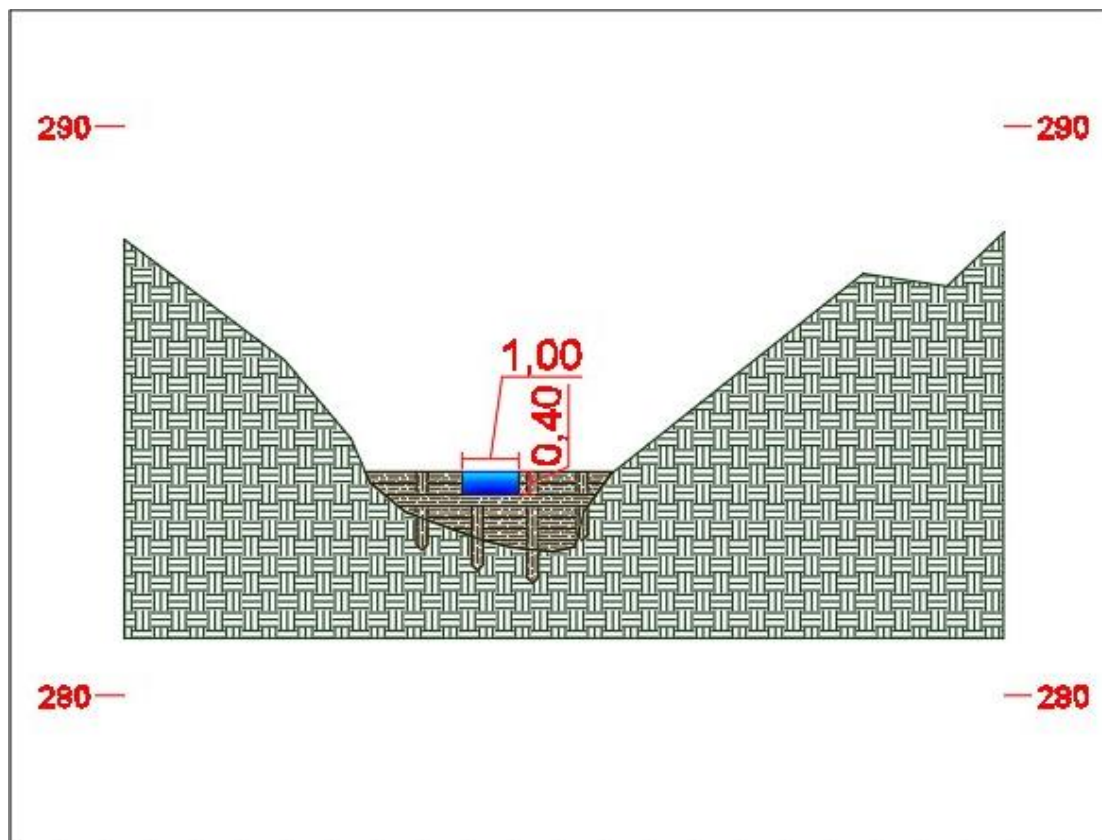
Εστιάζοντας στην περιοχή παρατηρείται ότι υπάρχουν χωματόδρομοι νότια και βόρεια του έργου, από τους οποίους μπορούν να μεταφερθούν τα υλικά κατασκευής. Για ευκολότερη πρόσβαση, με μικρότερες κλίσεις, προτιμάται ο χωματόδρομος βόρεια του έργου, όπου επιπλέον, θα απαιτηθεί διάνοιξη 1,15 km περίπου από βόρεια (Εικόνα 6.61).



**Εικόνα 6.61:** Προτεινόμενη πρόσβαση για το δεύτερο ξυλόφραγμα

### 6.7.1 Σχεδιασμός δεύτερου ξυλοφράγματος

Στην περίπτωση ξυλοφράγματος από κορμούς πουρναριών ή άλλων δέντρων και σύμφωνα με το συγκεκριμένο πλάτος της κοίτης που προέκυψε από το διαμορφωμένο ψηφιακό μοντέλο εδάφους, σχεδιάστηκε η πρόσοψη για ξυλόφραγμα της πρώτης κατηγορίας (Εικόνα 6.62).



**Εικόνα 6.62:** Πρόσοψη δεύτερου ξυλοφράγματος

Η στερεοπαροχή υπολογίστηκε στη θέση συμβολής J196 με τιμή υδατοπαροχής  $Q = 21,6 \text{ m}^3/\text{s}$  (Πίνακας 6.70). Οι υπολεκάνες ανάντη του σημείου ελέγχου έχουν κλίση που βρίσκεται εντός του διαστήματος 16% έως 25% και άρα από πίνακα επιλέχθηκε η τιμή  $P_n = 25$ . Το τμήμα του ποταμού παρουσιάζει μικρή χειμαρρικότητα και λαμβάνει την τιμή  $m = 0,7$ . Το ειδικό βάρος των μεταφερόμενων υλικών το οποίο εξαρτάται από την πετρολογική τους σύσταση είναι μεταξύ άμμων έως κροκάλες γρανιτών, δηλαδή  $Y_n = 2,05 \text{ t/m}^3$ . Με χρήση της εξίσωσης [6.1], υπολογίστηκε η μέγιστη στερεοπαροχή (Μάρης, 2012).

$$G = \frac{P_n \cdot m \cdot Q}{Y_n \cdot (100 - P_n)} = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Συγκεντρωτικά, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό vbClisi παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.75.

**Πίνακας 6.75:** Στοιχεία κοίτης δεύτερου ξυλοφράγματος

Περιγραφή	Τιμή
Μέγιστη υδατοστερεοπαροχή ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), $Q_0$	24,1
Μέγιστη υδατοπαροχή ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), $Q_U$	21,6
Μέγιστη στερεοπαροχή ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), $Q_S$	2,5



<b>Μέση κατά μήκος κλίση της κοίτης (%), <math>I_0</math></b>	21,0
<b>Συντελεστής τραχύτητας Manning, <math>n</math></b>	0,045
<b>Αρχικό πλάτος της κοίτης (m), <math>s_0</math></b>	4,0
<b>Πλάτος της κοίτης μετά τη διευθέτηση (m), <math>s</math></b>	4,0
<b>Κλίση πρηνών μετά τη διευθέτηση, <math>m</math></b>	1,4
<b>Μήκος ογκοδέστερων λίθων (m), <math>w_0</math></b>	0,6
<b>Μήκος λίθων για την επιθυμητή κλίση (m), <math>w</math></b>	0,3
<b>Χαρακτηριστική διάσταση λίθων (m), <math>b</math></b>	0,3
<b>Αντιπροσωπευτική διάμετρος (m), <math>d_m</math></b>	0,1
<b>Ειδικό βάρος εδαφικών κόκκων (<math>\text{kg}/\text{m}^3</math>), <math>\gamma_s</math></b>	2.650
<b>Ειδικό βάρος ύδατος (<math>\text{kg}/\text{m}^3</math>), <math>\gamma_u</math></b>	999,973

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.76.

**Πίνακας 6.76:** Υδραυλικά στοιχεία κοίτης δεύτερου ξυλοφράγματος

Περιγραφή	Μουλό- πουλου	Be- rnard	Vale- ntini	Ro- miti	Mul- ler	Κω- τούλα
<b>Κλίση αντιστάθμισης ή ισορροπίας (%), <math>I</math></b>	4,21	4,56	3,57	29,40	1,59	2,83
<b>Μέση ταχύτητα ροής (m/s), <math>v</math></b>	3,44	3,54	3,56	6,80	2,67	2,99
<b>Βάθος ροής (m), <math>t</math></b>	1,23	1,20	1,10	0,71	1,37	1,36
<b>Εμβαδόν υγρής διατομής (<math>\text{m}^2</math>), <math>F</math></b>	7,00	6,81	6,06	3,55	8,09	8,07
<b>Βρεχόμενη περίμετρος (m), <math>U</math></b>	8,22	8,12	7,77	6,44	8,71	8,70
<b>Υδραυλική ακτίνα (m), <math>R</math></b>	0,85	0,84	0,78	0,55	0,93	0,93
<b>Παροχή ελέγχου (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>), <math>Q_t</math></b>	24,10	24,10	21,60	24,10	21,60	24,10
<b>Λόγος μέγιστης στερεοπαροχής προς την μέγιστη υδατοπαροχή (<math>Q_s/Q_u</math>), <math>\xi</math></b>	0,1157					
<b>Συντελεστής κειμαρρικότητας, <math>K</math></b>	0,8396					

Υπολογίστηκε το κρίσιμο ύψος νερού για ισοδύναμη τραπεζοειδή διατομή στο λογισμικό Torrential MIK, δίνοντας δεδομένα ώστε το εμβαδόν του τραπέζιου που θα προκύψει να είναι ίσο με το εμβαδόν της ορθογωνικής διατομής (Πίνακας 6.77). Η υδατοστερεοπαροχή που συμπληρώνεται είναι το άθροισμα της υδατοπαροχής και της στερεοπαροχής.

**Πίνακας 6.77:** Στοιχεία διατομής δεύτερου ξυλοφράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Πλάτος κοίτης (m), <math>s</math></b>	4,0
<b>Συνολική παροχή (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>), <math>Q_0</math></b>	24,1
<b>Κλίση δεξιού πρηνούς</b>	0,7
<b>Κλίση αριστερού πρηνούς</b>	0,7

**Ύψος τραπεζίου (m),  $< h_{\kappa\rho}$**  1,1

Από την ισότητα των εμβαδών προέκυψε η μέγιστη στάθμη νερού για τραπεζοειδή διατομή (Πίνακας 6.78).

**Πίνακας 6.78:** Υδραυλικά στοιχεία διατομής δεύτερου ξυλοφράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Κρίσιμο βάθος ορθογωνικής διατομής (m), <math>H</math></b>	2,32
<b>Κρίσιμο ύψος ορθογωνικής διατομής (m), <math>h_{\kappa\rho}</math></b>	1,547
<b>Εμβαδόν ορθογωνικής διατομής (m<sup>2</sup>)</b>	6,188
<b>Εμβαδόν τραπεζοειδούς διατομής (m<sup>2</sup>)</b>	6,129
<b>Κρίσιμο βάθος τραπεζοειδούς διατομής (m), <math>H</math></b>	1,65

Θεωρώντας ότι το ξυλόφραγμα λειτουργεί ως ελεύθερος εκχειλιστής για την επιλογή των κατάλληλων συντελεστών ( $W_s$  και  $W_e$ ), ότι η ειδική παροχή είναι ο λόγος της υδατοστερεοπαροχής προς το πλάτος της κοίτης και θεωρώντας ως κλίση αντιστάθμισης το μέσο όρο των μεθόδων Μουλόπουλου, Bernard και Κωτούλα, στις οποίες χρησιμοποιείται η μέγιστη υδατοστερεοπαροχή, τα δεδομένα που απαιτήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.79.

