

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ
ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗ ΜΗΘΥΜΝΑΣ ΝΗΣΟΥ
ΛΕΣΒΟΥ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

**Κουλούρης Μάριος
Μαργιλής Γρηγόρης
Πατρικάκος Απόστολος**

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Δρ. Νικόλαος Θ. Φουρνιώτης
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός
Επιστημονικός Συνεργάτης Τ.Ε.Ι.

ΠΑΤΡΑ, 18 ΜΑΙΟΥ 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία εκπονήθηκε στο Τ.Ε.Ι. Πατρών υπό την επίβλεψη του Δρ. Νικόλαου Φουρνιώτη.

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας σε όλους όσοι βοήθησαν και συνέβαλαν στην πραγματοποίησή της.

Καταρχάς, ευχαριστούμε τον τεχνικούς της ΔΕΥΑ Λέσβου, για την πολύτιμη βοήθεια που μας πρόσφεραν, παραχωρώντας μας την τελική έκθεση της μελέτης με τίτλο: “ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗ ΜΗΘΥΜΝΑΣ ΝΗΣΟΥ ΛΕΣΒΟΥ”, που αξιοποιήθηκε στην παρούσα πτυχιακή εργασία για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Θερμά ευχαριστούμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας Δρ. Νικόλαο Φουρνιώτη. Η καλή διάθεσή του, το ευχάριστο κλίμα που είχε δημιουργήσει, ο χρόνος που μας αφιέρωσε, οι εύστοχες παρατηρήσεις του και η επιτυχής συνεργασία μας αποτέλεσαν κύριους παράγοντες για την ολοκλήρωση της εργασίας.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους γονείς μας για την ενθάρρυνση και την συνεχή υποστήριξή τους.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

	<i>Σελίδα</i>
Εικ. 1.	Έργα εξωποτάμιας λιμνοδεξαμενής 13
Εικ. 2.	Γενική άποψη λιμνοδεξαμενής και ύπαρξη μισγάγγειας 19
Εικ. 3α.	Δημιουργία οικοσυστήματος 27
Εικ. 3β.	Δημιουργία οικοσυστήματος 27
Εικ. 4.	Μεμβράνη πάνω στο ανάχωμα 32
Εικ. 5α.	Βάρη συγκράτησης μεμβράνης 45
Εικ. 5β.	Βάρη συγκράτησης μεμβράνης 45
Εικ. 6.	Διώρυγα μεταφοράς υδάτων 48
Εικ. 7α.	Έργα εισόδου υδάτων στη λιμνοδεξαμενή 50
Εικ. 7β.	Έργα εισόδου υδάτων στη λιμνοδεξαμενή 50

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

	<i>Σελίδα</i>
Σχήμα 1.	Κάναβος πάνω στη λεκάνη απορροής για τον προσδιορισμό της κλίσης της λεκάνης 17
Σχήμα 2.	Διατάξεις αναχώματος 33
Σχήμα 3.	Τυπικές επιφάνειες ελέγχου για αναλύσεις ευστάθειας 35

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία αναλύονται τα κριτήρια κατασκευής λιμνοδεξαμενών. Αναφέρονται τα κριτήρια επιλογής θέσης κατασκευής λιμνοδεξαμενών, τα υδρολογικά κριτήρια, τα γεωτεχνικά και περιβαλλοντικά κριτήρια. Ακόμα παρουσιάζονται οι βασικές αρχές σχεδιασμού των επιμέρους τμημάτων του έργου.

Σύμφωνα με τα παραπάνω και για εκπαιδευτικούς λόγους δίδεται ως παράδειγμα η μελέτη με τίτλο “ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗ ΜΗΘΥΜΝΑΣ ΝΗΣΟΥ ΛΕΣΒΟΥ” όπου αναφέρονται τα βήματα για την κατασκευή του έργου.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα εργασία μπορούν να αξιοποιηθούν για τον σχεδιασμό αντίστοιχων έργων στο μέλλον.

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της Πτυχιακής Εργασίας είναι η παρουσίαση των κριτηρίων για την κατασκευή λιμνοδεξαμενών. Για την βαθύτερη κατανόηση του σχεδιασμού της κατασκευής γίνεται ανάλυση της κάθε κατηγορίας κριτηρίων. Στη συνέχεια αναφέρονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των επιμέρους τμημάτων της κατασκευής, τα υλικά κατασκευής των, καθώς και η καταλληλότητα αυτών. Επίσης παρουσιάζεται παράδειγμα μελέτης όπου φαίνεται η πορεία κατασκευής σύμφωνα με τα παραπάνω.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
Εξώφυλλο	1
Ευχαριστήρια	2
Ευρετήριο εικόνων	3
Ευρετήριο σχημάτων	3
Περίληψη	4
Σκοπός	5
Περιεχόμενα	6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

1.1 ΤΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ Η ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΟΥ	11
1.2 Η ΕΛΛΕΙΨΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΝΗΣΙΑ ΚΑΙ Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΩΝ	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΩΝ

2.1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ	14
2.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΕΩΝ	17
2.2.1 Εντοπισμός Πιθανών Θέσεων	17
2.2.2 Ανάγκες Αρδεύσεως	18
2.2.3 Ανάγκες Υδρεύσεως	18
2.2.4 Λοιπά Κριτήρια	18
2.2.5 Θέση Λιμνοδεξαμενής	19
2.3 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ	20
2.4 ΣΧΕΣΗ ΕΡΓΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	22
2.4.1 Εισαγωγικά Στοιχεία – Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων	22
2.4.2 Περιβαλλοντικά Κριτήρια Σχεδιασμού Λιμνοδεξαμενών	24
2.4.2.1 Στάδιο Κατασκευής του Έργου	25
2.4.2.2 Στάδιο Λειτουργίας του Έργου	26
2.4.2.3 Η Πλήρωση της Λεκάνης	29
2.4.3 Συμπεράσματα	29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΝΑΧΩΜΑΤΩΝ	30
3.2	ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΟΥ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (ΜΕ Ή ΧΩΡΙΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗ)	30
3.3	ΣΤΕΓΑΝΑ ΑΝΑΧΩΜΑΤΑ (ΧΩΡΙΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗ)	31
3.4	ΑΝΑΧΩΜΑΤΑ ΜΕ ΜΕΜΒΡΑΝΗ	31
3.5	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΑΧΩΜΑΤΩΝ	33
3.5.1	Έλεγχος Θεμελίωσης έναντι Θραύσεως	33
3.5.2	Συμπίεση – Καθιζήσεις (παραδοχή δισδιάστατου χώρου)	33
3.5.3	Δίκτυα Ροής (δισδιάστατος χώρος)	34
3.5.4	Αναλύσεις Ευστάθειας (μέθοδοι οριακής ισορροπίας)	34
3.5.5	Σεισμική Καταπόνηση	35
3.5.6	Έλεγχος Μembrάνης	35
3.6	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	36
3.6.1	Γαιώδη Υλικά	36
3.6.2	Υλικό Στραγγιστικών Στρώσεων	36
3.6.3	Προετοιμασία των Επιφανειών Έδρασης των Αναχωμάτων	36
3.6.4	Διάστρωση και Συμπύκνωση του Γαιώδους Υλικού του Αναχώματος	37
3.6.5	Διάστρωση των Στραγγιστικών Στρώσεων	38
3.6.6	Διάστρωση της Προστατευτικής Επίχωσης της Μembrάνης	39
3.7	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΩΝ (ΟΧΙ ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΩΝ)	39
3.7.1	Προετοιμασία Θεμελίωσης	39
3.7.2	Κοκκομετρική Διαβάθμιση, Μέγιστη Διάσταση Τεμαχών	40
3.7.3	Μηχανικός Εξοπλισμός και Τρόπος Συμπύκνωσης	40
3.7.4	Ποιοτικός Έλεγχος Κατασκευής	40
3.8	ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ ΚΑΙ ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΑ	40
3.8.1	Πεδίο Εφαρμογής – Ορισμοί	40
3.8.2	Στεγανοποιητική Μembrάνη	41
3.8.3	Υπόστρωμα Έδρασης της Μembrάνης	41
3.8.4	Προστατευτική Στρώση Μembrάνης	41
3.8.5	Προετοιμασία Πρανών και Πυθμένα	41
3.9	ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗΡΙΑ	42
3.9.1	Στραγγιστήρια Πυθμένα	42
3.9.2	Προτάσεις για Στραγγιστήρια	42

	Σελίδα
.9.3 Στραγγιστήρια κατάντη ποδός Αναχωμάτων	43
3.9.3.1 Γενικά	43
3.9.3.2 Πηγές Υλικών	43
3.9.4 Υπόστρωμα Έδρασης της Μembrάνης	43
3.9.5 Τοποθέτηση και Σύνδεση της Μembrάνης	44
3.9.6 Προστατευτική Στρώση	46
3.9.7 Έλεγχοι και Δοκιμές	46
3.10 ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	47
3.10.1 Εσχαρισμός	47
3.10.2 Διώρυγα Μεταφοράς Νερού	48
3.10.3 Δεξαμενή Καθίζησης	49
3.10.3.1 Τύπος Καθίζησης Δεξαμενής	49
3.10.3.2 Ιδανική Δεξαμενή Καθίζησης	49
3.10.4 Θάλαμος Υδροληψίας	49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Λ/Ξ ΜΗΘΥΜΝΑΣ ΛΕΣΒΟΥ – Τελική Έκθεση

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	51
4.2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	52
4.3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΚΑΤΑΚΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΙΠΩΝ ΕΡΓΩΝ.	52
4.3.1 Ηφαιστειακά Πετρώματα	52
4.3.2 Τεταρτογενείς Αποθέσεις	52
4.3.2.1 Αλούβια	53
4.3.2.2 Μανδύας Αποσάθρωσης	53
4.3.2.3 Σύγχρονα Υλικά των Χειμάρρων	53
4.4 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ	53
4.4.1 Συμβατικές Παράμετροι Γεωτεχνικού Σχεδιασμού	53
4.4.1.1 Σκοπός	53
4.4.1.2 Γενικά Στοιχεία Σχεδιασμού Αναχώματος	54
4.4.1.2.1 Ασφάλεια Αναχώματος	54
4.4.1.2.2 Κατασκευή Αναχώματος από Προϊόντα Εκσκαφής	54
4.4.1.2.3 Φέρουσα Ικανότητα Εδάφους	54
4.4.1.2.4 Ζώνη έδρασης Εδάφους	54