**Πίνακας 6.79:** Χαρακτηριστικά δεύτερου ξυλοφράγματος

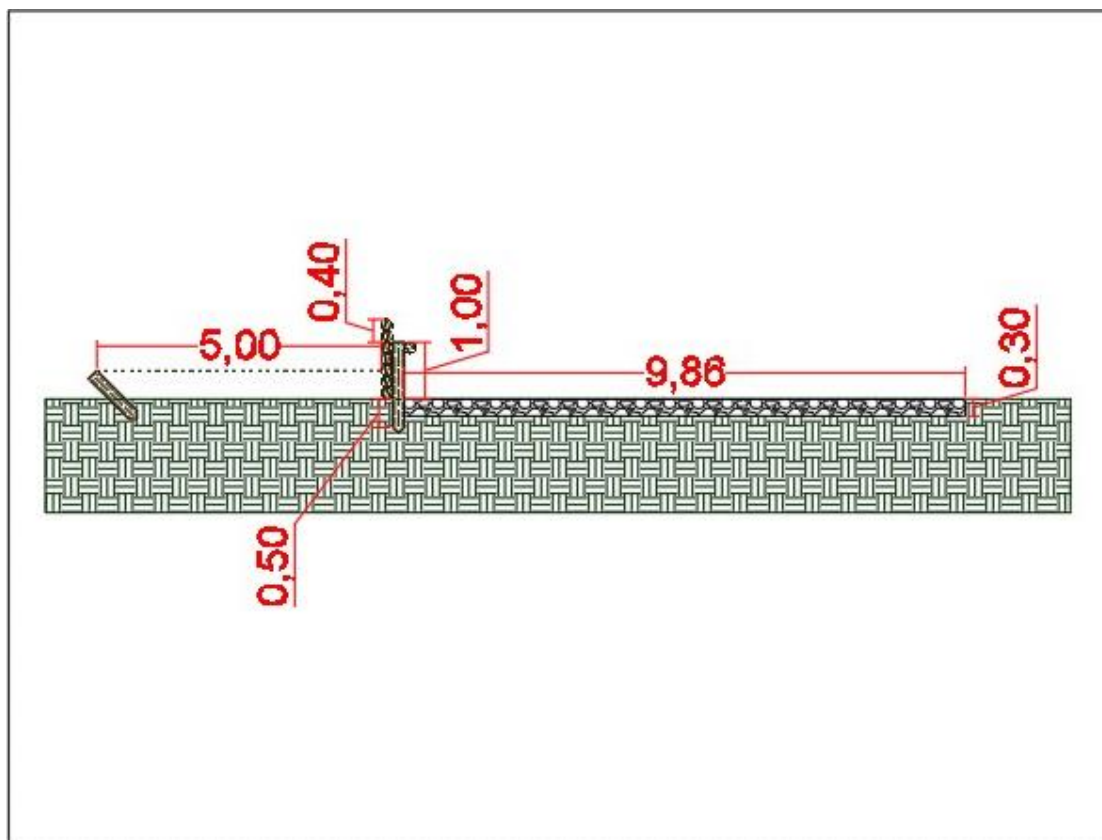
Περιγραφή	Τιμή
<b>Ύψος φράγματος (m), <math>H_h</math></b>	1,00
<b>Ειδική παροχή (m<sup>2</sup>/s), <math>q</math></b>	6,00
<b>Διάμετρος λίθων (m), <math>d_{90}</math></b>	0,30
<b>Συντελεστής <math>W_s</math></b>	0,78
<b>Συντελεστής <math>W_e</math></b>	0,75
<b>Στάθμη ύδατος (m), <math>H_{wu}</math></b>	1,65
<b>Συντελεστής <math>a</math></b>	0,17
<b>Κλίση αντιστάθμισης, <math>J_a</math></b>	0,04

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.80.

**Πίνακας 6.80:** Υποσκαφή δεύτερου ξυλοφράγματος

Περιγραφή	Τιμή
<b>Βάθος υποσκαφής (m), <math>S_o</math></b>	4,425
<b>Μήκος υποσκαφής (m), <math>L_s</math></b>	9,856
<b>Υποσκαφή θεμελίου (m), <math>h_s</math></b>	2,775
<b>Διάμετρος λίθων (m), <math>D_e</math></b>	0,777

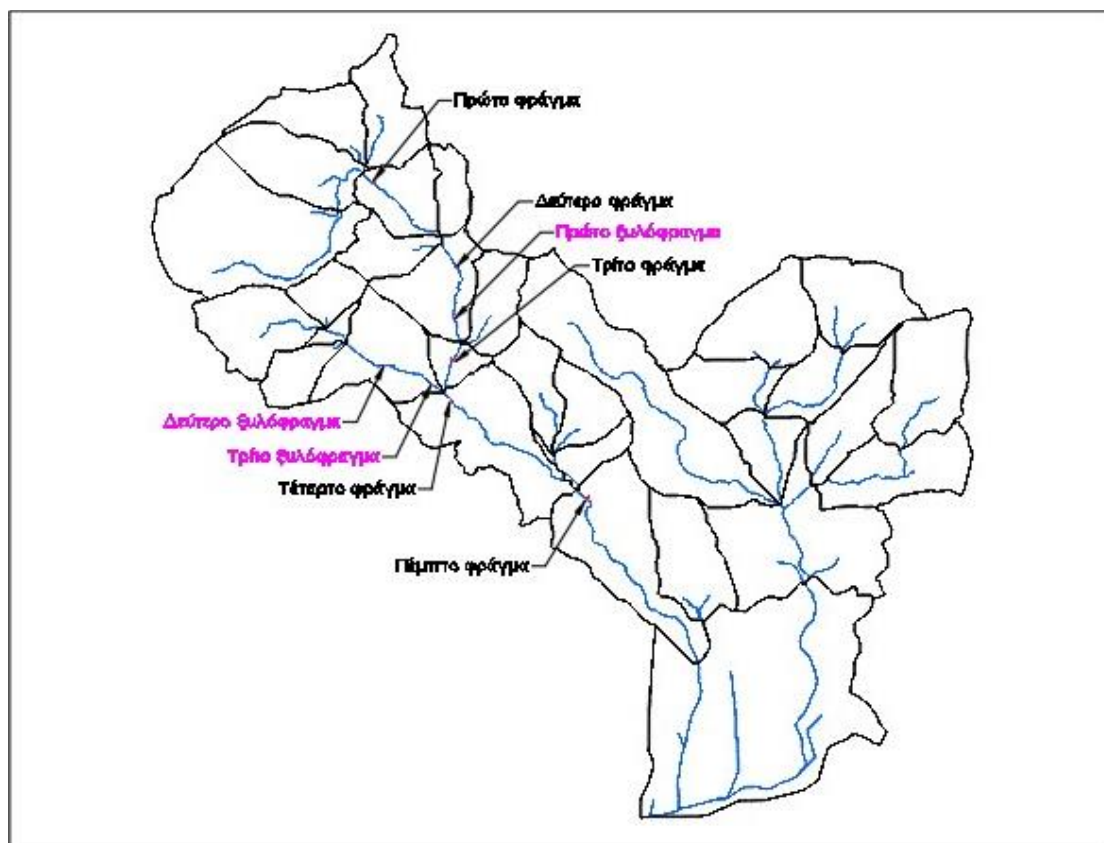
Με βάση το μέγιστο μήκος υποσκαφής σχεδιάστηκε η τομή του ξυλοφράγματος (Εικόνα 6.63).



**Εικόνα 6.63:** Τομή δεύτερου ξυλοφράγματος

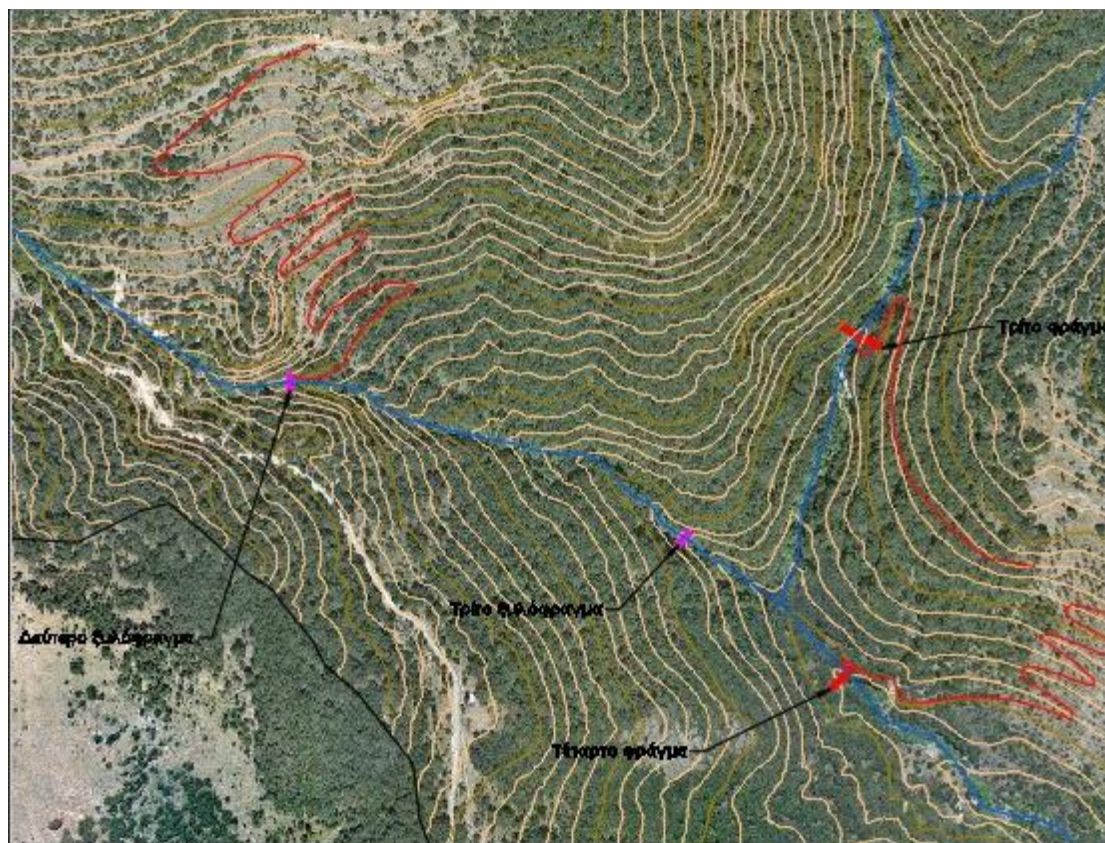
## 6.8 Τρίτο ξυλοφράγμα

Η θέση του τρίτου ξυλοφράγματος, εντός της λεκάνης απορροής, προτείνεται να είναι στην ίδια υπολεκάνη με αυτή του δεύτερου ξυλοφράγματος και κατάντη αυτού (Εικόνα 6.64), σε θέση στένωσης του ρέματος, ώστε να συμβάλλει περαιτέρω στη μείωση της σχετικά υψηλής παροχής αιχμής του συγκεκριμένου κλάδου (R230).



**Εικόνα 6.64:** Προτεινόμενη θέση κατασκευής τρίτου ξυλοφράγματος

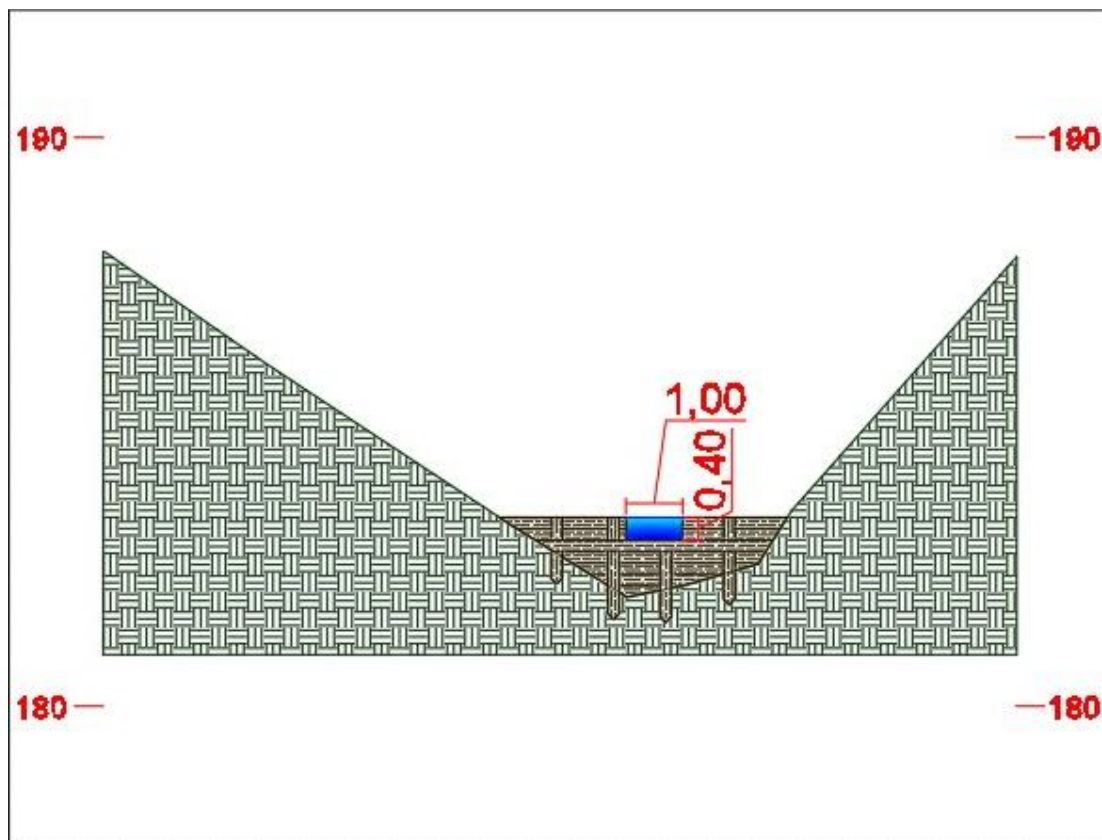
Εστιάζοντας στην περιοχή παρατηρείται ότι το τρίτο ξυλόφραγμα βρίσκεται κατάντη του δεύτερου ξυλοφράγματος και σε κοντινή απόσταση από το τρίτο και τέταρτο φράγμα, με αποτέλεσμα η μεταφορά των υλικών κατασκευής να μπορεί να γίνει από τις προσβάσεις που θα δημιουργηθούν για τα προηγούμενα φράγματα, χρησιμοποιώντας και την κοίτη σε ξηρή περίοδο που δεν υπάρχει νερό (Εικόνα 6.65).