4.4.1.2.5 Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά Αναχώματος	54
4.4.1.2.6 Επιπρόσθετη Ασφάλεια Αναχώματος	55
4.4.2 Συμπληρωματική Γεωτεχνική Έρευνα και Μελέτη (Σ.Γ.Ε.Μ.)	55
4.4.2.1 Μελέτη του Εδαφικού Υλικού της Περιοχής	55
4.4.2.2 Εξυγιαντική Στρώση Αναχώματος	55
4.4.3 Τροποποιήσεις του Αρχικού Γεωτεχνικού Σχεδιασμού	56
4.4.3.1 Αντικατάσταση Εξυγιαντικής Στρώσης	56
4.4.3.2 Λεπτομέρειες κατασκευής Αναχώματος	56
4.4.3.3 Όρια Atterberg στην κατασκευή Αναχώματος	56
4.4.3.4 Χρήση υλικού από τις περιοχές εκσκαφής του πυθμένα	56
4.5 ΚΥΡΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ Λ/Ξ	56
4.5.1 Κύριο Ανάχωμα	57
4.5.1.1 Θεμελίωση Κύριου Αναχώματος	57
4.5.1.2 Εδαφικά Υλικά Κατασκευής Κυρίου Αναχώματος	57
4.5.1.3 Κατασκευή Κυρίου Αναχώματος	58
4.5.1.4 Προστασία Εξωτερικού Πρανούς Αναχώματος	59
4.5.1.5 Εδαφοτεχνικοί Έλεγχοι	59
4.5.2 Περιμετρικά Αναχώματα	59
4.5.3 Πυθμένας της Λ/Ξ	60
4.5.4 Σύστημα Αποστράγγισης	61
4.5.4.1 Γενικά	61
4.5.4.2 Στραγγιστήρια Στρώση στην Έδραση του Αναχώματος	62
4.5.4.3 Σύστημα Αποστράγγισης της Λεκάνης Κατάκλυσης της Λ/Ξ	62
4.5.5 Στεγανοποίηση της Λ/Ξ	63
4.5.5.1 Γενικά	63
4.5.5.2 Υπόστρωμα Μεμβράνης	63
4.5.5.3 Μεμβράνη	64
4.5.5.4 Επίστρωμα Μεμβράνης	64
4.6 ΕΠΙ ΜΕΡΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ Λ/Ξ ΜΥΘΗΜΝΑΣ	64
4.6.1 Υδροληψίες – Προσαγωγοί Μεταφοράς Νερού	64
4.6.2 Έργο Εισόδου	65
4.6.3 Έργα Εκκένωσης	65
4.7 ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΕΡΓΑ ΤΗΣ Λ/Ξ	66
4.8 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ	66

	Σελίδα
4.9 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ - ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	67
4.9.1 Γενικά χαρακτηριστικά Λ/Ξ ΜΗΘΥΜΝΑΣ ΛΕΣΒΟΥ	67
4.9.2 Στήριξη Κριτηρίων Κατασκευής σε ενδεικτικές παραδοχές	67
4.9.3 Παραδοχές Οριστικής Μελέτης	67
4.9.4 Μεθοδολογία Κατασκευής	68
4.9.5 Υλικό Υποστρώματος	68
4.9.6 Κατασκευαστική Λεπτομέρεια Επιστρώματος	68
4.9.7 Στραγγιστική Στρώση	68
4.9.8 Εργοστασιακά Χαρακτηριστικά Μεμβράνης	68
4.9.9 Έναρξη Λειτουργίας Έργου	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	69
Βιβλιογραφία	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

1.1 ΤΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ Η ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΟΥ

Το νερό είναι ένα από τα μεγαλύτερα αγαθά που προσφέρει η φύση καθώς είναι απαραίτητο στοιχείο ζωής για τους ανθρώπους, τα ζώα και τα φυτά. Ο συνολικός όγκος νερού που υπάρχει στη Γη εκτιμάται γύρω στα 1360 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα. Εύκολα παρατηρεί κανείς ότι η μεγαλύτερη ποσότητα νερού στον πλανήτη είναι αποθηκευμένη στους ωκεανούς, που συγκεντρώνουν το 97,2% του συνολικού όγκου νερού. Ένα σημαντικό ποσοστό της τάξης του 2,15% είναι αποθηκευμένο με μορφή παγετώνων και συνεπώς μη εκμεταλλεύσιμο. Η υπόλοιπη ποσότητα νερού στον πλανήτη αντιστοιχεί στο νερό των ποταμών και λιμνών, το νερό της βιομάζας και το υπόγειο νερό.

Τα υπόγεια νερά έχουν όγκο περίπου $8,4 \times 10^6 \text{ km}^3$, τα μισά όμως περίπου από αυτά είναι μη εκμεταλλεύσιμα γιατί βρίσκονται σε μεγάλα βάθη που καθιστούν την άντληση τους αντικοινωνική. Από την εκμεταλλεύσιμη ποσότητα νερού στον πλανήτη, τα νερά των ποταμών και λιμνών συνιστούν ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξης του 2% περίπου. Το υπόλοιπο 98% της εκμεταλλεύσιμης ποσότητας ύδατος αντιστοιχεί στα υπόγεια νερά. Η ανανέωση σημαντικού μέρους του όγκου των εκμεταλλεύσιμων υπόγειων νερών, γίνεται με διήθηση των νερών των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων, ενώ από την άλλη ένα μεγάλο μέρος χάνεται, καθώς χύνεται στους ωκεανούς και στις θάλασσες (Μιμίκου-Μπαλτάς, 2006).

Συνεπώς η εκμετάλλευση αυτής της χαμένης ποσότητας και η διοχέτευσή της θα ήταν μείζονος σημασίας για πολλές περιοχές καθώς θα βοηθούσε στην βελτίωση πολλών παραγόντων, που μένουν πίσω λόγω έλλειψης ικανοποιητικής ποσότητας νερού.

1.2 Η ΕΛΛΕΙΨΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΝΗΣΙΑ ΚΑΙ Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΩΝ

Σε πολλές περιοχές της Ελλάδας και κυρίως τα περισσότερα από τα νησιά της Δωδεκανήσου αντιμετωπίζουν οξύ πρόβλημα νερού, που οφείλεται κυρίως στις υδρογεωλογικές συνθήκες, στην περιορισμένη έκτασή τους, στην γειτνίαση με τη θάλασσα και στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν και οι οποίες είναι διαφοροποιημένες από νησί σε νησί και από χρόνο σε χρόνο.

Η κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη ενός νησιού στηρίζεται κυρίως στους υδάτινους πόρους, οι οποίοι καθορίζουν και το βαθμό και την έκταση της ανάπτυξης, ενώ συγχρόνως αποτελούν στοιχείο επιβίωσης όλων των ζωντανών οργανισμών.

Παράλληλα το νερό είναι ένας φυσικός ανανεώσιμος πόρος με πεπερασμένα όμως όρια αξιοποίησης και εκμετάλλευσης και επομένως πρέπει να υπάρχει μια σχετική ισορροπία μεταξύ της ζήτησης του νερού και της φυσικής υδατικής κυκλοφορίας, ώστε να μη δημιουργηθούν προβλήματα από την υπερβολική εκμετάλλευσή του.

Η βάση της οικονομίας των νησιών του Νομού Δωδεκανήσου είναι ο Τουρισμός. Όλες οι οικονομικές δραστηριότητες εξυπηρετούν τον Τουρισμό και επομένως η κυρίαρχη ζήτηση νερού προορίζεται για την ικανοποίηση των αναγκών της ύδρευσης.

Οι ανάγκες σε νερό μεγιστοποιούνται κατά τη θερινή περίοδο, οπότε οι βροχοπτώσεις είναι σχεδόν μηδενικές ή σε τέτοιες ποσότητες που δεν επαρκούν στο να διατηρήσουν σε ισορροπία τον κύκλο του νερού. Κατά την ίδια περίοδο πρέπει να ικανοποιηθούν και οι

ανάγκες άρδευσης. Η άρδευόμενη γεωργία απαιτεί πολύ μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Χαρακτηριστικό είναι ότι ένα στρέμμα άρδευόμενης έκτασης απαιτούνται περίπου 500 m³ νερού, τα οποία μπορούν να εξυπηρετήσουν τις υδρευτικές ανάγκες επτά ανθρώπων για ένα έτος, το γεγονός αυτό επιτείνει τον ανταγωνισμό των δύο χρήσεων και δημιουργεί βασικά διλήμματα στο σχεδιασμό ανάπτυξης (Κόνσουλα, 2009).

Στα νησιά της Περιφέρειας του Νοτίου Αιγαίου υπάρχουν επιφανειακές ποσότητες νερού που είναι επαρκείς για την πλήρη κάλυψη των αναγκών ύδρευσης των νησιών αλλά και για την κάλυψη άρδευτικών αναγκών των μικρών πεδινών τους εκτάσεων.

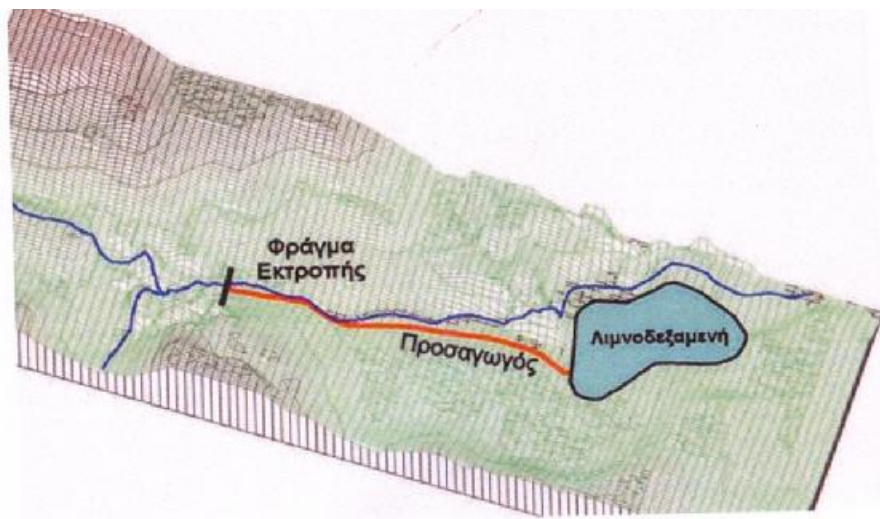
Η αξιοποίηση των επιφανειακών ποσοτήτων νερού μπορεί να γίνει με την κατασκευή λιμνοδεξαμενών σε κοίτες χειμαρρικών ρευμάτων στα νησιά που έχουν ικανά επιφανειακά αποθέματα για το σκοπό αυτό. Αν μάλιστα κατασκευαστούν σε θέσεις που δεν είναι απαραίτητη η στεγανοποίηση της λεκάνης κατάκλισής τους, το κόστος κατασκευής μπορεί να μειωθεί κατά 50% και να εμπλουτιστούν οι υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντές τους. Το κατασκευαστικό κόστος ανέρχεται σε 3 ευρώ /κυβικό μέτρο νερού (ή και μικρότερο) με την αποπεράτωση του σχετικού έργου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η νήσος Κίμωλος, που είναι ένα από τα πλέον άνυδρα νησιά του Αιγαίου γιατί βρίσκεται στην ομβροσκιά της Πίνδου. Σχετική έρευνά μας έδειξε πως τα τρία μεγαλύτερα χειμαρρικά ρεύματα του μικρού αυτού νησιού μπορούν να δώσουν διαθέσιμα υδατικά φορτία ικανά να καλύψουν τις υδατικές ανάγκες του. Στην Ελλάδα έχουν κατασκευαστεί λιμνοδεξαμενές που στόχο είχαν την πλήρη επίλυση όλων των προβλημάτων που έχουν σχέση με το νερό (υδρευτικά, άρδευτικά, αντιπλημμυρικά) όπως π.χ. στο Δήμο Ν. Καζαντζάκης στο νομό Ηρακλείου Κρήτης, στα Αρμανώγια και στα Δαμάνια.