**Εικόνα 6.65:** Προτεινόμενη πρόσβαση για το τρίτο ξυλόφραγμα

### 6.8.1 Σχεδιασμός τρίτου ξυλοφράγματος

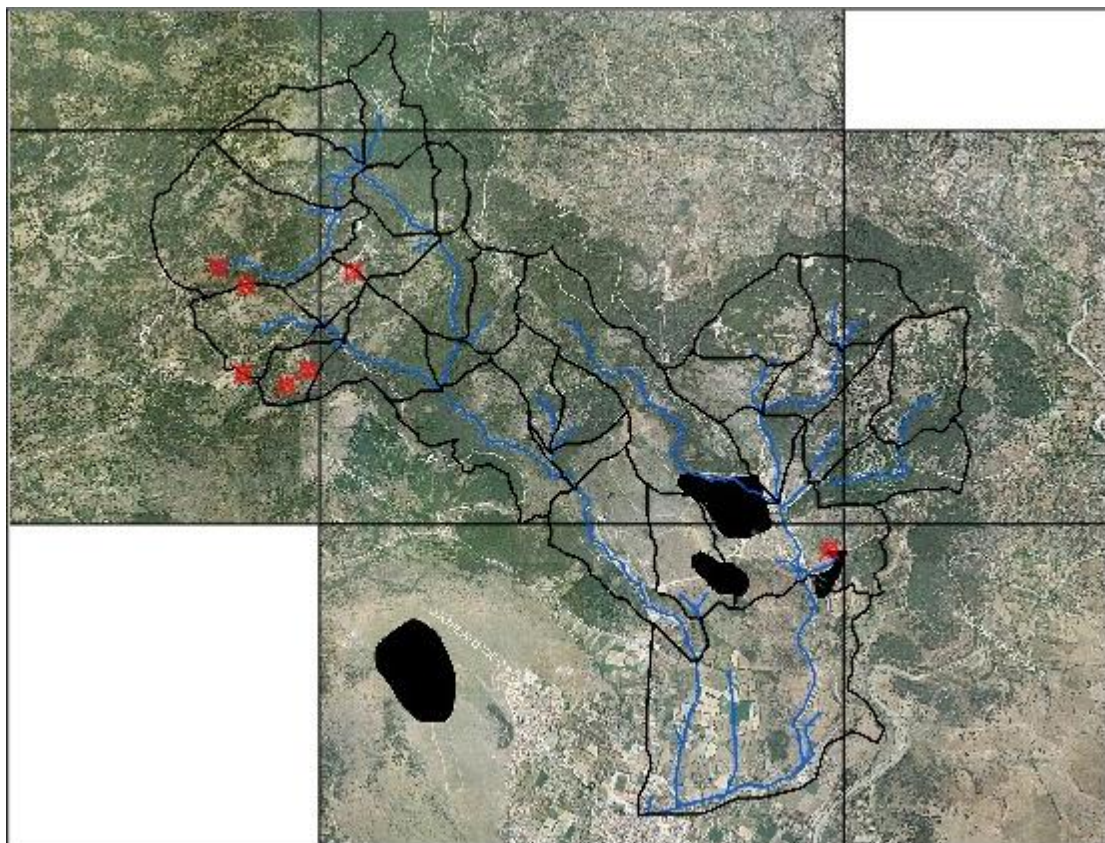
Στην περίπτωση ξυλοφράγματος από κορμούς πουρναριών ή άλλων δέντρων και λόγω του ίδιου πλάτους της κοίτης και του υπέργειου ύψους με το προηγούμενο ξυλόφραγμα, η τομή είναι ίδια με το δεύτερο ξυλόφραγμα. Αυτό που αλλάζει είναι το ανάγλυφο που προέκυψε από το διαμορφωμένο ψηφιακό μοντέλο εδάφους, σύμφωνα με το οποίο σχεδιάστηκε η πρόσοψη για ξυλόφραγμα της πρώτης κατηγορίας (Εικόνα 6.66).



**Εικόνα 6.66:** Πρόσοψη τρίτου ξυλοφράγματος

## 6.9 Φυσικές συγκεντρώσεις νερού σε λιμνία

Εντός της λεκάνης απορροής του Αχερώνα εντοπίστηκαν επτά (7) μικρά λιμνία, τα οποία έχουν αναγνωριστεί και από το τοπικό παράρτημα της WWF (World Wide Fund for Nature). Ωστόσο, καθώς βρίσκονται στα όρια της λεκάνης ή σχετικά μακριά από τις κύριες μισγάγγειες (Εικόνα 6.67), η χρησιμοποίησή τους ως χώρους συγκράτησης των πλημμυρικών υδάτων καθίσταται μη εφικτή.



**Εικόνα 6.67:** Θέσεις ύπαρξης μικρών λιμνίων

## 7. Στοιχεία έργων ορεινής υδρονομίας

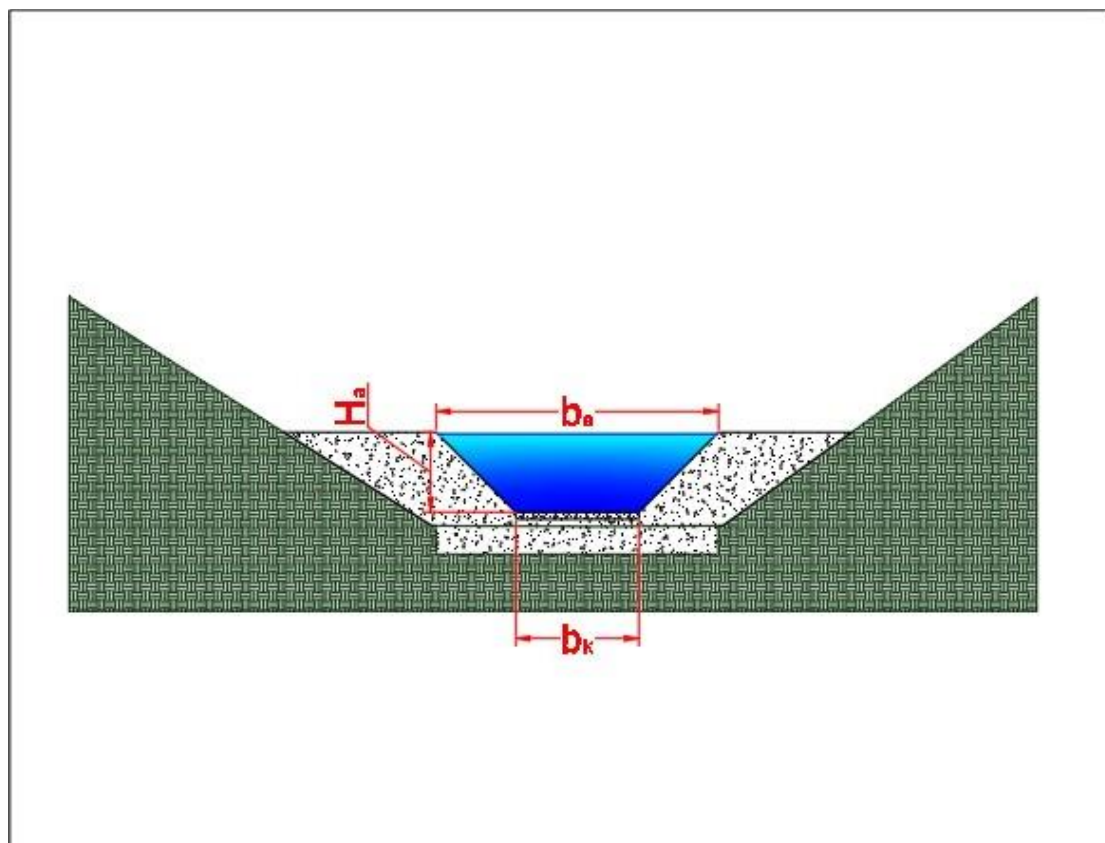
### 7.1 Συγκεντρωτικά στοιχεία

Για τη λεκάνη απορροής του Αχερώνα σχεδιάστηκαν πέντε μικρά φράγματα από σκυρόδεμα (Πίνακες 7.1 και 7.2), είτε εναλλακτικά από συρματοπλεκτά κιβώτια (Πίνακες 7.1 και 7.3). Στην αρχή το λογισμικό HEC-HMS, από τα ύψη βροχής της όμβριας καμπύλης εκτίμησε ότι η παροχή αιχμής στην έξοδο της λεκάνης απορροής είναι 150,2 m<sup>3</sup>/s (Πίνακας 5.31). Στη συνέχεια, στο λογισμικό HEC-HMS προστέθηκαν βαθμιαία πέντε ταμειυτήρες και χρόνος υστέρησης λόγω διόδευσης στους πέντε κλάδους που θα τοποθετηθούν τα φράγματα από σκυρόδεμα ή συρματοκιβώτια. Ως αποτέλεσμα, το HEC-HMS εκτίμησε ότι η παροχή αιχμής στην έξοδο της λεκάνης απορροής είναι 89,4 m<sup>3</sup>/s (Πίνακας 6.70). Επιπλέον, για διατήρηση της κλίσης αντιστάθμισης και συγκράτησης των φερτών υλικών σχεδιάστηκαν τρία ξυλοφράγματα (Πίνακες 7.4 και 7.5), σε μικροχαραδρώσεις και φυσικές στενώσεις των κύριων μιογάγγειων. Στη στήλη της μέγιστης υδατοστερεοπαροχής, εντός παρενθέσεως, παρουσιάζεται το άθροισμα της υδατοπαροχής και της στερεοπαροχής.

**Πίνακας 7.1:** Υδραυλικά χαρακτηριστικά φραγμάτων

	Σημείο ελέγχου	Έδαφος θεμελίωσης	Πλάτος κοίτης (m)	Μέγιστη υδατοστερεοπαροχή (m <sup>3</sup> /s)	Ύψος νερού κατάντη (m)	Κλίση αντιστάθμισης (%)	Όγκος ανάσχεσης (1000 m <sup>3</sup> )
<b>I</b>	J227	Πλαστική άργιλος, ιλύς	13,0	54,9 (49,3+5,6)	1,5	4,0	0,3
<b>II</b>	J216	Πλαστική άργιλος, ιλύς	10,0	65,5 (57,1+8,4)	2,1	3,0	0,1
<b>III</b>	J211	Πλαστική άργιλος, ιλύς	9,0	70,3 (61,3+9)	2,1	3,0	0,2
<b>IV</b>	J188	Αργιλώδης άμμος	12,0	79,3 (69,2+10,1)	2,1	3,0	0,3
<b>V</b>	J165	Αργιλώδης άμμος	10,0	81,6 (71,2+10,4)	1,95	3,0	0,1