Σήμερα η χώρα μας έχει την απαραίτητη επιστημονική και κατασκευαστική τεχνογνωσία για να επιλυθεί πλήρως και οριστικά το πρόβλημα της λειψυδρίας των νησιών του Αιγαίου με ιδιαίτερα προσιτή τιμή ανά κυβικό μέτρο νερού για τους κατοίκους των νησιών μας. Πριν στραφούμε στην αξιοποίηση άλλων τρόπων για την εξεύρεση των απαιτητών ποσοτήτων νερού για τα νησιά (αφαλάτωση) χρειάζεται να αξιοποιηθούν τα νερά των μεγάλων χειμαρρικών ρευμάτων των νησιών που μπορούν να δώσουν τις λύσεις που αναζητούμε (Μαρίνος, 2010).

Έχοντας σαν βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, ξεκίνησε η σκέψη συγκεντρώσεως και αποθηκεύσεως των χειμερινών κυρίως απορροών, σε εξωποτάμια (κυρίως) λιμνοδεξαμενές.

Με τον όρο (εξωποτάμια λιμνοδεξαμενή) χαρακτηρίζουμε ένα έργο που κατασκευάζεται έξω από την κοίτη του φυσικού υδατορεύματος (βλέπε εικ.1), σε θέσεις όπου το ανάγλυφο του εδάφους και τα γεωλογικά του χαρακτηριστικά είναι γενικά ευνοϊκά, χωρίς να είναι απαιτητό να υπάρχουν αδιαπέρατοι σχηματισμοί. Στην τελευταία αυτή περίπτωση, η λιμνοδεξαμενή θα στεγανοποιείται με την χρήση ειδικών μεμβρανών. Βασική προϋπόθεση για την επιλογή μιας θέσεως λιμνοδεξαμενής είναι ασφαλώς η ύπαρξη κάποιας παροχής τουλάχιστον κατά τους χειμερινούς μήνες. Καταλληλότερες θέσεις για την κατασκευή του κυρίως έργου της λιμνοδεξαμενής, όπου και θα αποθηκεύεται το νερό, είναι φυσικές κοιλότητες εκτός της κύριας κοίτης του χειμάρρου ή γενικά θέση που θα μπορούσε να δημιουργηθεί ο αναγκαίος όγκος αποθήκευσης νερού, με την όσο το δυνατό μικρότερη δαπάνη, με την εκτέλεση εκσκαφών και την κατασκευή επιχωμάτων.

Όταν δεν είναι δυνατή για οικονομοτεχνικούς και άλλους λόγους η λύση της εξωποτάμιας λιμνοδεξαμενής, τότε προχωράμε στην έρευνα της περιοχής για την δυνατότητα κατασκευής (εσωποτάμιας λιμνοδεξαμενής) δηλαδή ενός μικρού φράγματος επί της φυσικής κοίτης του ρεύματος και την ανάντη δημιουργία ενός υδατοταμιευτήρος. Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι η εσωποτάμια λιμνοδεξαμενή εκμεταλλεύεται καλύτερα την πλημμυρική παροχή περιορισμένης χρονικής διάρκειας (Βαλασόπουλος και Δόλκας, 2001).



Εικ. 1. Έργα εξωποτάμιας λιμνοδεξαμενής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΩΝ

2.1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

Η ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων έχει σαν στόχους την ικανοποίηση της ζήτησης διαφόρων χρήσεων, την προστασία των υδατικών πόρων από την ρύπανση, την προστασία της περιοχής από ακραία υδρολογικά φαινόμενα (πλημμύρες-ξηρασίες) και τη διατήρηση και αποκατάσταση του περιβάλλοντος. Η απορροή αποτελεί τη βασικότερη υδρολογική παράμετρο, για μια σειρά από έργα, τα οποία γίνονται για την αξιοποίηση των υδατικών πόρων (ταμιευτήρες, λιμνοδεξαμενές κ.λπ.).

Τόσο η διαστασιολόγηση, όσο και η λειτουργία των παραπάνω έργων βασίζεται σε μετρήσεις παροχής αρκετών ετών. Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν μετρήσεις παροχής η εκτίμηση της απορροής προϋποθέτει την επάρκεια στοιχείων (βροχομετρικών, απορροής, φυτοκάλυψης, εδαφικών τύπων, ανάγλυφου, γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της λεκάνης) στα οποία βασίζεται ο προσδιορισμός των υδρολογικών παραμέτρων, με την βοήθεια των οποίων, διερευνώνται οι σχέσεις βροχής-απορροής και στη συνέχεια καθίσταται δυνατή η εκτίμηση της απορροής από βροχές του παρελθόντος ή από μελλοντικά σενάρια κατακρημνισμάτων (Κόνσουλα, 2009).

Στον όρο κατακρημνίσματα περιλαμβάνεται κάθε μορφής υγρασία που πέφτει από την ατμόσφαιρα στην επιφάνεια της γης. Η υγρασία της ατμόσφαιρας προέρχεται κυρίως από την εξάτμιση του νερού από υγρές επιφάνειες κι από την διαπνοή. Μεγάλοι και θερμοί όγκοι νερού και εκτεταμένες εδαφικές ζώνες με πλούσια βλάστηση αποτελούν άριστες πηγές εμπλουτισμού της ατμόσφαιρας σε υγρασία. Στη χώρα μας τέτοια κύρια πηγή εμπλουτισμού της ατμόσφαιρας σε υγρασία αποτελεί η κεντρική και δυτική λεκάνη της Μεσογείου. Κύριες μορφές κατακρημνισμάτων είναι η βροχή, το χιόνι, το χαλάζι και παραλλαγές αυτών όπως χιονόβροχο, δρόσος, πάχνη και ομίχλη.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση όπου το έργο είναι οι λιμνοδεξαμενές το μέγεθος τους επιλέγεται ανάλογα με τις υδρολογικές δυνατότητες της λεκάνης απορροής και το μέγεθος και ύψος αξιοποίησης της.

Λεκάνη απορροής είναι η επιφάνεια της γης από την οποία η επιφανειακή απορροή ρέει σε ένα δεδομένο σημείο συγκέντρωσης, το οποίο μπορεί να είναι το χαμηλότερο σημείο της λεκάνης. Μια λεκάνη μπορεί να αποτελείται και από άλλες μικρότερες λεκάνες που καλούνται υπολεκάνες ή συμβάλλουσες λεκάνες απορροής. Τα όρια των λεκανών αυτών καθορίζονται από εσωτερικούς υδροκρίτες. Ως υδροκρίτης ονομάζεται μια ιδεατή γραμμή που χωρίζει μια υδρολογική λεκάνη από τις γειτονικές της. Ο υδροκρίτης ακολουθεί την κορυφογραμμή γύρω από την λεκάνη και διασταυρώνει το ρεύμα μόνο στο σημείο εξόδου του.

Γίνεται λοιπόν σαφές από τα παραπάνω ότι οι υδρολογικές δυνατότητες μιας λεκάνης απορροής είναι πολύ σημαντικό κριτήριο για την κατασκευή ενός υδραυλικού έργου καθώς βάσει αυτών μελετάται η επάρκεια παροχής νερού για την κατασκευή του έργου. Επιπλέον οι δυνατότητες αυτές είναι μείζονος σημασίας για την διαστασιολόγηση και τους υπολογισμούς της χωρητικότητας και λειτουργίας του ταμιευτήρα (λιμνοδεξαμενή).

Οι υδρολογικές λεκάνες έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά που διαμορφώνουν σε μεγάλο βαθμό την υδρολογική συμπεριφορά τους. Τα χαρακτηριστικά αυτά σε γενικές γραμμές είναι:

- i) **Η επιφάνεια απορροής της λεκάνης.** Αυτή είναι η οριζόντια προβολή της περιοχής που περικλείεται από τον υδροκρίτη και προσδιορίζεται με εμβαδομέτρηση από τοπογραφικούς χάρτες ,εκφράζεται δε συνήθως σε τετραγωνικά χιλιόμετρα.
- ii) **Η τάξη των ρευμάτων.** Η τάξη των ρευμάτων είναι ένα χαρακτηριστικό που αντανακλά το βαθμό διακλαδώσεως αυτών μέσα στη λεκάνη. Ο Horton (1945) χαρακτηρίζει σαν ρεύματα πρώτης τάξεως αυτά που είναι μικρά και δεν έχουν καμία διακλάδωση, σαν ρεύματα δεύτερης τάξεως αυτά που έχουν κλάδους 1^{ης} τάξεως, σαν 3^{ης} τάξεως αυτά που έχουν κλάδους 2^{ης} τάξεως κ.ο.κ. Έτσι, η τάξη του κύριου ρεύματος δείχνει την έκταση των διακλαδώσεων των ρευμάτων μέσα σε μια υδρολογική λεκάνη. Άλλες γνωστές κατατάξεις ρευμάτων είναι κατά Shreve και κατά Strahler. Η κατάταξη κατά Strahler είναι παρόμοια με τη Horton, ενώ στη κατάταξη κατά Shreve τα ρεύματα κάθε φορά αθροίζονται φθάνοντας το τελικό κυρίως ρεύμα.
- iii) **Η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου.** Αυτή είναι μια παράμετρος της υδρολογικής λεκάνης, που προκύπτει εάν διαιρέσουμε το συνολικό μήκος των ρευμάτων με την έκταση, βρίσκεται δηλαδή με μια σχέση της μορφής:

$$D_d = \frac{\Sigma L}{A} d \quad (2.1)$$

Όπου η έκταση της λεκάνης L εκφράζεται σε χιλιόμετρα και το μήκος των ρευμάτων A_d σε τετραγωνικά χιλιόμετρα. Η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου δείχνει το μήκος που πρέπει να διανύσει το νερό στην επιφάνεια του εδάφους μέχρι να φτάσει σε κάποιο ρεύμα. Γενικά, μια υδρολογική λεκάνη θεωρείται ότι έχει μικρό συντελεστή υδρογραφικού δικτύου, που είναι ανάλογος της αποστράγγισης της λεκάνης, αν $D_d < 0.5$, ενώ θεωρείται ότι έχει υψηλό συντελεστή υδρογραφικού δικτύου, δηλαδή πολύ καλή αποστράγγιση αν $D_d \geq 3$.

- iv) **Η υψογραφική καμπύλη.** Υψογραφική καμπύλη είναι η κατανομή επιφανειας-υψομέτρου μιας λεκάνης. Αφορά στη σχέση που υπάρχει ανάμεσα σε κάποιο υψόμετρο και το ποσοστό της επιφάνειας της λεκάνης που έχει υψόμετρο πάνω ή κάτω απ' αυτό, δίνεται δε συνήθως με τη μορφή διαγραμμάτων με χρήση μεθόδων των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). Τα διαγράμματα αυτά είναι χρήσιμα γιατί δίνουν μια εικόνα της μέσης κλίσεως του εδάφους της λεκάνης και μπορεί να αποτελέσουν τη βάση για σύγκριση ανάμεσα σε υδρολογικές λεκάνες. Επίσης η υψογραφική καμπύλη αποτελεί σημαντικό οδηγό στο σχεδιασμό και εγκατάσταση του δικτύου υδρομετεωρολογικών σταθμών.

Ο υπολογισμός του μέσου υψομέτρου της λεκάνης γίνεται με βάση την υψογραφική καμπύλη χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$Z_s = \sum_r \frac{Z_r + Z_{r+1}}{2} \Delta L_r \quad (2.2)$$

όπου το πεδίο μεταβολής της υψομετρικής καμπύλης έχει υποδιαιρεθεί σε υποδιαστήματα μήκους ΔL_r και οι τιμές του Z που αντιστοιχούν στα άκρα του υποδιαστήματος ΔL_r είναι Z_r και Z_{r+1} .

- v) **Η μηκοτομή του ρεύματος.** Μηκοτομή του ρεύματος είναι η κατά μήκος τομή του κυρίως ρεύματος της υδρολογικής λεκάνης. Με αυτή ως βάση, η κλίση του κύριου ρεύματος μπορεί να ορισθεί με διάφορους τρόπους. Ένας απ' αυτούς είναι να διαιρεθεί η

υψομετρική διαφορά ανάμεσα στο χαμηλότερο και υψηλότερο σημείο του ρεύματος με το ολικό μήκος του. Η κλίση αυτή κατά κανόνα δεν είναι πολύ αντιπροσωπευτική. Πιο ρεαλιστική είναι η κλίση που προκύπτει όταν, με βάση την κατά μήκος τομή, το ρεύμα χωρισθεί σε περισσότερα από ένα τμήματα με ομοιόμορφη κλίση.

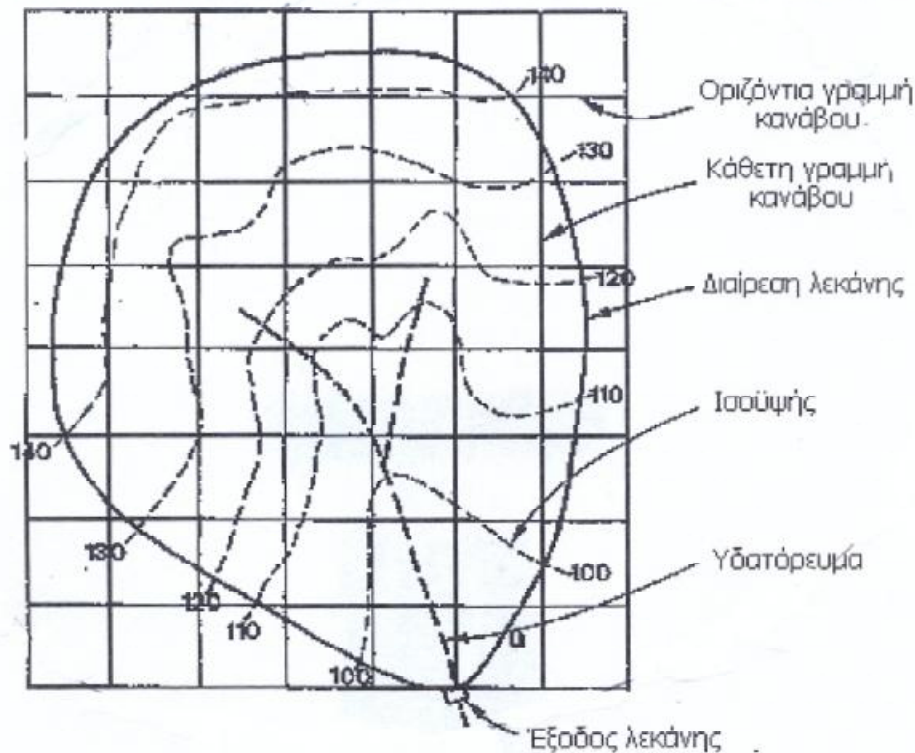
- vi) **Μέση κλίση της υδρολογικής λεκάνης.** Η παράμετρος αυτή βρίσκεται με μια διαδικασία που αρχίζει με την κατασκευή ενός καννάβου πάνω στην υδρολογική λεκάνη(Σχ. 2). Στη συνέχεια βρίσκεται ο αριθμός των ισοϋψών καμπυλών που τέμνει κάθε γραμμή του καννάβου προς μια κατεύθυνση και ο αριθμός που βρίσκεται διαιρείται με το συνολικό μήκος των γραμμών προς την κατεύθυνση αυτή. Αν h είναι η ισοδιάσταση των ισοϋψών, N είναι ο αριθμός των διασταυρώσεων των ισοϋψών με τις γραμμές του καννάβου προς τη μια κατεύθυνση και L είναι το μήκος όλων των γραμμών προς την κατεύθυνση αυτή, η κλίση S δίνεται από τη σχέση:

$$S = \frac{hN}{L} \quad (2.3)$$

- vii) **Η επιφάνεια των ρευμάτων της υδρολογικής λεκάνης.** Είναι φανερό ότι ένας τέτοιος υπολογισμός είναι πολύ δύσκολος και γι' αυτό είναι απαραίτητες ορισμένες απλοποιήσεις. Αν κάνουμε την παραδοχή ότι το πλάτος του κύριου ρεύματος στην έξοδο της λεκάνης ή το πλάτος ενός οποιουδήποτε ρεύματος στο σημείο της συμβολής του με ρεύμα ανώτερης τάξεως είναι b και το πλάτος στην αρχή των ρευμάτων είναι πρακτικά μηδέν, τότε η υγρή επιφάνεια A_w κάθε ρεύματος μπορεί να εκτιμηθεί με μια σχέση της μορφής:

$$A_w = \frac{bL}{2} \quad (2.4)$$

όπου L είναι το μήκος του ρεύματος. Έχει παρατηρηθεί ότι στην πλειονότητα των υδρολογικών λεκανών, η συνολική επιφάνεια των ρευμάτων δεν ξεπερνά σε ποσοστό το 5% της εκτάσεώς τους.



Σχήμα 1. Κανάβος πάνω στη λεκάνη απορροής για τον προσδιορισμό της κλίσης της λεκάνης (Μιμίκου – Μπαλτάς 2006).

2.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΘΕΣΗΣ

2.2.1 Εντοπισμός πιθανών θέσεων

Εξετάζονται οι θέσεις που βρίσκονται κοντά σε περιοχές με προβλήματα υδρεύσεως και αρδεύσεως.

Εξετάζονται όλα τα φυσικά ρεύματα και οι πηγές της ευρύτερης περιοχής καθώς και οι υδρολογικές συνθήκες (μέγεθος απορροής από βροχοπτώσεις, από πηγές, κατανομή της παροχής στο χρόνο κ.λπ.).

Προσεκτικά θα πρέπει να ερευνηθούν τυχόν προβλήματα με την αρχαιολογία, εάν η προς επιλογή θέση βρίσκεται κοντά σε ιστορικά μνημεία ή παραδοσιακούς οικισμούς.

Εκτιμώνται οι απαλλοτριώσεις τόσο στην θέση της λιμνοδεξαμενής όσο και στην περιοχή των έργων υδροληψίας (πιθανών δανείων χωμάτων) και μεταφοράς.

Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον θα μελετηθούν σύμφωνα με το ισχύον νομικό πλαίσιο, αν και θα έπρεπε να τονισθεί από την μέχρι σήμερα εμπειρία μας, ότι οι λιμνοδεξαμενές είναι έργα φιλικά προς το περιβάλλον που αναβαθμίζουν την περιοχή. Στα περιβαλλοντικά κριτήρια ανήκουν και προστατευόμενες με διεθνείς συμβάσεις περιοχές λόγω ιδιαίτερου φυσικού κάλους ή ιστορικής σημασίας (πχ. συμβάσεις NATURA, RAMSEUR κ.τ.λ.).

Σημειώνουμε ότι θα πρέπει να γίνει επίσης έρευνα προς τα ανάντη για την ύπαρξη ελαιολιπιδίων ή τυχόν άλλων εγκαταστάσεων που με τα λύματά τους μολύνουν τη ροή του νερού.

2.2.2 Ανάγκες αρδεύσεως

Θα εντοπισθούν και θα καταγραφούν οι γεωργικές περιοχές του χώρου που θα μελετήσουμε. Με βάση το εμβαδόν, τις καλλιέργειες, την ποσοστιαία τους κατανομή και γενικά με τη γνώση όλων των γεωργοτεχνικών δεδομένων, θα υπολογισθεί η ειδική παροχή (lit/sec/στρέμμα) και εν συνεχεία οι συνολικές αρδευτικές ανάγκες (lit/sec, m³/h).

Επίσης θα εκτιμηθούν οι ανάγκες για κτηνοτροφικές ποτίστρες, όπου υπάρχει ή προβλέπεται να αναπτυχθεί κτηνοτροφία.

2.2.3 Ανάγκες υδρεύσεως

Από τις τοπικές υπηρεσίες (Νομαρχία, Δήμοι, Κοινότητες) θα ληφθούν όλα τα στοιχεία που αφορούν τις ανάγκες του πληθυσμού (ύδρευση, καθαριότητα).

Προσοχή πρέπει να δοθεί - ιδίως στα νησιά - για την ορθή εκτίμηση των κατοίκων κατά την θερινή-τουριστική περίοδο, οπότε αναμένεται σημαντική αύξηση του πληθυσμού και επομένως των υδρευτικών αναγκών.

Σημειώνουμε ότι μπορούμε να δεχθούμε σαν ειδική παροχή τα 100 με 120 lit/κάτοικο/ημέρα για τους χειμερινούς μήνες και 180 με 200 lit/κάτοικο/ημέρα για τους θερινούς μήνες, σαν μια πρώτη εκτίμηση που θα αξιοποιηθεί στην προμελέτη ή στον τελικό σχεδιασμό εάν δεν είναι δυνατή η διάθεση κατάλληλων δεδομένων και στοιχείων σχεδιασμού.