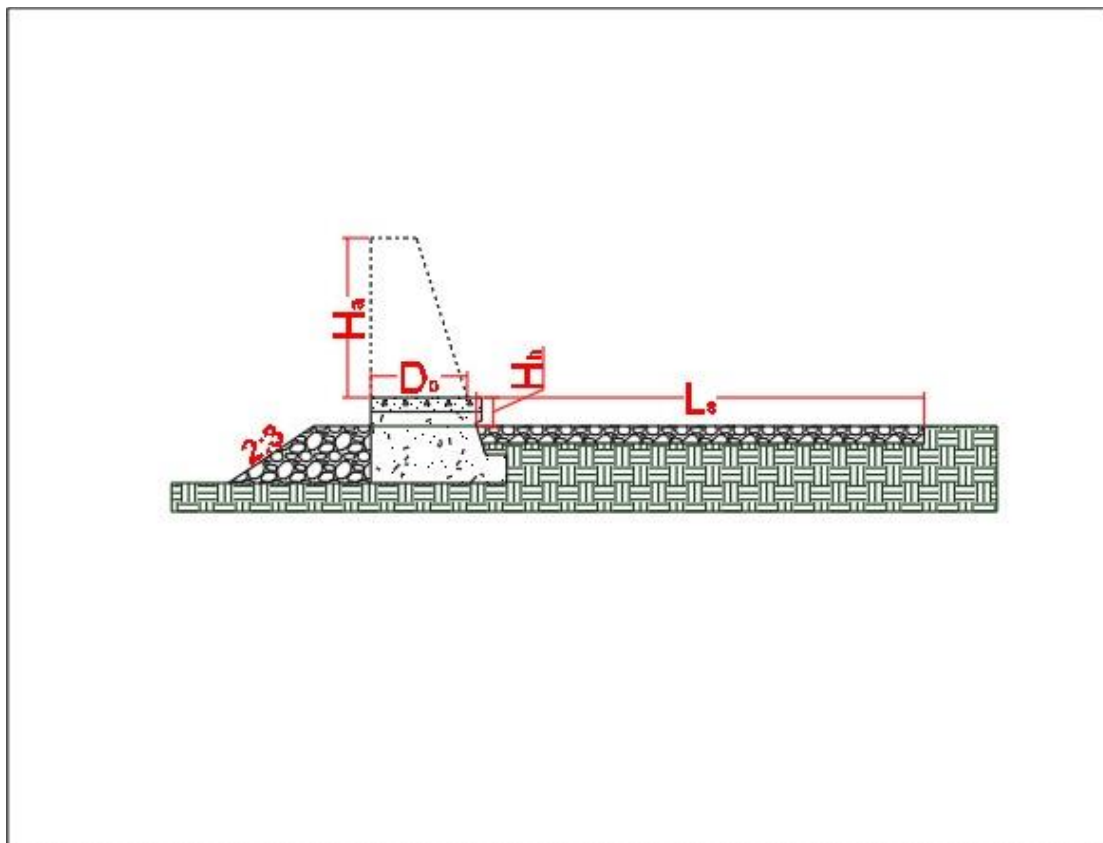




Εικόνα 7.1: Τυπική πρόσοψη φράγματος

Πίνακας 7.2: Χαρακτηριστικά φραγμάτων από σκυρόδεμα

	Άνοιγμα διάρρου στη βάση $b_k$ (m)	Άνοιγμα διάρρου στην κορυφή $b_a$ (m)	Ύψος διάρρου $H_a$ (m)	Υπέργειο ύψος $H_h$ (m)	Πάχος στέψης $D_o$ (m)	Μήκος λιθεπένδυσης υποσκαφής $L_s$ (m)
<b>I</b>	9,06	12,86	1,90	1,00	1,41	7,15
<b>II</b>	4,32	9,92	2,80	0,50	1,70	7,86
<b>III</b>	2,19	8,99	3,40	0,70	1,89	10,63
<b>IV</b>	6,50	11,90	2,70	0,80	1,66	9,71
<b>V</b>	3,20	10,00	3,40	0,50	1,89	9,56



**Εικόνα 7.2:** Τυπική τομή φράγματος

**Πίνακας 7.3:** Χαρακτηριστικά φραγμάτων από συρματοπλεκτα κιβώτια

	Άνοιγμα διάρρου στη βάση $b_k$ (m)	Άνοιγμα διάρρου στην κορυφή $b_a$ (m)	Ύψος διάρρου $H_a$ (m)	Υπέργειο ύψος $H_h$ (m)	Πάχος στέψης $D_o$ (m)	Μήκος στρωμνής υποσκαφής $L_s$ (m)
<b>I</b>	13,0	13,0	2,0	1,0	3,0	8,0
<b>II</b>	10,0	10,0	2,5	0,5	2,0	8,0
<b>III</b>	9,0	9,0	3,0	1,0	3,0	13,0
<b>IV</b>	12,0	12,0	2,5	1,0	2,0	11,0
<b>V</b>	10,0	10,0	3,0	0,5	1,5	10,0
<b>Σύνολο</b>						50,0

**Πίνακας 7.4:** Υδραυλικά χαρακτηριστικά ξυλοφραγμάτων

	Σημείο ελέγχου	Έδαφος θεμελίωσης	Πλάτος κοίτης (m)	Μέγιστη υδατοστερεοπαροχή (m <sup>3</sup> /s)	Ύψος νερού κατάντη (m)	Κλίση αντιστάθμισης (%)
<b>I</b>	J216	Πλαστική άργιλος, ιλύς	5,0	65,5 (57,1+8,4)	2,25	3,0
<b>II</b>	J196	Πλαστική άργιλος, ιλύς	4,0	24,1 (21,6+2,5)	1,65	4,0
<b>III</b>	J197	Αργιλώδης άμμος	4,0	24,1 (21,6+2,5)	1,65	4,0

**Πίνακας 7.5:** Χαρακτηριστικά ξυλοφραγμάτων

	Άνοιγμα διάρρου $b_a$ (m)	Ύψος διάρρου $H_a$ (m)	Υπέργειο ύψος $H_h$ (m)	Μήκος λιθεπένδυσης υποσκαφής $L_s$ (m)
<b>I</b>	2,00	0,40	1,00	19,90
<b>II</b>	1,00	0,40	1,00	9,86
<b>III</b>	1,00	0,40	1,00	9,86

## 7.2 Προμέτρηση και κοστολόγηση έργων

### 7.2.1 Χωματοουργικά

Με βάση τον Κανονισμό Περιγραφικών Τιμολογίων Εργασιών για δημόσιες συμβάσεις έργων (ΦΕΚ 1746/Β'/19-05-2017) πραγματοποιήθηκε προμέτρηση των προτεινόμενων έργων ορεινής υδρονομίας, ώστε να εκτιμηθεί το ύψος της δαπάνης που απαιτείται και να συγκριθούν οι εναλλακτικές επιλογές μεταξύ σκυροδέματος ή συρματοπλεχτών κιβωτιών (Πίνακες 7.16 και 7.17).

Το μήκος διάνοιξης οδών για πρόσβαση στα φράγματα υπολογίζεται μέσω AutoCAD σε υπόβαθρο ορθοφωτοχαρτών του Κτηματολογίου στην εξίσωση [7.1].

$$L_{\text{διάνοιξης}} = 489 \text{ m (πρώτο φράγμα)} + 298 \text{ m (δεύτερο φράγμα)} + 409 \text{ m (τρίτο φράγμα & πρώτο ξυλόφραγμα)} + 670 \text{ m (τέταρτο φράγμα & τρίτο ξυλόφραγμα)} + 191 \text{ m (πέμπτο φράγμα)} + 1.127 \text{ (δεύτερο ξυλόφραγμα)} = 3.184 \text{ m} \Rightarrow 3.200 \text{ m} \quad [7.1]$$

Οι δρόμοι πρόσβασης που θα δημιουργηθούν, εκτιμάται ότι θα απαιτήσουν ένα τμήμα εκσκαφής με μέσο ύψος 1,8 m και πλάτος 3,5 m,

αλλά και ένα τμήμα επίχωσης με μέσο ύψος 0,8 m και πλάτος 1,5 m. Επομένως, υπολογίζεται το εμβαδόν εκοκαφής και επίχωσης μέσω της εξίσωσης [7.2].

$$E_{\text{εκοκαφής}} = \frac{1,8 \text{ m} \cdot 3,5 \text{ m}}{2} = 3,15 \text{ m}^2 \quad [7.2]$$

$$E_{\text{επίχωσης}} = \frac{1,5 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m}}{2} = 0,6 \text{ m}^2$$

Υπολογίζεται ο συνολικός όγκος εκοκαφής και επίχωσης για όλο το μήκος διάνοιξης μέσω της εξίσωσης [7.3].

$$V_{\text{εκοκαφής}} = 3,15 \text{ m}^2 \cdot 3.200 \text{ m} = 10.080 \text{ m}^3 \quad [7.3]$$

$$V_{\text{επίχωσης}} = 0,6 \text{ m}^2 \cdot 3.200 \text{ m} = 1.920 \text{ m}^3$$

Από τον παραπάνω υπολογισμένο όγκο εκοκαφής, θεωρείται ότι το 50% αποτελείται από γαιώδη-ημιβραχώδη και το 50% από βραχώδη υλικά, δηλαδή 5.040 m<sup>3</sup>. Λαμβάνεται προσαύξηση στον τελικό όγκο εκοκαφής γαιωδών και βραχωδών υλικών στην εξίσωση [7.4].

$$V_{\text{γαιώδη}} = 5.040 \text{ m}^3 \cdot 1,5 = 7.560 \text{ m}^3 \Rightarrow 7.600 \text{ m}^3 [7.4]$$

$$V_{\text{βραχώδη}} = 5.040 \text{ m}^3 \cdot 1,5 = 7.560 \text{ m}^3 \Rightarrow 7.600 \text{ m}^3$$

Απόσταση μεταφοράς για την απόθεση των ανωτέρω εκοκαφών λαμβάνεται ίση με 6 km, της οποίας το κόστος μεταφοράς υπολογίζεται σε 0,24 €/ (m<sup>3</sup>·km) (0,21+0,03) βάσει πίνακα μεταφορικού έργου στο Περιγραφικό Τιμολόγιο ΝΕΤ ΟΔΟ Δημοσίων Συμβάσεων Έργων (ΦΕΚ 1746/Β' / 19-05-2017).

Υπολογίζεται ο τελικός όγκος επιχωμάτων που λαμβάνεται μετά την προσαύξηση στην εξίσωση [7.5].

$$V_{\text{επίχωσης}} = 1.920 \text{ m}^3 \cdot 1,5 = 2.880 \text{ m}^3 \Rightarrow 2.900 \text{ m}^3 \quad [7.5]$$

Επίσης, υπολογίζεται το συνολικό μήκος για τα ξυλοφράγματα στα οποία η πρόσβαση θα γίνει από την κοίτη στην εξίσωση [7.6].

$$L_{\text{πρόσβασης}} = 361 \text{ m (πρώτο ξυλόφραγμα)} + 209 \text{ m (τρίτο ξυλόφραγμα)} = 570 \text{ m} \Rightarrow 600 \text{ m} \quad [7.6]$$

Θεωρώντας ότι για τη διέλευση μέσω της κοίτης θα απαιτηθεί καθαρισμός και μεταφορά των υλικών, για πρόσβαση με μέσο πλάτος 5 m και ύψος 0,5 m, υπολογίζεται ο συνολικός όγκος των υλικών στην εξίσωση [7.7].

$$V_{\text{καθαρισμού}} = 600 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m} = 1.500 \text{ m}^3 \quad [7.7]$$

Υπολογίζεται ο τελικός όγκος καθαρισμού υλικών μετά την προσαύξηση στην εξίσωση [7.8].

$$V_{\text{καθαρισμού}} = 1.500 \text{ m}^3 \cdot 1,4 = 2.100 \text{ m}^3 \quad \mathbf{[7.8]}$$

Απόσταση μεταφοράς για την απόθεση των ανωτέρω φερτών υλικών λαμβάνεται ίση με 2 km, της οποίας το κόστος μεταφοράς υπολογίζεται σε 0,25 €/ (m<sup>3</sup>·km) βάσει Περιγραφικού Τιμολογίου NET ΟΔΟ.

Θα απαιτηθεί καθαρισμός της κοίτης από τη βλάστηση που υπολογίζεται στην εξίσωση [7.9], ώστε να διευκολυνθεί η πρόσβαση.

$$S_{\text{καθαρισμού}} = 600 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} = 3.000 \text{ m}^2 = 3 \text{ στρέμματα} \quad \mathbf{[7.9]}$$

Υπολογίζεται η τελική επιφάνεια καθαρισμού της κοίτης μετά την προσαύξηση στην εξίσωση [7.10].

$$S_{\text{καθαρισμού}} = 3 \text{ στρέμματα} \cdot 1,4 = 4,2 \text{ στρέμματα} \Rightarrow 4,5 \text{ στρέμματα} \quad \mathbf{[7.10]}$$

Απόσταση μεταφοράς για την απόθεση των ανωτέρω φερτών υλικών λαμβάνεται ίση με 2 km, της οποίας το κόστος μεταφοράς υπολογίζεται σε 12,5 €/ (m<sup>3</sup>·στρέμμα) [0,25 €/ (m<sup>3</sup>·km) · 50 m<sup>3</sup>/στρέμμα], λαμβάνοντας υπόψη 50 m<sup>3</sup> αποξηραμένων φυτικών καταλοίπων εντός του κόστους μεταφοράς, βάσει Περιγραφικού Τιμολογίου NET ΟΔΟ.

Επίσης, εκτιμήθηκε ο όγκος καθαίρεσης αγροτικών λιθοδομών, μέσου πλάτους και ύψους μισού μέτρου και για το ένα δέκατο πέμπτο του συνολικού μήκους διάνοιξης, μέσω της εξίσωσης [7.11].

$$V_{\text{καθαίρεσης}} = \frac{3.200 \text{ m}}{15} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m} = 53 \text{ m}^3 \Rightarrow 60 \text{ m}^3 \quad \mathbf{[7.11]}$$

Απόσταση μεταφοράς για την απόθεση των ανωτέρω λιθοδομών λαμβάνεται ίση με 6 km, της οποίας το κόστος μεταφοράς υπολογίζεται σε 0,24 €/ (m<sup>3</sup>·km) (0,21+0,03) βάσει Περιγραφικού Τιμολογίου NET ΟΔΟ.

## 7.2.2 Τεχνικά έργα

Η ανακατασκευή λιθόδημητων τοίχων, οι οποίοι καταστράφηκαν κατά τις εργασίες εκτιμάται ότι θα είναι όπως ο όγκος καθαίρεσης λιθοδομών, δηλαδή 60 m<sup>3</sup>.

Η ανακατασκευή λιθορριπών επί αναβαθμών, οι οποίοι καταστράφηκαν κατά τις εργασίες εκτιμάται ότι θα είναι όπως ο όγκος καθαίρεσης λιθοδομών, δηλαδή 60 m<sup>3</sup>.

Ο όγκος σκυροδέματος, ο αντίστοιχος όγκος για την πλήρωση των φατνών στα συρματόπλεκτα κιβώτια και ο όγκος εκσκαφών υπολογίστηκε από τις

τομές και τις προσόψεις που σχεδιάστηκαν και εμφανίζονται στο κεφάλαιο 6 και συγκεντρωτικά παρουσιάζονται στους Πίνακες 7.6 έως 7.13.

**Πίνακας 7.6:** Στοιχεία τομών για φράγματα από σκυρόδεμα

	Εμβαδόν διατομής (m <sup>2</sup> )	Εμβαδόν θεμελίωσης (m <sup>2</sup> )	Μήκος στέψης (m)	Εμβαδόν προστασίας (m <sup>2</sup> )	Πλάτος προστασίας υποσκαφής (m)
<b>I</b>	3,71	2,04	9,06	2,13	12,86
<b>II</b>	3,13	2,16	4,32	2,34	9,92
<b>III</b>	3,90	2,42	2,19	3,18	8,99
<b>IV</b>	3,71	2,19	6,50	2,90	11,90
<b>V</b>	3,38	2,32	3,20	2,85	10,00
<b>Σύνολο</b>			25,27		

**Πίνακας 7.7:** Όγκος από τομές φραγμάτων με σκυρόδεμα

	Όγκος φράγματος (m <sup>3</sup> )	Όγκος θεμελίωσης φράγματος (m <sup>3</sup> )	Όγκος προστασίας υποσκαφής (m <sup>3</sup> )
<b>I</b>	15,18	18,46	27,41
<b>II</b>	4,18	9,35	23,26
<b>III</b>	3,23	5,29	28,54
<b>IV</b>	9,88	14,24	34,50
<b>V</b>	3,40	7,41	28,52
<b>Σύνολο</b>	35,86	54,76	142,23

**Πίνακας 7.8:** Στοιχεία προσόψεων για φράγματα από σκυρόδεμα

	Εμβαδόν αριστερού πτερυγίου (m <sup>2</sup> )	Εμβαδόν αριστερής θεμελίωσης (m <sup>2</sup> )	Εμβαδόν δεξιού πτερυγίου (m <sup>2</sup> )	Εμβαδόν δεξιάς θεμελίωσης (m <sup>2</sup> )	Πάχος στέψης (m)
<b>I</b>	14,68	1,89	13,80	1,89	1,41
<b>II</b>	17,11	2,77	16,02	2,76	1,70
<b>III</b>	31,95	3,37	28,58	3,37	1,89
<b>IV</b>	16,99	2,69	24,34	2,69	1,66
<b>V</b>	33,02	3,39	35,95	3,39	1,89
<b>Σύνολο</b>					8,54

**Πίνακας 7.9:** Όγκος από προσόψεις φραγμάτων με σκυρόδεμα

	Όγκος αριστερού πτερυγίου (m <sup>3</sup> )	Όγκος θεμελίωσης αριστερού πτερυγίου (m <sup>3</sup> )	Όγκος δεξιού πτερυγίου (m <sup>3</sup> )	Όγκος θεμελίωσης δεξιού πτερυγίου (m <sup>3</sup> )
<b>I</b>	18,00	2,67	16,76	2,67
<b>II</b>	24,32	4,69	22,48	4,69
<b>III</b>	53,96	6,36	47,60	6,36
<b>IV</b>	23,79	4,48	36,02	4,48
<b>V</b>	55,93	6,40	61,47	6,41
<b>Σύνολο</b>	176,00	24,61	184,32	24,61

**Πίνακας 7.10:** Στοιχεία τομών για φράγματα από συρματοκιβώτια

	Εμβαδόν διατομής (m <sup>2</sup> )	Εμβαδόν θεμελίωσης (m <sup>2</sup> )	Μήκος στέψης (m)	Εμβαδόν προστασίας (m <sup>2</sup> )	Πλάτος προστασίας υποσκαφής (m)
<b>I</b>	8,00	5,00	13,00	2,40	13,00
<b>II</b>	4,50	3,50	10,00	2,40	10,00
<b>III</b>	8,00	5,00	9,00	3,90	9,00
<b>IV</b>	5,50	3,50	12,00	3,30	12,00
<b>V</b>	3,50	2,75	10,00	3,00	10,00
<b>Σύνολο</b>	29,5		54,00	15,00	

**Πίνακας 7.11:** Όγκος από τομές φραγμάτων με συρματοκιβώτια

	Όγκος φράγματος (m <sup>3</sup> )	Όγκος θεμελίωσης φράγματος (m <sup>3</sup> )	Όγκος προστασίας υποσκαφής (m <sup>3</sup> )
<b>I</b>	39,00	65,00	31,20
<b>II</b>	10,00	35,00	24,00
<b>III</b>	27,00	45,00	35,10
<b>IV</b>	24,00	42,00	39,60
<b>V</b>	7,50	27,50	30,00
<b>Σύνολο</b>	107,50	214,50	159,90

**Πίνακας 7.12:** Στοιχεία προσόψεων για φράγματα από συρματοκιβώτια

	Εμβαδόν αριστερού πτερυγίου (m <sup>2</sup> )	Εμβαδόν αριστερής θεμελίωσης (m <sup>2</sup> )	Εμβαδόν δεξιού πτερυγίου (m <sup>2</sup> )	Εμβαδόν δεξιάς θεμελίωσης (m <sup>2</sup> )	Πάχος στέψης (m)
<b>I</b>	9,58	0,00	8,63	0,00	3,00
<b>II</b>	7,50	0,00	6,58	0,00	2,00

Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου

<b>III</b>	19,61	0,00	16,38	0,00	3,00
<b>IV</b>	8,35	0,00	15,72	0,00	2,00
<b>V</b>	17,88	0,00	20,27	0,00	1,50
<b>Σύνολο</b>	62,92		67,58		11,50

**Πίνακας 7.13:** Όγκος από προσόψεις φραγμάτων με συρματοκιβώτια

	Όγκος αριστερού πτερυγίου (m <sup>3</sup> )	Όγκος θεμελίωσης αριστερού πτερυγίου (m <sup>3</sup> )	Όγκος δεξιού πτερυγίου (m <sup>3</sup> )	Όγκος θεμελίωσης δεξιού πτερυγίου (m <sup>3</sup> )
<b>I</b>	28,73	0,00	25,90	0,00
<b>II</b>	15,01	0,00	13,16	0,00
<b>III</b>	58,84	0,00	49,14	0,00
<b>IV</b>	16,70	0,00	31,43	0,00
<b>V</b>	26,82	0,00	30,40	0,00
<b>Σύνολο</b>	146,09		150,03	

Από τους Πίνακες 7.6 έως 7.11 προκύπτουν οι όγκοι εκκαφής θεμελίων και τα κατάντη τμήματα προστασίας για φράγματα από σκυρόδεμα ή συρματοπλεκτα κιβώτια, μέσω της εξίσωσης [7.12].

$$V_{\text{εκκαφή,σκυρόδεμα}} = 54,76 \text{ m}^3 + 24,61 \text{ m}^3 + 24,61 \text{ m}^3 + 142,23 \text{ m}^3 = 246,2 \text{ m}^3 \Rightarrow 250 \text{ m}^3 \quad \mathbf{[7.12]}$$

$$V_{\text{εκκαφή,σαρζανέτ}} = 214,5 \text{ m}^3 + 159,9 \text{ m}^3 = 374,4 \text{ m}^3 \Rightarrow 400 \text{ m}^3$$

Υπολογίζεται ο τελικός όγκος εκκαφής θεμελίων μετά την προσαύξηση στην εξίσωση [7.13].

$$V_{\text{εκκαφή,σκυρόδεμα}} = 250 \text{ m}^3 \cdot 1,5 = 375 \text{ m}^3 \Rightarrow 400 \text{ m}^3 \quad \mathbf{[7.13]}$$

$$V_{\text{εκκαφή,σαρζανέτ}} = 400 \text{ m}^3 \cdot 1,5 = 600 \text{ m}^3$$

Απόσταση μεταφοράς για την απόθεση των ανωτέρω όγκων εκκαφής λαμβάνεται ίση με 6 km, της οποίας το κόστος μεταφοράς υπολογίζεται σε 0,24 €/ (m<sup>3</sup>·km) (0,21+0,03) βάσει Περιγραφικού Τιμολογίου NET ΟΔΟ.

Ο όγκος σκυροδέματος και πλήρωσης των φατνών στα συρματοπλεκτα κιβώτια προκύπτει από τους Πίνακες 7.6 έως 7.13 και υπολογίζεται μέσω της εξίσωσης [7.14].

$$V_{\text{σκυροδέματος}} = 35,86 \text{ m}^3 + 54,76 \text{ m}^3 + 176 \text{ m}^3 + 24,61 \text{ m}^3 + 184,32 \text{ m}^3 + 24,61 \text{ m}^3 = 500,16 \text{ m}^3 \Rightarrow 550 \text{ m}^3 \quad \mathbf{[7.14]}$$

$$V_{\text{σαρζανέτ}} = 107,5 \text{ m}^3 + 214,5 \text{ m}^3 + 146,09 \text{ m}^3 + 150,03 \text{ m}^3 + 159,9 \text{ m}^3 = 778,02 \text{ m}^3 \Rightarrow 800 \text{ m}^3$$



Ο τελικός όγκος σκυροδέματος και πλήρωσης φατνών μετά την προσαύξηση υπολογίζεται μέσω της εξίσωσης [7.15].

$$V_{\text{σκυροδέματος}} = 550 \text{ m}^3 \cdot 1,2 = 660 \text{ m}^3 \Rightarrow 700 \text{ m}^3 \quad [7.15]$$

$$V_{\text{σαρζανέτ}} = 800 \text{ m}^3 \cdot 1,2 = 960 \text{ m}^3 \Rightarrow 1.000 \text{ m}^3$$

Απόσταση μεταφοράς για την πλήρωση των φατνών λαμβάνεται ίση με 2 km, της οποίας το κόστος μεταφοράς υπολογίζεται σε 0,25 €/ (m<sup>3</sup>·km) βάσει Περιγραφικού Τιμολογίου NET ΟΔΟ.