2.2.4 Συμπληρωματικά λοιπά κριτήρια

Βασική προϋπόθεση για την επιλογή μίας θέσεως κατασκευής λιμνοδεξαμενής είναι η ύπαρξη μισγάγγειας με αποδεδειγμένη απορροή και ει δυνατόν και με μία βασική ροή διαρκή έστω κατά τους χειμερινούς μήνες. Τα παραπάνω είναι ενθαρρυντικά στοιχεία για την επιτυχία του έργου από υδρολογικής απόψεως.

Καταλληλότερες θέσεις είναι φυσικές κοιλάτιες, εκτός της κοίτης, διαμορφωμένες με τέτοιο τρόπο ώστε η επέμβασή μας να είναι κατά το δυνατό μικρότερη. Θα πρέπει δηλαδή, κατά το στάδιο της μελέτης, να γίνει προσπάθεια να βρεθεί θέση τέτοια που να μας δίνει την καλύτερη τιμή στη σχέση (Κόστος έργου)/(αποθηκευμένος όγκος νερού).

Παράγοντας αποφασιστικής σημασίας είναι η ύπαρξη ενδιαφέροντος για την αξιοποίηση του νερού που θα συγκεντρωθεί (για άρδευση ή για ύδρευση) και βεβαίως η αποδοχή του έργου από τους μελλοντικούς χρήστες.



Εικ. 2. Γενική άποψη λιμνοδεξαμενής και ύπαρξη μισγάγγειας της λεκάνης απορροής

Τα παραπάνω είναι μεγάλης σημασίας, όπως και μεγάλη είναι η προσπάθεια των τοπικών Υπηρεσιών Εργείων Βελτιώσεων για την σωστή ενημέρωση των ενδιαφερομένων γύρω από την όλη "φιλοσοφία" του προγράμματος των λιμνοδεξαμενών. Η εξασφάλιση της αποδοχής του έργου διευκολύνει τα μέγιστα την ταχεία προώθηση τόσο στη φάση της μελέτης όσο και στην κατασκευή του έργου (Βαλασόπουλος και Δόλκας, 2001).

2.2.5 Τελική επιλογή θέσης λιμνοδεξαμενής

Οι γεωμορφολογικές συνθήκες είναι παράγων κλειδί για την επιλογή της κατάλληλης θέσης. Οι μικροί ταμιευτήρες δεν τοποθετούνται σε κοιλάδες όπου ρέει μεγάλο ποτάμι ή σε περιοχές με έντονες μορφολογικές κλίσεις.

Πρέπει να φράζονται μικρές κοιλάδες με απαλά πρηνή όπου η μεγαλύτερη χωρητικότητα του ταμιευτήρα εξασφαλίζεται με το μικρότερο όγκο αναχώματος. Ενδεικτικά οι κλίσεις των πρηνών της κοιλάδας ή του μορφολογικού κοιλώματος καλά είναι να κυμαίνονται μεταξύ 3% - 8%. Για ταμιευτήρες 30.000 - 200.000 m³ καλό είναι αντιστοιχούν αναχώματα με 7-12 m ύψος και 30-200 m μήκος.

Οι παραπάνω συνθήκες πληρούνται συχνότερα στις περιπτώσεις των εξωποτάμιων λιμνοδεξαμενών απ' ότι στους κλασικούς ταμιευτήρες με φράγμα επί της κοίτης. Εκεί, αντίθετα, οι σχετικά έντονες μορφολογικές κλίσεις αποτελούν πλεονέκτημα για τη λεκάνη κατάκλυσης και τη θεμελίωση του άξονα, αρκεί να μη συνοδεύονται από ενεργά γεωμορφολογικά φαινόμενα (π.χ. κατολισθήσεις κ.λπ.).

Ουσιαστική βοήθεια στον εντοπισμό των θέσεων παρέχει η μελέτη αεροφωτογραφιών που μας παρέχει γρήγορα την γενική άποψη και τις ιδιαίτερες συνθήκες της επιλεγόμενης περιοχής.

Τέλος, θα πρέπει να ερευνάται το σεισμοτεκτονικό καθεστώς της περιοχής μελέτης και να αποφεύγεται η τοποθέτηση των έργων μιας λιμνοδεξαμενής σε ενεργά ρήγματα (Καπλανίδης, 2001).

2.3 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

Για την επιλογή μιας θέσης ως κατάλληλης για την κατασκευή μικρού ταμιευτήρα τα σημαντικότερα γεωλογικά κριτήρια είναι:

- i. **Το βάθος των εκσκαφών** που μπορούν να γίνουν με απλή χρήση του μαχαιριού της μπουλντόζας και του ρίπερ. Αναζητούνται χαλαροί κατά το δυνατόν γεωλογικοί σχηματισμοί, όπως Τεταρτογενή, Νεογενή όχι ασβεστολιθικής σύστασης και παχιές ζώνες αποσαθρωμένου μανδύα. Απαιτείται λοιπόν έρευνα για τη διαπίστωση του βάθους του βραχώδους υποβάθρου.

Ιδιαίτερα χρήσιμη στην περίπτωση αυτή είναι η γεωφυσική έρευνα προσδιορισμού της ταχύτητας διάδοσης των επιμηκών σεισμικών κυμάτων (V_p). Πετρώματα (ή γεωλογικοί σχηματισμοί γενικότερα) με τιμή V_p μικρότερη των 1000 m/s σκάπτονται εύκολα με τα συνήθη μηχανικά μέσα (μπουλντόζες, γκρέιντερ, φορτωτές, τσάπες κ.λπ.), ενώ η τιμή των 2.000 m/s θεωρείται ως κατώφλι για τη χρήση εκρηκτικών υλών.

Επίσης η τιμή της αντοχής σε θλίψη (σ_c) δίνει μέτρο του βραχώδους χαρακτήρα ενός πετρώματος. Οι μαλακοί ή εδαφικοί σχηματισμοί παρουσιάζουν τιμές $\sigma_c < 70 \text{ kg/cm}^2$, οι ημίβραχοι $700\text{-}2100 \text{ kg/cm}^2$ και οι βραχώδεις μεγαλύτερες τιμές. Γενικά υπάρχει πληθώρα δεικτών μηχανικών ιδιοτήτων ενός πετρώματος ή ομάδας πετρωμάτων των οποίων ο προσδιορισμός γίνεται έμμεσα με εργαστηριακές ή επί τόπου έρευνες, χωρίς απαραίτητα οι τελευταίες να περιλαμβάνουν δοκιμαστικές εκσκαφές.

- ii. **Η αντοχή της ζώνης θεμελίωσης** στο βάρος του αναχώματος. Η φύση των γεωλογικών σχηματισμών, η κοκκομετρία, η ορυκτολογική σύσταση, τα χαρακτηριστικά τους στη συμπύκνωση, η διαπερατότητα και η συμπεριφορά τους στη διαβροχή και ξήρανση πρέπει απαραίτητα να ερευνώνται. Η χρήση γεωμεμβρανών μειώνει τις έρευνες μόνον όσον αφορά τη διαπερατότητα.

Η γεωλογική έρευνα θα πρέπει να δίνει σαφή εικόνα για την ύπαρξη ή όχι στρώσεων αργίλου και των ορυκτών που τις απαρτίζουν, στρώσεων αλατιού, πηλού και γύψου. Οι ορίζοντες αυτοί αναζητούνται σ' ολόκληρη την περιοχή της λιμνοδεξαμενής. Στην ίδια περιοχή, αλλά και την ευρύτερη ζώνη του έργου θα πρέπει επίσης να αναζητούνται γεωμορφολογικά φαινόμενα τύπου δολινών ή γενικότερα εγκοίλων, να ερμηνεύεται ο τρόπος δημιουργίας τους, η εξέλιξή τους, οι επιπτώσεις τους στα έργα της λιμνοδεξαμενής ή ο επηρεασμός της εξέλιξής τους από τα έργα της λιμνοδεξαμενής. Σε ειδικές περιπτώσεις η εκτέλεση γεωφυσικών και γεωτεχνικών ερευνών πεδίου είναι απαραίτητη για τον προσδιορισμό της γεωμετρίας και της "επικινδυνότητας" των φαινομένων αυτών.

- iii. **Η στεγανότητα της λεκάνης κατάκλυσης.** Σήμερα λόγω της ευρείας χρήσης γεωμεμβρανών ο παράγοντας αυτός δεν εξετάζεται όπως θα έπρεπε, παρ' ότι το κόστος του έργου αποβαίνει μικρότερο σε περιπτώσεις φυσικής στεγανότητας.

Εφ' όσον αναζητούνται στεγανές θέσεις θα πρέπει να αποφεύγεται η τοποθέτησή τους σε πορώδη πετρώματα, χονδρόκοκκους σχηματισμούς, ευδιάλυτες στρώσεις (αλάτι, γύψος, πηλός), πρόσφατες αλλουβιακές προσχώσεις μεγάλου πάχους.

Ο συντελεστής διαπερατότητας για να θεωρηθεί στεγανή μια θέση μπορεί να κυμαίνεται από 10^{-8} m/s έως 10^{-6} m/s. Άλλωστε διαφυγές λόγω διήθησης της τάξης του 10% της ωφέλιμης χωρητικότητας της λιμνοδεξαμενής είναι αποδεκτές. Δεν θα πρέπει να διαφεύγει το γεγονός ότι στις περιπτώσεις τροφοδοσίας απ' ευθείας από το χείμαρρο τα σε αιώρηση λεπτόκοκκα αργιλικά συστατικά καθιζάνουν και σχηματίζουν αδιαπέραστη κρούστα.

- iv. **Η θέση του υδροφόρου ορίζοντα.** Στις περιπτώσεις φυσικής στεγανότητας του υποβάθρου η ύπαρξη φρεατίου ορίζοντα δεν αποτελεί πρόβλημα για τη λεκάνη κατάκλισης, εξετάζεται όμως στη ζώνη. Το ίδιο συμβαίνει και με τις πηγαίες εμφανίσεις στα πρηνή και στα χαμηλά τμήματα.

Στις περιπτώσεις στεγανοποίησης με γεωμεμβράνες η καλή γνώση του υδροφόρου ορίζοντα (και μάλιστα η υψηλή στάθμη του) είναι απαραίτητη καθώς επίσης και τα σημεία εκδήλωσης πηγών. Η γεωμεμβράνη φουσκώνει όταν κάτω της υπάρχει νερό και γι' αυτό πάντα, πρέπει μεταξύ αυτής και του φυσικού εδάφους μετά τις εκσκαφές παρεμβάλλονται στραγγιστικά συστήματα. Η υδρογεωλογική έρευνα θα δώσει κατευθύνσεις για τις απαραίτητες θέσεις των στραγγιστηριών ή την γενικότερη κατάλληλη μορφή του στραγγιστικού συστήματος (π.χ. συνδυασμοί γεωϋφασμάτων) ανάλογα με την εκτιμώμενη παροχή καθώς επίσης και για τις τυχόν υπερεκσκαφές για στράγγιση των πηγών. Περιοχές με υψηλό υδροφόρο ορίζοντα, μέσα στο επίπεδο των εκσκαφών, θα πρέπει να αποφεύγονται.