Εκτιμάται ότι θα απαιτηθεί 40 kg/m<sup>3</sup> χάλυβας ελαφριάς όπλισης του σκυροδέματος και υπολογίζεται το συνολικό βάρος χάλυβα στην εξίσωση [7.16].

$$B_{\text{χάλυβα}} = 700 \text{ m}^3 \cdot 40 \text{ kg/m}^3 = 28.000 \text{ kg} \Rightarrow 30.000 \text{ kg} \quad [7.16]$$

Θεωρώντας ότι το βάρος του σύρματος για τα συρματοπλεκτα κιβώτια είναι 30 kg/m (σχετικοί πίνακες προμηθευτριών εταιρειών) και χρησιμοποιώντας το συνολικό μήκος και πάχος στέψης των φραγμάτων από συρματοπλεκτα κιβώτια από τους Πίνακες 7.10 και 7.12, εκτιμάται το βάρος του συρματοπλέγματος των φατνών στην εξίσωση [7.17].

$$B_{\text{συρματοκιβώτια}} = 2 \cdot (54 \text{ m} + 11,5 \text{ m}) \cdot 30 \text{ kg/m} = 3.930 \text{ kg} \Rightarrow 4.000 \text{ kg} \quad [7.17]$$

Η επιφάνεια αναπτύγματος των φατνών εκτιμήθηκε στην εξίσωση [7.18] από το συνολικό εμβαδόν των διατομών, του κατάντη τμήματος προστασίας και των δύο πτερυγίων κάθε φράγματος από συρματοπλεκτα κιβώτια από τους Πίνακες 7.10 και 7.12.

$$S_{\text{φατνών}} = (29,5 \text{ m}^2 + 62,92 \text{ m}^2 + 67,58 \text{ m}^2 + 15 \text{ m}^2) \cdot 4 = 699,98 \text{ m}^2 \Rightarrow 700 \text{ m}^2 \quad [7.18]$$

Θεωρώντας ότι το βάρος του σύρματος για τις στρωμές είναι 15 kg/m (σχετικοί πίνακες προμηθευτριών εταιρειών) και χρησιμοποιώντας το συνολικό μήκος των στρωμών από τον Πίνακα 7.3, υπολογίζεται το βάρος του συρματοπλέγματος των στρωμών στην εξίσωση [7.19].

$$B_{\text{στρωμνή}} = 4 \cdot 50 \text{ m} \cdot 15 \text{ kg/m} = 3.000 \text{ kg} \quad [7.19]$$

Για τις ανάγκες αποστράγγισης της κοίτης κατά τη διάρκεια θεμελίωσης των φραγμάτων, εκτιμάται στην εξίσωση [7.20] ο χρόνος λειτουργίας αντλίων σε οκτώ θέσεις, για τέσσερα συνεχόμενα εικοσιτετράωρα.

$$T_{\text{αντλίας}} = 8 \cdot 24 \text{ h/d} \cdot 4 \text{ d} = 768 \text{ h} \Rightarrow 800 \text{ h} \quad [7.20]$$

Για τη βελτίωση των στεγανωτικών ιδιοτήτων του σκυροδέματος, εκτιμάται στην εξίσωση [7.21] το βάρος του στεγανοποιητικού μάζας σκυροδέτησης, με βάση τον εκτιμημένο όγκο σκυροδέματος.

$$B_{\text{στεγανοποιητικό}} = 700 \text{ m}^3 \cdot 1,5 \text{ kg/m}^3 = 1.050 \text{ kg} \quad [7.21]$$

### 7.2.3 Σήμανση και ασφάλεια

Για ανάγκες ασφάλισης των έργων, εκτιμήθηκε στην εξίσωση [7.22] το μήκος της περιφραξης, με βάση το συνολικό μήκος και πάχος στέψης των φραγμάτων από σκυρόδεμα ή συρματοπλεκτα κιβώτια, όπως υπολογίστηκε στους Πίνακες 7.6, 7.8, 7.10 και 7.12.

$$L_{\text{περίφραξης,σκυρόδεμα}} = 2 \cdot (25,27 \text{ m} + 8,54 \text{ m}) = 67,63 \text{ m} \Rightarrow 100 \text{ m} \quad [7.22]$$

$$L_{\text{περίφραξης,σαρζανέτ}} = 2 \cdot (54 \text{ m} + 11,5 \text{ m}) = 131 \text{ m} \Rightarrow 150 \text{ m}$$

Για ασφαλή κυκλοφορία στις θέσεις των έργων, εκτιμήθηκε στην εξίσωση [7.23] η χρήση δύο πινακίδων στα οχτώ έργα, για διάρκεια τριών μηνών.

$$8 \cdot 2 \text{ πινακίδες/μήνα} \cdot 3 \text{ μήνες} = 48 \text{ πινακίδες} \Rightarrow 50 \text{ πινακίδες} \quad [7.23]$$

Επίσης, για λόγους επισήμανσης κινδύνου, εκτιμήθηκε στην εξίσωση [7.24] η χρήση ενός φαναού σε κάθε έργο, για διάρκεια τριών μηνών.

$$8 \text{ φανοί/μήνα} \cdot 3 \text{ μήνες} = 24 \text{ φανοί} \Rightarrow 25 \text{ φανοί} \quad [7.24]$$

### 7.2.4 Ξυλοφράγματα

Για την κατασκευή των ξυλοφραγμάτων, εκτιμάται ότι η ελάχιστη διάμετρος των πασσάλων θα είναι είκοσι εκατοστά, όπου θα τοποθετηθούν οριζόντια και κατακόρυφα, με χρήση ενός οριζόντιου δοκού στο ύψος του διάρρου και δύο πασσάλων αγκυρώσεως για κάθε ξυλόφραγμα (Πίνακας 7.14).

**Πίνακας 7.14:** Εκτιμημένα μήκη πασσάλων των ξυλοφραγμάτων

	Εμβαδόν διατομής πασσάλου (m <sup>2</sup> )	Μήκος οριζόντιων πασσάλων (m)	Μήκος κατακόρυφων πασσάλων (m)	Μήκος οριζόντιου δοκού (m)	Μήκος πασσάλων αγκυρώσεως (m)
<b>I</b>	0,03	26,77	5,12	5,18	2,00
<b>II</b>	0,03	20,25	5,46	3,72	2,00
<b>III</b>	0,03	22,45	5,53	4,17	2,00
<b>Σύνολο</b>		69,48	16,11	13,06	6,00

**Πίνακας 7.15:** Όγκοι ξυλείας και κατάντη λιθεπένδυσης

	Εμβαδόν προστασίας (m <sup>2</sup> )	Πλάτος προστασίας (m)	Όγκος ξυλείας (m <sup>3</sup> )	Όγκος προστασίας υποσκαφής (m <sup>3</sup> )
<b>I</b>	5,97	2,00	1,23	11,94
<b>II</b>	2,96	1,00	0,99	2,96
<b>III</b>	2,96	1,00	1,07	2,96
<b>Σύνολο</b>			3,29	17,86

Εκτιμάται στην εξίσωση [7.25] ότι θα γίνει εκοκαφή μισού μέτρου βάθους και τριάντα εκατοστών ανοίγματος, για το πλάτος της κοιτής που θα θεμελιωθεί κάθε ξυλόφραγμα, λαμβάνοντας υπόψη και τον όγκο του κατάντη τμήματος προστασίας από τον Πίνακα 7.15.

$$V_{\text{εκοκαφή, ξυλόφραγμα}} = 0,5 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} + 2 \cdot (0,5 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 4 \text{ m}) + 17,86 \text{ m}^3 = 19,81 \text{ m}^3 \Rightarrow 20 \text{ m}^3 \quad \mathbf{[7.25]}$$

Απόσταση μεταφοράς για την απόθεση των ανωτέρω εκοκαφών λαμβάνεται ίση με 6 km, της οποίας το κόστος μεταφοράς υπολογίζεται σε 0,24 €/ (m<sup>3</sup>·km) (0,21+0,03) βάσει Περιγραφικού Τιμολογίου NET ΟΔΟ.

Θεωρείται παραλαβή εγχώριας δρυός 3,5 m<sup>3</sup>, έπειτα από προσαύξηση του όγκου ξυλείας που εκτιμήθηκε από τους Πίνακες 7.14 και 7.15.

Θα απαιτηθεί επάλειψη επιφάνειας ξυλείας για το συνολικό μήκος των πασσάλων, το οποίο εκτιμήθηκε στον Πίνακα 7.14 και υπολογίζεται στην εξίσωση [7.26].

$$S_{\text{επάλειψης}} = \pi \cdot 0,2 \text{ m} \cdot (69,48 \text{ m} + 16,11 \text{ m} + 13,06 \text{ m} + 6 \text{ m}) = 65,75 \text{ m}^2 \Rightarrow 70 \text{ m}^2 \quad \mathbf{[7.26]}$$

Εκτιμήθηκε ότι για ένα ξυλόφραγμα απαιτούνται τέσσερα κιλά σύρματος, επομένως υπολογίζεται στην εξίσωση [7.27] το βάρος για τα τρία ξυλοφράγματα.

$$B_{\text{σύρματος}} = 3 \cdot 4 \text{ kg} = 12 \text{ kg} \Rightarrow 15 \text{ kg} \quad \mathbf{[7.27]}$$

Εκτιμήθηκε ότι για ένα ξυλόφραγμα απαιτούνται δέκα κιλά συρματόσχοινου, επομένως υπολογίζεται στην εξίσωση [7.28] το βάρος για τα τρία ξυλοφράγματα.

$$B_{\text{συρματόσχοινου}} = 3 \cdot 10 \text{ kg} = 30 \text{ kg} \quad \mathbf{[7.28]}$$

Εκτιμήθηκε ότι για ένα ξυλόφραγμα απαιτούνται τέσσερα κιλά ήλων, επομένως υπολογίζεται στην εξίσωση [7.29] το βάρος για τα τρία ξυλοφράγματα.



$$B_{\eta\lambda\omega\nu} = 3 \cdot 4 \text{ kg} = 12 \text{ kg} \Rightarrow 15 \text{ kg} \quad [7.29]$$

Για την κατασκευή ενός ξυλοφράγματος εκτιμήθηκε εργασία τεχνίτη για τριάντα ώρες, επομένως υπολογίζεται στην εξίσωση [7.30] ο χρόνος κατασκευής για τα τρία ξυλοφράγματα.

$$T_{\text{τεχνίτη}} = 3 \cdot 30 \text{ h} = 90 \text{ h} \quad [7.30]$$

Για την κατασκευή ενός ξυλοφράγματος εκτιμήθηκε εργασία βοηθού τεχνίτη για τριάντα ώρες, επομένως υπολογίζεται στην εξίσωση [7.31] ο χρόνος κατασκευής για τα τρία ξυλοφράγματα.

$$T_{\text{βοηθού}} = 3 \cdot 30 \text{ h} = 90 \text{ h} \quad [7.31]$$

Το βάρος του σύρματος, του συρματόσχοινου, των ήλων και το συνολικό βάρος ξυλείας, λαμβάνοντας υπόψη το ειδικό βάρος του πουρναριού λόγω της μεγάλης πυκνότητάς του ως δυσμενέστερη περίπτωση, θα φορτοεκφορτωθεί με μηχανικά μέσα, με το συνολικό βάρος να υπολογίζεται στην εξίσωση [7.32].

$$B_{\text{φορτοεκφόρτωσης}} = 3,5 \text{ m}^3 \cdot 0,9 \text{ ton/m}^3 + 0,015 \text{ ton} + 0,03 \text{ ton} + 0,015 \text{ ton} = 3,21 \text{ ton} \Rightarrow 3,5 \text{ ton} \quad [7.32]$$

Εκτιμάται στην εξίσωση [7.33] ότι η μεταφορά της ξυλείας, του σύρματος, του συρματόσχοινου και των ήλων θα γίνει με αυτοκίνητο, σε απόσταση έξι χιλιομέτρων και σε δρόμους περιορισμένης βατότητας.

$$M_{\text{αυτοκίνητο}} = 3,5 \text{ ton} \cdot 6 \text{ km} = 21 \text{ ton} \cdot \text{km} \Rightarrow 25 \text{ ton} \cdot \text{km} \quad [7.33]$$

Το ίδιο βάρος που θα φορτοεκφορτωθεί με μηχανικά μέσα, ίσο με 3,5 ton εκτιμάται ότι θα φορτοεκφορτωθεί και με ζώα.

Εκτιμάται στην εξίσωση [7.34] ότι η μεταφορά του παραπάνω βάρους με τα ζώα θα πραγματοποιηθεί για απόσταση εξιακοσίων μέτρων, όπως προκύπτει από τις προσβάσεις μέσω της κοίτης στην εξίσωση [7.6].

$$M_{\text{ζώα}} = 3,5 \text{ ton} \cdot \frac{600 \text{ m}}{100 \text{ m}} \cdot 100 \text{ m} = 21 \text{ ton} \cdot 100 \text{ m} \Rightarrow 25 \text{ ton} \cdot 100 \text{ m} \quad [7.34]$$

*Διερεύνηση έργων ορεινής υδروνομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

**Πίνακας 7.16:** Κοστολόγηση πρώτου σεναρίου με φράγματα από σκυρόδεμα και ξυλοφράγματα

Άρθρο Τιμολογίου	Περιγραφή Τιμολογίου	Μονάδα	Ποσότητα	Αυτούσια Τιμή (€)	Μεταφορά (€/m <sup>3</sup> ·km & €/m <sup>3</sup> ·στρέμμα)	Απόσταση (km)	Τιμή Μεταφοράς (€)	Τιμή Τιμολογίου (€)	Κόστος (€)
<b>ΟΔΟ Α-2</b>	Γενικές εκσκαφές σε έδαφος γαιώδες-ημιβραχώδες	m <sup>3</sup>	7.600,00	0,70	0,24	6,00	1,44	2,14	16.264,00
<b>ΟΔΟ Α-3.3</b>	Γενικές εκσκαφές σε έδαφος βραχώδες χωρίς χρήση εκρηκτικών	m <sup>3</sup>	7.600,00	8,20	0,24	6,00	1,44	9,64	73.264,00
<b>ΟΔΟ Α-20</b>	Κατασκευή επιχωμάτων	m <sup>3</sup>	2.900,00	1,05				1,05	3.045,00
<b>ΥΔΡ 4.02.02</b>	Καθαρισμοί κοιτών ποταμών ή ρεμμάτων από φερτά υλικά, ή απορρίμματα με την φόρτωση και μεταφορά των προϊόντων επί αυτοκινήτου	m <sup>3</sup>	2.100,00	0,72	0,25	2,00	0,50	1,22	2.562,00
<b>ΥΔΡ 4.03</b>	Καθαρισμοί κοιτών ποταμών ή ρεμμάτων από αυτοφυή βλάστηση	στρέμμα	4,50	520,00	12,50	2,00	25,00	545,00	2.452,50
<b>ΥΔΡ 4.14</b>	Καθαίρεση λιθοδομών ή πλινθοδομών	m <sup>3</sup>	60,00	11,30	0,24	6,00	1,44	12,74	764,40
<b>ΟΔΟ Β-1</b>	Εκσκαφή θεμελίων τεχνικών έργων και τάφρων πλάτους έως 5,0 m	m <sup>3</sup>	400,00	4,00	0,24	6,00	1,44	5,44	2.176,00



*Διερεύνηση έργων ορεινής υδروνομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>ΟΔΟ Β-6</b>	Κατασκευή λιθόδμητου τοίχου	m <sup>3</sup>	60,00	76,70				76,70	4.602,00
<b>ΟΔΟ Β-7</b>	Λιθορριπή κοιποστρώσεων, αναβαθμών κ.λ.π.	m <sup>3</sup>	60,00	15,30				15,30	918,00
<b>ΟΔΟ Β-29.4.5</b>	Κατασκευή βάρων, πλακών πρόσβασης, τοίχων, θωρακίων κλπ με σκυρόδεμα C20/25	m <sup>3</sup>	700,00	133,00				133,00	93.100,00
<b>ΟΔΟ Β-30.2</b>	Χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος B500C εκτός υπογειών έργων	kg	30.000,00	1,15				1,15	34.500,00
<b>ΥΔΡ 6.01.01.04</b>	Αντλητικά συγκροτήματα ηλεκτροκίνητα, ισχύος 5,0 έως 10,0 HP	h	800,00	9,30				9,30	7.440,00
<b>ΥΔΡ 9.23.04</b>	Στεγανοποιητικά μάζας σκυροδέματος (πρόσμικτα μείωσης υδατοπερατότητας) κατά ΕΛΟΤ, EN 934-2	kg	1.050,00	0,52				0,52	546,00
<b>ΟΔΟ Ε-5.2</b>	Περίφραξη τύπου Β ύψους 1,62 m	m	100,00	13,70				13,70	1.370,00
<b>ΟΔΟ Ε-9.6</b>	Μηνιαία χρήση πινακίδων εργοταξιακής σήμανσης	τεμάχιο	50,00	8,80				8,80	440,00



*Διερεύνηση έργων ορεινής υδروνομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>ΟΔΟ Ε-16</b>	Αναλάμπων φανός επισήμανσης κινδύνου	τεμάχιο	25,00	43,80				43,80	1.095,00
<b>ΟΙΚ 20.04.01</b>	Εκσκαφή θεμελίων και τάφρων χωρίς τη χρήση μηχανικών μέσων σε εδάφη γαιώδη-ημιβραχώδη	m <sup>3</sup>	20,00	20,25	0,24	6,00	1,44	21,69	433,80
<b>ΟΙΚ 211</b>	Έυλεια δρυός εγχωρία	m <sup>3</sup>	3,50	750,00				750,00	2.625,00
<b>ΟΙΚ 51.02</b>	Επάλειψη ξυλείας με μείγμα πίσσας	m <sup>2</sup>	70,00	11,20				11,20	784,00
<b>ΟΙΚ 283</b>	Σύρμα γαλβανισμένον	kg	15,00	1,31				1,31	19,65
<b>ΟΙΚ 291</b>	Συρματόσχοινον μηχανημάτων	kg	30,00	4,50				4,50	135,00
<b>ΟΙΚ 252</b>	Ήλοι σιδηροί κοχλιοφόροι (μπουλόνια) μετά ροδέλας	kg	15,00	2,18				2,18	32,70
<b>ΟΙΚ 003</b>	Τεχνίτης (λατόμος, κτίστης, λιθοξόος, ξυλουργός, σιδηρουργός, υδραυλικός, κ.λ.π. τεχνίται)	h	90,00	19,87				19,87	1.788,30
<b>ΟΙΚ 002</b>	Βοηθός (εν γένει βοηθός τεχνίτου ή χειριστού μηχανημάτων, χωματουργός)	h	90,00	16,84				16,84	1.515,60
<b>ΟΙΚ 10.01.02</b>	Φορτοεκφόρτωση με μηχανικά μέσα	ton	3,50	1,65				1,65	5,78



*Διερεύνηση έργων ορεινής υδροφορίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

<b>ΟΙΚ 10.07.02</b>	Μεταφορές με αυτοκίνητο διά μέσου οδών περιορισμένης βατότητας	ton·km	25,00	0,45				0,45	11,25
<b>ΟΙΚ 10.01.01</b>	Φορτοεκφόρτιση με τα χέρια	ton	3,50	13,50				13,50	47,25
<b>ΟΙΚ 10.05</b>	Μεταφορά υλικών με ζώα	ton·100 m	25,00	3,30				3,30	82,50
								<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	252.019,73
								Εργολαβικό όφελος 18%	297.383,28
								Απρόβλεπτα 15%	341.990,77
								ΦΠΑ 17% (για Λέσβο)	400.129,20





*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

**Πίνακας 7.17:** Κοστολόγηση δεύτερου σεναρίου με φράγματα από συρματοκιβώτια και ξυλοφράγματα

Άρθρο Τιμολογίου	Περιγραφή Τιμολογίου	Μονάδα	Ποσότητα	Αυτούσια Τιμή (€)	Μεταφορά (€/m <sup>3</sup> ·km & €/m <sup>3</sup> ·στρέμμα)	Απόσταση (km)	Τιμή Μεταφοράς (€)	Τιμή Τιμολογίου (€)	Κόστος (€)
<b>ΟΔΟ Α-2</b>	Γενικές εκσκαφές σε έδαφος γαιώδες-ημιβραχώδες	m <sup>3</sup>	7.600,00	0,70	0,24	6,00	1,44	2,14	16.264,00
<b>ΟΔΟ Α-3.3</b>	Γενικές εκσκαφές σε έδαφος βραχώδες χωρίς χρήση εκρηκτικών	m <sup>3</sup>	7.600,00	8,20	0,24	6,00	1,44	9,64	73.264,00
<b>ΟΔΟ Α-20</b>	Κατασκευή επιχωμάτων	m <sup>3</sup>	2.900,00	1,05				1,05	3.045,00
<b>ΥΔΡ 4.02.02</b>	Καθαρισμοί κοιτών ποταμών ή ρεμμάτων από φερτά υλικά, ή απορρίμματα με την φόρτωση και μεταφορά των προϊόντων επί αυτοκινήτου	m <sup>3</sup>	2.100,00	0,72	0,25	2,00	0,50	1,22	2.562,00
<b>ΥΔΡ 4.03</b>	Καθαρισμοί κοιτών ποταμών ή ρεμμάτων από αυτοφυή βλάστηση	στρέμμα	4,50	520,00	12,50	2,00	25,00	545,00	2.452,50
<b>ΥΔΡ 4.14</b>	Καθαίρεση λιθοδομιών ή πλινθοδομών	m <sup>3</sup>	60,00	11,30	0,24	6,00	1,44	12,74	764,40
<b>ΟΔΟ Β-1</b>	Εκσκαφή θεμελίων τεχνικών	m <sup>3</sup>	600,00	4,00	0,24	6,00	1,44	5,44	3.264,00



*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

	έργων και τάφρων πλάτους έως 5,0 m								
<b>ΟΔΟ Β-6</b>	Κατασκευή λιθόδημου τοίχου	m <sup>3</sup>	60,00	76,70				76,70	4.602,00
<b>ΟΔΟ Β-7</b>	Λιθορριπή κοιτοστρώσεων, αναβαθμών κ.λ.π.	m <sup>3</sup>	60,00	15,30				15,30	918,00
<b>ΟΔΟ Β-65.1.3</b>	Συρματόπλεγμα και σύρματα συρματοκιβωτίων, γαλβανισμένα με κράμα ψευδαργύρου-αλουμινίου (Galfan: 95% Zn & 5% Al) και πρόσθετη εξωτερική προστασία με επίστρωση βάσεως PVC	kg	4.000,00	3,40				3,40	13.600,00
<b>ΟΔΟ Β-65.2</b>	Κατασκευή φατνών	m <sup>2</sup>	700,00	2,50				2,50	1.750,00
<b>ΟΔΟ Β-65.3</b>	Πλήρωση φατνών	m <sup>3</sup>	1.000,00	17,30	0,25	2,00	0,50	17,80	17.800,00
<b>ΟΔΟ Β-65.4.3</b>	Στρωμένες τύπου RENO, γαλβανισμένες με κράμα ψευδαργύρου-αλουμινίου (Galfan: 95% Zn & 5% Al) και πρόσθετη εξωτερική	kg	3.000,00	4,15				4,15	12.450,00



*Διερεύνηση έργων ορεινής υδρονομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

	προστασία με επίστρωση βάσεως PVC								
<b>ΥΔΡ 6.01.01.04</b>	Αντλητικά συγκροτήματα ηλεκτροκίνητα, ισχύος 5,0 έως 10,0 HP	h	800,00	9,30				9,30	7.440,00
<b>ΟΔΟ Ε-5.2</b>	Περίφραξη τύπου Β ύψους 1,62 m	m	150,00	13,70				13,70	2.055,00
<b>ΟΔΟ Ε-9.6</b>	Μηνιαία χρήση πινακίδων εργοταξιακής σήμανσης	τεμάχιο	50,00	8,80				8,80	440,00
<b>ΟΔΟ Ε-16</b>	Αναλάμπων φανός επισήμανσης κινδύνου	τεμάχιο	25,00	43,80				43,80	1.095,00
<b>ΟΙΚ 20.04.01</b>	Εκσκαφή θεμελίων και τάφρων χωρίς τη χρήση μηχανικών μέσων σε εδάφη γαιώδη-ημιβραχώδη	m <sup>3</sup>	20,00	20,25	0,24	6,00	1,44	21,69	433,80
<b>ΟΙΚ 211</b>	Ξυλεία δρυός εγχωρία	m <sup>3</sup>	3,50	750,00				750,00	2.625,00
<b>ΟΙΚ 51.02</b>	Επάλειψη ξυλείας με μείγμα πίσσας	m <sup>2</sup>	70,00	11,20				11,20	784,00
<b>ΟΙΚ 283</b>	Σύρμα γαλβανισμένον	kg	15,00	1,31				1,31	19,65
<b>ΟΙΚ 291</b>	Συρματόσχοινον μηχανημάτων	kg	30,00	4,50				4,50	135,00
<b>ΟΙΚ 252</b>	Ήλοι σιδηροί κοχλιοφόροι	kg	15,00	2,18				2,18	32,70



*Διερεύνηση έργων ορεινής υδروνομίας νησιωτικών λεκανών:  
Η περίπτωση του Αχερώνα Λέσβου*

	(μπουλόνια) μετά ροδέλας								
<b>ΟΙΚ 003</b>	Τεχνίτης (λατόμος, κτίστης, λιθοξόος, ξυλουργός, σιδηρουργός, υδραυλικός, κ.λ.π. τεχνίται)	h	90,00	19,87				19,87	1.788,30
<b>ΟΙΚ 002</b>	Βοηθός (εν γένει βοηθός τεχνίτου ή χειριστού μηχανημάτων, κωματουργός)	h	90,00	16,84				16,84	1.515,60
<b>ΟΙΚ 10.01.02</b>	Φορτοεκφόρτιση με μηχανικά μέσα	ton	3,50	1,65				1,65	5,78
<b>ΟΙΚ 10.07.02</b>	Μεταφορές με αυτοκίνητο διά μέσου οδών περιορισμένης βατότητας	ton·km	25,00	0,45				0,45	11,25
<b>ΟΙΚ 10.01.01</b>	Φορτοεκφόρτιση με τα χέρια	ton	3,50	13,50				13,50	47,25
<b>ΟΙΚ 10.05</b>	Μεταφορά υλικών με ζώα	ton·100 m	25,00	3,30				3,30	82,50
								<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	171.246,73
								Εργολαβικό όφελος 18%	202.071,14
								Απρόβλεπτα 15%	232.381,81
								ΦΠΑ 17% (για Λέσβο)	271.886,71



## 8. Συμπεράσματα-Συζήτηση

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίστηκε σε λογισμικά ελεύθερης χρήσης, με εξαίρεση τις διαδικασίες που πραγματοποιήθηκαν στα λογισμικά Autodesk και ArcGIS. Οι όμβριες καμπύλες, όπως και οι χρήσεις γης και οι εδαφολογικοί τύποι εδαφών προέκυψαν από πίνακες και χάρτες του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου. Ο συνδυασμός των πρωταρχικών αυτών δεδομένων και της κατάλληλης επιλογής του αριθμού καμπύλης (CN) σύμφωνα με τα όρια που καθορίζονται από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας, οδήγησε στην προσομοίωση των πλημμυρικών παροχών αιχμής για περίοδο επαναφοράς πενήντα ετών.