- v. **Η διαβρωσιμότητα** και κατ' επέκταση η ευστάθεια των πρηνών (φυσικών και τεχνητών). Εξετάζονται οι περιπτώσεις έκθεσης στις ατμοσφαιρικές συνθήκες μετά την αφαίρεση του καλύμματος με τις εκσκαφές καθώς επίσης και σε κατάσταση διαβροχής και ξήρανσης, όταν πρόκειται για τεχνητή λίμνη με φυσική στεγανότητα.

Και στις δύο περιπτώσεις αποφασιστικό ρόλο παίζουν η ορυκτολογική σύσταση, το συνδετικό υλικό και ο βαθμός διαγένεσης στα ιζηματογενή πετρώματα, η χαλαρότητα (εδαφικός ή βραχώδης χαρακτήρας) του πετρώματος, το μέγεθος και η μορφή των κόκκων.

- vi. **Η καταλληλότητα και επάρκεια γεωϋλικών** για την κατασκευή του αναχώματος, των στραγγιστηριών κ.λπ. Επειδή η δεξαμενή κατασκευάζεται με εκσκαφές σε έδαφος ή σε πέτρωμα υψηλού βαθμού αποσάθρωσης και επειδή κάθε χωματουργική εργασία στο ανάχωμα ή αλλού χρησιμοποιεί τα υλικά εκσκαφής, πρέπει να προσδιορίζονται οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του υλικού αυτού. Υπάρχουν περιπτώσεις εδαφών ή υλικών αποσαθρωμένου μανδύα τα οποία με τη διαβροχή τη συμπύκνωση παρουσιάζουν καθιζήσεις ή καταρρέουν ή αντίθετα, διογκούνται. Με τη γεωλογική έρευνα οριοθετούνται οι περιοχές και διαφόρων σχηματισμών που θα ερευνηθούν με φρέατα δειγματοληψίας προς διεξαγωγή εργαστηριακών εδαφοτεχνικών δοκιμών.

Μετά την εκτέλεση των δοκιμών οι δανειοθάλαμοι πρέπει να επαναοριοθετούνται και στις τρεις διαστάσεις. Επίσης να λαμβάνεται μέριμνα ώστε από κάθε περιοχή να γίνεται απόληψη ενός είδους υλικού. Σε αντίθετη περίπτωση, όταν ο δανειοθάλαμος είναι ενιαίος για όλα τα είδη των υλικών απαιτείται διαχωρισμός (π.χ. κοσκίνισμα) σε διαφορετικά κλάσματα, κάτι που επιβαρύνει το κόστος του έργου.

- vii. **Η σεισμικότητα** μιας περιοχής επηρεάζει τις διαστάσεις του αναχώματος και των άλλων έργων. Η μελέτη της σεισμικής επικινδυνότητας καταλήγει στον προσδιορισμό του συντελεστή σεισμικής επιβάρυνσης της κατασκευής (ε) και της αναμενόμενης επιφανειακής επιτάχυνσης (g). Ο συνδυασμός της σεισμικής ιστορίας μιας περιοχής με τις γεωλογικές συνθήκες δίνει στοιχεία για την εκτίμηση της τρωτότητας της

κατασκευής από σεισμό. Ένας μεγάλος σεισμός σε περιοχή με "καλή" γεωλογία μπορεί να προκαλέσει μικρές ζημιές σ' ένα έργο, ενώ αντίθετα μικρός σεισμός σε δυσμενείς γεωλογικές συνθήκες αυξάνει τις ζημιές. Τέτοιες συνθήκες αποτελούν οπωσδήποτε τα ενεργά ρήγματα και τα σαθρά εδάφη.

Η ορθή γεωλογική μελέτη πρέπει να περιλαμβάνει στοιχεία της ιστορικής σεισμικότητας και να πιθανολογεί την εμφάνιση σεισμών συγκεκριμένων μεγεθών και αντίστοιχων εδαφικών επιταχύνσεων (σεισμική επικινδυνότητα). Τα συμπεράσματα αυτά είναι προαπαιτούμενα για τη σύνταξη περαιτέρω μελετών, όπως η στατιστική, η γεωτεχνική ευστάθεια πρανών αναχώματος κ.λπ. (Καπλανίδης, 2001).

2.4 ΣΧΕΣΗ ΕΡΓΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

2.4.1 Εισαγωγικά στοιχεία-Μελέτη περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

Κάθε ανθρώπινη επέμβαση στο περιβάλλον με τη μορφή ενός **αναπτυξιακού έργου**, όπως μια λιμνοδεξαμενή, είναι επόμενο να προκαλεί κατά τη διάρκεια της κατασκευής και λειτουργίας του **αλλαγές** στην προϋπάρχουσα κατάσταση των διαφόρων περιβαλλοντικών παραγόντων. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να είναι ευμενείς ή δυσμενείς και το εύρος μεταβολής του κάθε περιβαλλοντικού παράγοντα να είναι από ασήμαντο μέχρι εξαιρετικά εκτεταμένο. Οι αλλαγές μπορεί ακόμα να είναι **άμεσες** και **έμμεσες**. Οι άμεσες επιπτώσεις είναι αυτές που προέρχονται από κάποια λειτουργία του έργου, ενώ οι έμμεσες προκαλούνται από τις άμεσες, δευτερογενώς ή ακόμα και τριτογενώς. Οι αλλαγές τέλος, μπορεί να είναι βραχυπρόθεσμες ή μακροπρόθεσμες.

Με τον όρο Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Environmental Impact Assessment - EIA) νοείται η συστηματική εξέταση των συνεπειών (φυσικών, βιολογικών, κοινωνικο-οικονομικών) που έχουν στο περιβάλλον οι ανθρώπινες δραστηριότητες και έργα. Με άλλα λόγια, η καταγραφή, η ποιοτική και - όπου είναι δυνατόν - η ποσοτική αποτίμηση των αρνητικών ή και θετικών επιδράσεων της πληθυσμιακής, οικονομικής, τεχνολογικής και κοινωνικής ανάπτυξης στο περιβάλλον, φυσικό ή ανθρωπογενές, και η αξιολόγηση της σημασίας των αλλαγών του περιβαλλοντικού status με σκεπτικό και τρόπο που επιτρέπουν τη διαμόρφωση λογικής βάσης για τη λήψη αποφάσεων.

Λόγος ύπαρξης της ΕΠΕ, και πυρήνας της όλης διαδικασίας εξέτασης του αναπτυξιακού έργου, οφείλει να είναι η **κατ' αρχήν αποδοχή της ύπαρξης εναλλακτικών λύσεων** για την προτεινόμενη δραστηριότητα. Αν απουσιάζουν ή προκαταβολικά αποκλείονται εναλλακτικές λύσεις, ο ίδιος ο θεσμός παύει να έχει νόημα και εκφυλίζεται σε μία συνήθως ατυχή προσπάθεια να "συγκαλυφθούν" τα περιβαλλοντικά μειονεκτήματα της (μοναδικής) αναπτυξιακής επιλογής. Η εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων **πριν** την ανάληψη οποιασδήποτε αναπτυξιακής πρωτοβουλίας ή έργου κλίμακας έχει εξελιχθεί (και θεσμικά πλέον) σε απαραίτητο συνοδό στοιχείο για την απόφαση και το σχεδιασμό τους.

Πέραν από τη θεσμική επιβολή της η εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων καλείται, ιδιαίτερα στη χώρα μας, να καλύψει το διαρκώς διογκούμενο έλλειμμα ενημέρωσης της κοινής γνώμης για τις επιπτώσεις που συγκεκριμένες αναπτυξιακές επιλογές επισύρουν για το περιβάλλον. Έτσι, μία λειτουργικά διαρθρωμένη και πειστικά τεκμηριωμένη ΕΠΕ. (όταν **και** ορθά αξιοποιείται), αποτελεί διάδρομο για την κοινωνική αποδοχή μιας αναπτυξιακής επιλογής, γεγονός που σπάνια, δυστυχώς, απολαμβάνει της σημασίας που δικαιούται. Ακόμη σπανιότερα, η ΕΠΕ. αντιμετωπίζεται στην πληρότητα της αποστολής της ως ουσιώδες εργαλείο μέσω του οποίου η φροντίδα για το περιβάλλον μπορεί να ενσωματώνεται στην έννοια της, ανάπτυξης και να της προσδίδει τον ανθρωποστρεφή χαρακτήρα τον οποίο εξ ορισμού αυτή οφείλει να έχει.

Στη σύγχρονη αντίληψη οι **περιβαλλοντικές μελέτες** είτε είναι μελέτες **απογραφής**, μελέτες **πρόληψης** των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, μελέτες **περιστολής** των αρνητικών επιδράσεων στο περιβάλλον από εν ενεργεία βλαπτικούς παράγοντες, είτε είναι μελέτες **αποκατάστασης**, αλλά και μελέτες **αναβάθμισης** του περιβάλλοντος μετά την άρση των βλαπτικών παραγόντων, προσλαμβάνουν εξ αντικειμένου **διεπιστημονικό** χαρακτήρα και αποδίδουν ανάλογης ευρύτητας αποτέλεσμα.

Οι περιβαλλοντικές μελέτες αναφέρονται σε έργα **υποδομής**, στη βιομηχανία, στην **αστική ανάπτυξη** και στο **φυσικό περιβάλλον**. Το ενδιαφέρον εδώ εστιάζεται στην πρώτη ομάδα όπου και - ως υδραυλικό έργο - εντάσσονται οι λιμνοδεξαμενές.

Στην εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ως στάδια μελέτης προτείνονται τα ακόλουθα πέντε:

i) Περιγραφή κατασκευής και λειτουργίας του έργου

Σκοπό της έχει να αναλύσει με λεπτομέρεια το προτεινόμενο έργο και τις εναλλακτικές λύσεις του, έτσι ώστε να γίνουν απόλυτα κατανοητά ο τρόπος και η τεχνική κατασκευής του, αλλά και οι μηχανισμοί της λειτουργίας του. Η εξαντλητική κατανόηση της λειτουργίας του έργου είναι προϋπόθεση για τον εντοπισμό και την πρόβλεψη των επιπτώσεων που επί μέρους διεργασίες και συστατικά του έργου μπορεί να έχουν στο περιβάλλον.

ii) Ανάλυση/περιγραφή του υπάρχοντος περιβάλλοντος

Αναφέρεται στην κατάσταση-ποιότητα του υπάρχοντος φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος πριν αυτό επηρεαστεί από την κατασκευή και λειτουργία του προτεινόμενου έργου. Στην εξέλιξή της συλλέγονται πληροφορίες για την επικρατούσα κατάσταση σε όλους τους περιβαλλοντικούς παράγοντες και συνιστώσες όπου το προτεινόμενο έργο μπορεί να έχει πρωτογενείς ή παράγωγες επιπτώσεις.

iii) Πρόβλεψη και εκτίμηση των επιπτώσεων

Το προτεινόμενο έργο θεωρείται εδώ ότι ενεργεί στο περιβάλλον. Προβλέπεται και προεκτιμάται το μέγεθος των επιπτώσεων σε κάθε επηρεαζόμενο περιβαλλοντικό παράγοντα ξεχωριστά. Συχνά, το στάδιο αυτό συνδέεται με σημαντικές δυσκολίες. Σε ότι αφορά στην **πρόβλεψη**, οι δυσκολίες παρουσιάζονται κυρίως στην εξακρίβωση των δευτερογενών και τριτογενών επιπτώσεων, ενώ σε ότι αφορά στην **εκτίμηση**, οι δυσκολίες συνδέονται με το μέγεθος των επιπτώσεων πάνω σε μη- ποσοτικά μετρήσιμους παράγοντες (όπως το βιολογικό περιβάλλον). Αντίθετα, οι επιπτώσεις σε άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες που είναι επιδεκτικοί μέτρησης (λ.χ. το χημικό περιβάλλον) προεκτιμούνται και τεκμηριώνονται με μεγαλύτερη ευκολία.

iv) Αξιολόγηση των επιπτώσεων

Εκτιμάται όχι μόνο το μέγεθος της επίπτωσης, αλλά και η σημαντικότητα της, καθώς το μέγεθος και μόνον δεν είναι εκ προοιμίου καθοριστικό. Η σημαντικότητα συναρτάται και με παραμέτρους του τύπου ποιότητα του ήδη υπάρχοντος περιβάλλοντος και κοινωνική σημασία (τοπική, εθνική, διεθνική) που αποδίδεται στη συγκεκριμένη επίπτωση. Ένα έργο, και μικρού μεγέθους ακόμα, μπορεί να βλάψει σημαντικά ένα περιβαλλοντικό παράγοντα, αν το υπάρχον επίπεδο ποιότητάς του είναι ήδη χαμηλό και έχει λίγη η καθόλου ανοχή στο να απορροφήσει δυσμενείς επιπτώσεις. Το αντίστροφο ισχύει επίσης. Ακόμη, ένας παράγοντας ιδιαίτερης σημασίας για την περιοχή του έργου, είναι δυνατόν να προσδιορίζεται ως αδιαπραγμάτευτος και ανεπίδεκτος οποιασδήποτε επιβάρυνσης. Η αξιολόγηση τελικά δεν μπορεί να αποφύγει τον ποιοτικό χαρακτήρα που, όμως, εδράζεται σε κριτήρια αντικειμενικά (τεχνικά, κοινωνικά και οικονομικά).

ν) **Μετάδοση των συμπερασμάτων**

Στοχεύει στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων της μελέτης και στη σαφή μετάδοση με στόχο τη λήψη αποφάσεων. Ως βασικά συστατικά στοιχεία της θεωρούνται:

- § η σύγκριση μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων και η επισήμανση της λιγότερο επιβαρυντικής από περιβαλλοντική πλευρά
- § η επισήμανση δυσμενών επιπτώσεων που δεν είναι δυνατόν ν' αποφευχθούν
- § η αναφορά σε απαγορευτικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες
- § η διατύπωση προτάσεων για επανορθωτικά ή περιοριστικά των επιπτώσεων μέτρα και για την a posteriori αποκατάσταση όσων περιβαλλοντικών παραγόντων το επιδέχονται
- § η επισήμανση των ωφέλιμων επιπτώσεων του έργου, κυρίως στο ανθρωπογενές περιβάλλον.

Στη σημερινή ελληνική πραγματικότητα η παρατεινόμενη απουσία ενός αναλυτικού κανονιστικού περιβλήματος και προδιαγραφών για το περιεχόμενο και τη διαδικασία εκπόνησης των Ε.Ι.Α. μεταφέρει σχεδόν αποκλειστικά στους μελετητές την ευθύνη της πληρότητας και της σοβαρότητας των εκτιμήσεων (Κωστόπουλος και Μουρελάτου, 2001).

2.4.2 Περιβαλλοντικά κριτήρια σχεδιασμού Λιμνοδεξαμενών

Έρεισμα για την κατασκευή μιας λιμνοδεξαμενής αποτελεί η κάλυψη, μερικώς ή ολικώς, της έλλειψης νερού για ύδρευση ή άρδευση σε μια περιοχή. Πρόκειται κατά συνέπεια για έργο με άμεση κοινωνική ωφελιμότητα, η οποία γίνεται έκδηλη τόσο στο πλαίσιο των συνθηκών διαβίωσης της τοπικής κοινωνίας, όσο και στις οικονομικές δραστηριότητες μιας περιοχής, όσο τέλος και στα δύο συγχρόνως.

Στόχος της εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την κατασκευή μιας λιμνοδεξαμενής είναι να υποδείξει (αν χρειάζεται) την περιβαλλοντικά προσφορότερη θέση για το έργο και να προσδιορίσει τα προληπτικά μέτρα που θα ελαχιστοποιήσουν την επιβάρυνση του περιβάλλοντος της περιοχής.

Αποτέλεσμα της κατασκευής μιας λιμνοδεξαμενής ενδεχομένως να είναι η αλλαγή στους προϋπάρχοντες περιβαλλοντικούς παράγοντες, η οποία τελικώς οδηγεί σε σύγκρουση του ανθρώπου με τον άνθρωπο, εφ' όσον η λιμνοδεξαμενή είναι έργο που γίνεται από τον άνθρωπο για τον άνθρωπο.

Στα περισσότερα έργα υποδομής οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις νοούνται στο στάδιο κατασκευής και στο στάδιο λειτουργίας. Στις λιμνοδεξαμενές ειδικά, ένα ακόμα στάδιο είναι διερευνητέο: το (ενδιάμεσο) στάδιο πλήρωσης της λιμνοδεξαμενής. Στο στάδιο αυτό εκκινά ουσιαστικά η επίδραση του έργου στον υδροφόρο ορίζοντα κατάντη, επίδραση η οποία βεβαίως συνεχίζεται στο .στάδιο λειτουργίας.

2.4.2.1 Στάδιο κατασκευής του έργου

Το **στάδιο κατασκευής** δεν συνοδεύεται συνήθως από ωφέλιμες για το περιβάλλον επιπτώσεις. Ως μόνη ωφέλιμη επίπτωση θα μπορούσε να καταγραφεί η επιρροή της κατασκευαστικής δραστηριότητας στο κοινωνικο-οικονομικό περιβάλλον, με τη δημιουργία τοπικής απασχόλησης και την τόνωση της αγοραστικής κίνησης στην περιοχή (αντιστοίχως άμεση και έμμεση μακροπρόθεσμη αλλαγή). Οι δυσμενείς όμως επιπτώσεις καταγράφονται τόσο στο φυσικό περιβάλλον, όσο και στο ανθρωπογενές, ως ακολούθως:

- i.** Η επίδραση στην **ατμόσφαιρα** έγκειται στην εκπομπή καυσαερίων και σκόνης από το εργοτάξιο. Πρόκειται για δυσμενή, αλλά άμεση και βραχυπρόθεσμη επίπτωση, η οποία δεν υποβιβάζει μονίμως την ποιότητα της ατμόσφαιρας. Η σκόνη είναι το σημαντικότερο ίσως πρόβλημα, ιδιαίτερα αν γειτνιάζουν κατοικημένες περιοχές. Ο περιορισμός της, όπου χρειάζεται, γίνεται εφικτός με απλούς τρόπους, όπως λ.χ. διαβροχή των εργοταξιακών δρόμων και κάλυψη των φορτηγών μεταφοράς.
- ii.** Ο **θόρυβος** είναι παράγοντας επίσης άμεσος και βραχυπρόθεσμος. Η αύξηση της υπάρχουσας στάθμης θορύβου δημιουργείται από τη λειτουργία των μηχανημάτων εργοταξίου και επιδρά στο ανθρωπογενές περιβάλλον μόνον αν το έργο κατασκευαστεί κοντά σε κατοικημένη περιοχή, περίπτωση μάλλον σπάνια στις λιμνοδεξαμενές. Περισσότερη όχληση λόγω θορύβου προκαλείται από τα αυτοκίνητα μεταφοράς, αν το οδικό δίκτυο κάνει υποχρεωτική τη διέλευσή τους από αστικές περιοχές. Η πρόσθετη **κυκλοφορία** τροχοφόρων στην περιοχή για τη διακίνηση υλικών, μηχανημάτων και τη μετακίνηση του εργατικού προσωπικού, αλλά και η πιθανή διέλευση πολλών και συχνά βαρέων οχημάτων επιβαρύνει κυρίως το σύστημα μεταφορών, δυσχεραίνει την μετακίνηση και μπορεί ν' αποδειχθεί βλαπτική για το συχνά ακατάλληλο και σε κακή κατάσταση οδικό δίκτυο της περιοχής. Είναι αναγκαία τότε η αναζήτηση εναλλακτικών διαδρομών εκτός του κύριου δικτύου και σε ακραίες περιπτώσεις, η κατασκευή προσωρινών παρακαμπηρίων, οι οποίες νοούνται ως δευτερογενής πρόσθετη επιβάρυνση του περιβάλλοντος, πολύ περισσότερο καθώς οι προσωρινές διανοίξεις είναι καταρχήν πρόχειρες, αλλά ποτέ δεν παραμένουν προσωρινές.
- iii.** Σοβαρό παράγοντα που επιδρά στην **αισθητική του τοπίου** μπορούν ν' αποτελέσουν οι μετακινήσεις γαιών που συνοδεύουν την κατασκευή μιας λιμνοδεξαμενής. Το **ισοζύγιο χωματισμών** δεν είναι εκ προοιμίου ισοσκελισμένο. Ο όγκος των γαιωδών υλικών που ενσωματώνονται στο έργο είναι λ.χ. πολύ συχνά μεγαλύτερος από τον όγκο που παράγουν οι εκσκαφές του. Αυτό όμως δεν καταργεί την ανάγκη εντοπισμού των κατάλληλων χώρων αποθέσεων γιατί ακόμη και αν το σύνολο των εκσκαφών είναι χρησιμοποιήσιμο στα επόμενα στάδια της κατασκευής, θα πρέπει ο όγκος των χωματισμών ν' αποτεθεί προσωρινά κάπου με ασφάλεια και με την ελάχιστη αισθητική προσβολή του περιβάλλοντος. Ανάλογα, και σε σαφώς μεγαλύτερη κλίμακα, ισχύουν για τα δάνεια γεωϋλικά του έργου: η αναζήτηση κατάλληλων θέσεων δανειοληψίας αποτελεί αντικείμενο γεωλογικής και γεωτεχνικής έρευνας. Αποτελεί όμως εξίσου έργο της περιβαλλοντικής μελέτης, καθώς εκεί εκδηλώνονται οι μεγαλύτεροι κίνδυνοι "αλλοίωσης" του τοπίου διότι συνιστούν αλλαγές άμεσες, αλλά κυρίως, μακροπρόθεσμες. Τέλος, μια συνηθισμένη μορφή προσβολής του τοπίου στη φάση της κατασκευής είναι η ανεξέλεγκτη απόρριψη στερεών απορριμμάτων και λιπαντικών γύρω από τα εργοτάξια, που συχνά γίνεται πόλος έλξης και για εξωγενείς απορρίψεις προερχόμενες από την ευρύτερη περιοχή. Ευτυχώς πρόκειται για αλλαγή άμεση και βραχυπρόθεσμη. Τα άχρηστα λιπαντικά μπορούν και πρέπει να συλλέγονται, τα απορριπτόμενα στερεά να ελαχιστοποιούνται και, εν πάση περιπτώσει, οι αποθέσεις τους να είναι αυστηρά χωροθετημένες και να καλύπτονται μετά την ολοκλήρωση του έργου, ώστε να μη προκύψουν αλλαγές έμμεσες και μακροπρόθεσμες.

2.4.2.2 Στάδιο λειτουργίας του έργου

Στο **στάδιο λειτουργίας**, οι επιπτώσεις εκδηλώνονται κατ' αρχή στο έδαφος το οποίο αποτελεί το μέσο που φιλοξενεί και στο οποίο επιδρά το έργο, μακροσκοπικά δε οι θετικές επιπτώσεις ισοσκελίζουν τις αρνητικές. Ειδικότερα:

- i.** Η αισθητική του τοπίου αποτελεί μείζον θέμα. Είναι εκ προοιμίου εξεταστέο τι πρόκειται να καλυφθεί μόνιμα από την κατάκλυση της λεκάνης συλλογής, λ.χ. θέσεις με ιστορική ή αρχαιολογική σημασία, σημεία γεωλογικού ενδιαφέροντος ή φυσικού κάλλους. Εκτός ίσως από ακραίες περιπτώσεις (που θα υποδήλωναν επιπολαιότητα στην αρχική επιλογή της θέσης του έργου), η παρουσία τέτοιων θέσεων δεν συνεπάγεται αμφισβήτηση της χωροθέτησης της λιμνοδεξαμενής, η δε απόκρυψή τους στο εξής μπορεί ν' αντισταθμιστεί με συστηματική αποτύπωση και μελέτη τους πριν από την κατάκλιση. Εξεταστέο είναι επίσης το προκύπτον άμεσο και μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα στην εδαφική μορφολογία (αλλαγή της κλίσης και γεωμετρίας των πρανών εκσκαφής και επίχωσης). Θετικά θα λειτουργούσε η φύτευση των εξωτερικών πρανών του αναχώματος, αρνητικό όμως θα ήταν το αποτέλεσμα εμφάνισης της μεμβράνης στα εσωτερικά πρανή όταν η λιμνοδεξαμενή είναι άδεια και δεν έχει προβλεφθεί προστατευτική στρώση.
- ii.** Η θετική μακροπρόθεσμη επίδραση της λειτουργίας της λιμνοδεξαμενής στο αέριο περιβάλλον, εκδηλώνεται με την αύξηση της υγρασίας της περιοχής, γεγονός που σε γενικές γραμμές συντελεί στην ανάπτυξη της παρόχθιας κυρίως βλάστησης. Ενδέχεται όμως να λειτουργήσει ως αρνητικός παράγοντας, αν το έργο έχει κατασκευαστεί κοντά σε κατοικημένη περιοχή και η μορφολογία ευνοεί την κατακράτηση των υδρατμών, ώστε η υγρασία που θα δημιουργηθεί να κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα προκαλώντας εμμέσως δυσμενή παρεπόμενα, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες όπου παρατηρούνται υψηλές θερμοκρασίες στην ατμόσφαιρα.
- iii.** Περισσότερο αβέβαιη είναι η επίδραση του έργου στο οικοσύστημα της περιοχής: η διατάραξή του έχει άμεση σχέση με το μέγεθος του έργου και τη θέση του. Πράγματι, η αποθήκευση ποσότητας νερού εν δυνάμει λειτουργεί ως "θερμοσυσσωρευτής" εξομαλύνοντας τις θερμοκρασιακές μεταβολές και επηρεάζοντας μακροχρονίως το μικροκλίμα της περιοχής. Το νερό της λιμνοδεξαμενής ενδέχεται λοιπόν ν' αποτελέσει πόλο έλξης για πουλιά, αποδημητικά ή μη, ή ακόμα και να διαφοροποιήσει την πανίδα με την προσέλκυση διαφόρων ειδών ζώων και την απομάκρυνση άλλων που υπήρχαν στην περιοχή.



Εικ. 3α. Δημιουργία οικοσυστήματος στην πληρωμένη λιμνοδεξαμενή



Εικ. 3β. Δημιουργία οικοσυστήματος στην πληρωμένη λιμνοδεξαμενή

- iv.** Ιδιαίτερα σημαντική είναι η μακροπρόθεσμη και έμμεση επίδραση στη χλωρίδα **κατάντη** της λιμνοδεξαμενής, εξ' αιτίας των μεταβολών τις οποίες το έργο θα επιφέρει στο τοπικό ισοζύγιο νερού. Η επίδραση στη βλάστηση αρχίζει από τη φάση περάτωσης της κατασκευής και την αρχή πλήρωσης της λιμνοδεξαμενής. Η παύση τροφοδότησης των κατάντη τμημάτων με επιφανειακό νερό συνεπάγεται ταπείνωση του υδροφόρου ορίζοντα, γεγονός που θα οδηγήσει σε υποβάθμιση των λιγότερο βαθύρριζων φυτών (τουλάχιστον των άγριων, μιας και τα καλλιεργούμενα θα ενταχθούν στο σύστημα άρδευσης). Επειδή στην πλειονότητα των περιπτώσεων οι λιμνοδεξαμενής δεν φθάνουν σε πληρότητα υπερχειλίσης, το καθεστώς αυτό θα συνεχιστεί και στη διάρκεια λειτουργίας με αποτέλεσμα την μονιμοποίηση των αλλαγών στην άγρια χλωρίδα.
- v.** Η κατασκευή μιας λιμνοδεξαμενής θα προκαλέσει αλλαγές στη χρήση γης, παράγοντα με μακροπρόθεσμη και σημαντική επίδραση στο ανθρωπογενές περιβάλλον. Έτσι, η λιμνοδεξαμενή αναμένεται ότι θα βελτιώσει άμεσα τις συνθήκες γεωργίας μέσω αρδεύσεων, με αποτέλεσμα να προκύψει εκμετάλλευση εκτάσεων οι οποίες ενδεχομένως να μην χρησιμοποιούντο παλαιότερα. Αυτό έχει ως δευτερογενές μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα την ενδεχόμενη αλλαγή στην πυκνότητα ή το ρυθμό αύξησης του ανθρώπινου πληθυσμού, ενώ τριτογενώς προκύπτει αύξηση της χρήσης γης για κατοικία στους κοντινούς οικισμούς ή τις πόλεις, αλλά εμμέσως και αύξηση της ρύπανσης του εδάφους και του υπόγειου ορίζοντα από τη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων.
- vi.** Σημαντικό πλεονέκτημα της ύπαρξης μιας λιμνοδεξαμενής σε μία περιοχή αποτελεί η χρήση της για την αντιμετώπιση της φωτιάς ως έργο αντιπυρικής προστασίας. Εκτός του ότι μακροπρόθεσμως και εμμέσως αποτελεί η ίδια ένα φράγμα για τη φωτιά, υπάρχει η δυνατότητα με τα σύγχρονα μέσα πυρόσβεσης (λ.χ. ελικόπτερα με κάδους) να λειτουργήσει και εμμέσως ως πηγή τροφοδοσίας με απόληψη νερού από τη λιμνοδεξαμενή.
- vii.** Η δημιουργία μίας λιμνοδεξαμενής, είτε επί του ποταμού είτε εξωποτάμια, επιδρά μακροπρόθεσμα, έμμεσα και αρνητικό στο υδατικό ισοζύγιο του ποταμού: η επίδραση αναφέρεται στη διακοπή ή την αισθητή μείωση μεταφοράς φερτών υλών (στερεοπαροχής) με κυριότερη συνέπεια την ενίσχυση της διαβρωτικής ικανότητας στις εκβολές του ποταμού, αλλά και καθ' όλο το ποτάμιο μήκος λόγω αύξησης της ταχύτητας των νερών.
- viii.** Θα πρέπει εδώ να τονισθεί ότι κύριο πλεονέκτημα της λιμνοδεξαμενής αποτελεί η αιτία κατασκευής της, δηλ. αμέσως και βραχυπρόθεσμως η χρήση της για υδρευτικούς σκοπούς ως παροχή κοινής ωφέλειας. Πρέπει λοιπόν να εξασφαλισθεί η ποιότητα του νερού που συλλέγεται, αλλά και να εξετασθεί στο σύνολό του το πρόβλημα διαχείρισης πόρων, διότι το νερό δεν είναι ανεξάντλητος πόρος και τα έργα για τη παροχή του έχουν μεγάλο κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος.
- ix.** Τέλος, ως έμμεσος και μακροχρόνιος αρνητικός παράγοντας ύπαρξης μίας λιμνοδεξαμενής θα μπορούσε να εκληφθεί η μείωση ή στέρση δυνατότητας ενός είδους εξειδικευμένης και υψηλού επιπέδου αναψυχής που είναι ο οικοτουρισμός (λόγω του οικοσυστήματος). Θετική όμως θα ήταν η (κρατική) αύξηση των κινήτρων για τη δημιουργία νέων ειδών διασκέδασης στην περίμετρο της λιμνοδεξαμενής .

2.4.2.3 Η πλήρωση της λεκάνης

Η **πλήρωση** της λεκάνης δημιουργεί σημαντικές επιφορτίσεις στο έδαφος. Είναι αντικείμενο της γεωλογικής και γεωτεχνικής έρευνας και μελέτης να προσδιορίσει κατά πόσο μπορεί η επιφόρτιση αυτή να επιφέρει διάφορες καθιζήσεις και διατάραξη της ισορροπίας των γύρω πρανών, καταπτώσεις και μετακινήσεις που θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλεια και τη λειτουργικότητα του έργου. Οφείλει όμως να είναι αντικείμενο της ίδιας έρευνας - και εδώ διαπιστώνεται ένα σημείο άμεσης επαφής της γεωτεχνικής με την περιβαλλοντική μελέτη - η διερεύνηση των επιπτώσεων που τέτοιες μεταβολές μπορεί να έχουν στο ανάγλυφο και τη μορφολογία της περιοχής, έστω και αν είναι ανεκτές και αφομοιώσιμες στα περιθώρια ασφάλειας του έργου.

Συνοψίζοντας, και με την υπόθεση εργασίας ότι πρόκειται για ισοβαρείς παράγοντες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, μπορεί κανείς να