Σε επόμενο στάδιο βελτίωσης των πρωταρχικών δεδομένων, μπορεί να πραγματοποιηθεί συγκέντρωση των μετεωρολογικών δεδομένων από παλιούς και νέους σταθμούς του νησιού και με ομογενοποίηση των χρονοσειρών να κατασκευαστεί μία νέα όμβρια καμπύλη που θα ανταποκρίνεται καλύτερα στην περιοχική μελέτη. Με αυτόν τον τρόπο, αν οι εκτιμημένες παροχές σχεδιασμού βαθμονομηθούν με πραγματικές μετρήσεις πεδίου από μελλοντικά πλημμυρικά γεγονότα, τα αποτελέσματα του υδρολογικού μοντέλου HMS θα ανταποκρίνονται καλύτερα στις φυσικές λειτουργίες του υδατορέματος του Αχερώνα. Επιπλέον, η βαθμονόμηση της στερεοπαροχής μέσω κατασκευής φερτοπαγίδων σε κατάλληλες θέσεις εντός της κοίτης, ανοίγει τη δυνατότητα χρήσης και άλλων λογισμικών με επιπλέον δυνατότητες στον υπολογισμό της υδατοστερεοπαροχής, όπως το ελεύθερο λογισμικό SWAT (Soil and Water Assessment Tool).

Στην παρούσα εργασία προτείνονται, στην ορεινή λεκάνη, μικρά φράγματα σε κατάλληλες θέσεις, με τα οποία επιτυγχάνεται μείωση ορμής του νερού και συγκράτησης φερτών. Ο σχεδιασμός των μικρών έργων ορεινής υδρονομίας πραγματοποιήθηκε μέσω μείωσης της παροχής αιχμής, η οποία εκτιμήθηκε από το υδρολογικό μοντέλο HMS, με βάση την καμπύλη στάθμης-αποθήκευσης για κάθε μικρό φράγμα ανάσχεσης, καθώς και του χρόνου υστέρησης λόγω διόδευσης στο κλάδο του ρέματος που παρεμβάλλεται με το έργο.

Ωστόσο, αναλυτικότερη εκτίμηση της παροχής, αλλά και του προφίλ της ροής μπορεί να γίνει μέσω υδραυλικών προγραμμάτων, όπως το ελεύθερο λογισμικό HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System). Σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται αναλυτική τοπογραφική αποτύπωση του υδατορέματος, όπου σε συνδυασμό με επιτόπια έρευνα πεδίου, η κωροθέτηση των μικρών φραγμάτων μπορεί να επιτευχθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια, λαμβάνοντας υπόψη τη φυτική κάλυψη και το γεωλογικό υπόβαθρο της κάθε θέσης.

Στο τέλος της εργασίας πραγματοποιήθηκε προμέτρηση και κοστολόγηση των προτεινόμενων έργων βάσει τιμολογίων Δημοσίων Συμβάσεων Έργων, με τη δημιουργία δύο πινάκων, ώστε να γίνει εφικτή η σύγκριση του κόστους στην περίπτωση κατασκευής τριών ξυλοφραγμάτων σε συνδυασμό είτε με πέντε φράγματα από σκυρόδεμα (400.129,20 €) είτε με πέντε φράγματα από συρματοπλεκτα κιβώτια (271.886,71 €). Η διαφορά του συνολικού κόστους μεταξύ των δύο εναλλακτικών είναι 128.242,48 €, με οικονομικότερη επιλογή εκείνη των έργων με συρματοπλεκτα κιβώτια. Τα φράγματα από συρματοκιβώτια, επιλέγονται σε σχέση με αυτά από σκυρόδεμα, ως αρτιότερη περιβαλλοντικά παρέμβαση, σε συνδυασμό με την πιο οικονομική τιμή κατασκευής.

## 9. Βιβλιογραφία

Asadi A. and Boustani F., 2013. *Performance Evaluation of the HEC-HMS Hydrologic Model for Lumped and Semi-distributed Stormflow Simulation (Study Area: Delibajak Basin)*. American Journal of Engineering Research.

Choudhari K., Panigrahi B. and Paul C. J., 2014. *Simulation of rainfall-runoff process using HEC-HMS model for Balijore Nala watershed, Odisha, India*. International Journal of Geomatics and Geosciences.

Djokic D., 2008. *Comprehensive Terrain Preprocessing Using Arc Hydro Tools*. ESRI.

ESRI, 2011. *Arc Hydro Geoprocessing Tools*. Tutorial, Version 2.0.

Maccaferri, 2018. *Gabions*. Technical data sheet.

Maccaferri, 2018. *Reno mattress*. Technical data sheet.

Rathod P., Borse K. and Manekar V. L., 2015. *Simulation of Rainfall-Runoff Process Using HEC-HMS (Case Study: Tapi River, India)*. 20<sup>th</sup> International Conference on Hydraulics, Water Resources and River Engineering.

Sarminingsih A., Rezagama A. and Ridwan Y., 2018. *Simulation of Rainfall-runoff process using HEC-HMS model for Garang Watershed, Semarang, Indonesia*. Journal of Physics: Conference Series.

US Army Corps of Engineers, 2013. *HEC-GeoHMS Geospatial Hydrologic Modeling Extension*. Hydrologic Engineering Center, User's Manual, Version 10.1.

US Army Corps of Engineers, 2018. *Hydrologic Modeling System, HEC-HMS*. Hydrologic Engineering Center, User's Manual, Version 4.3.

Venkatesh M., 2019. *HMS-Model Development using GeoHMS*. School of Civil Engineering, Purdue University.

Zhang H. L., Wang Y. J., Wang Y. Q., Li D. X. and Wang X. K., 2013. *The effect of watershed scale on HEC-HMS calibrated parameters: a case study in the Clear Creek watershed in Iowa, US*. Hydrology and Earth System Sciences.

Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2016. *Κατάρτιση όμβριων καμπύλων σε επίπεδο χώρας*. Εφαρμογή Οδηγίας 2007/60/ΕΚ.

Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2016. *Όμβριες καμπύλες*. Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού

Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου (Βορείου και Νοτίου Αιγαίου), Στάδιο Ι, 1<sup>η</sup> Φάση-Παραδοτέο 2.

Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017. *Ανάλυση χαρακτηριστικών περιοχής και μηχανισμών πλημμύρας*. Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου (Βορείου και Νοτίου Αιγαίου), Στάδιο Ι, 1<sup>η</sup> Φάση-Παραδοτέο 1.

Καπετανόπουλος Γ., 2000. *Υπολογισμός του βέλτιστου διάρρου με Η/Υ*. Υπουργείο Γεωργίας, Δ/ση Αναδασώσεων και Ορεινής Υδρονομίας, Τμήμα Δασοτεχνικής Διευθέτησης Χειμάρρων.

Καπετανόπουλος Γ., 2001. *Προσδιορισμός της κλίσης αντιστάθμισης με Η/Υ*. Υπουργείο Γεωργίας, Δ/ση Αναδασώσεων και Ορεινής Υδρονομίας, Τμήμα Δασοτεχνικής Διευθέτησης Χειμάρρων.

Καπετανόπουλος Γ., 2003. *Στατικός Υπολογισμός με Η/Υ των φραγμάτων (αναβαθμών) βαρύτητας*. Υπουργείο Γεωργίας, Δ/ση Αναδασώσεων και Ορεινής Υδρονομίας, Τμήμα Δασοτεχνικής Διευθέτησης Χειμάρρων.

Κωτούλας Δ., 2001. *Ορεινή Υδρονομική*. Τόμος Ι, Τα ρέοντα ύδατα.

Λαμπρινός Ν., 2009. *Φυσική Γεωγραφία και Περιβάλλον*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης.

Λέκκας Ε., Σκούρτσος Ε., Διακάκης Μ., Φίλης Χ., Μαυρουλής Σ. και Παπασπυρόπουλος Κ., 2017. *Εκτίμηση υδρομετεωρολογικών κινδύνων σε περιοχές με ιδιόμορφο γεωδυναμικό και γεωπεριβαλλοντικό καθεστώς. Η περίπτωση της νήσου Λέσβου*. Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου, Δήμος Λέσβου, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα.

Λευθεριώτης Γ., 2020. *Τεχνική Υδρολογία*. Διάλεξη 7, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Λουκάς Α., 2015. *Υδρολογία*. Ενότητα 8, Υδρογραφήματα Μοναδιαίο Υδρογράφημα Συνθετικό Υδρογράφημα, Εργαστήριο Υδρολογίας και Ανάλυσης Υδατικών Συστημάτων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Μαμάσης Ν., 2012. *Το πρόβλημα πλημμυρών της Καλλονής Μια πρώτη προσέγγιση*. Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ.

Μάρης Π. Φ., 2012. *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων*. Θέματα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, 4<sup>ος</sup> Τόμος, Περιοδική έκδοση Τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων του Δ.Π.Θ.



Μάρης Φ., 2013. *Οι αρχές της υδρογεωνομικής διευθέτησης*. Κεφάλαιο 1, Εργαστήριο Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων και Διαχείρισης Κινδύνου, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων.

Μάρης Φ., 2013. *Υδρολογία Φυσικού Περιβάλλοντος*. Κεφάλαιο 8, Περίσσειμα βροχής, Εργαστήριο Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων και Διαχείρισης Κινδύνου, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων.

Μαρουγκλιάνης Χ. και Ράνης Γ., 2018. *Οριστική Μελέτη Κατασκευής Ευλοφραγμάτων στα δάση και δασικές εκτάσεις, των λεκανών απορροής στις περιοχές Ραχωνίου, Πρίνου, Σωτήρος και Καλλιράχης, που κήκων από τη δασική πυρκαγιά στις 10-09-2016 στη νήσο Θάσο*. Ελληνική Δημοκρατία, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μακεδονίας-Θράκης, Γενική Διεύθυνση Δασών και Αγροτικών Υποθέσεων, Δ/νση Συντονισμού & Επιθεώρησης Δασών, Διεύθυνση Δασών Ν. Καβάλας, Δασαρχείο Θάσου.

Μουτάφης Ν. Ι. και Μαμάσης Ν., 2012. *Έκθεση Διατύπωσης Απόψεων για Αντιπλημμυρική Προστασία Περιοχών Καλλονής και Σκοπέλου*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος.

Σιώρας Ε. Π., 2018. *Προσδιορισμός γραμμών πλημμύρας σε υδατόρευμα στη θέση «Αυλώνας» Δ.Κ. Μούδρου Δήμου Λήμνου*. Υδραυλική Μελέτη, Τεχνική Έκθεση.

Υπουργείο ΥΠΟ.ΠΕ.ΔΙ, 2012. *Πρακτικό Επιτροπής Διαπιστώσεως Τιμών Δημοσίων Έργων*. Ελληνική Δημοκρατία, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων.

ΦΕΚ 1746/Β'/19-05-2017. *Κανονισμός Περιγραφικών Τιμολογίων Εργασιών για δημόσιες συμβάσεις έργων*.

ΦΕΚ 2683/Β'/06-07-2018. *Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου (Βορείου και Νοτίου Αιγαίου) (EL14) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων*.

Χάμπας Μ., 2020. *Υδρολογική Προσομοίωση του ποταμού Καλλονής Λέσβου με την χρήση του μοντέλου HEC-HMS*. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Σχολή Περιβάλλοντος, Τμήμα Ωκεανογραφίας και Θαλασσίων Βιοεπιστημών, Πτυχιακή Εργασία.

Χρυσάνθου Β., 2015. *Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα*. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα.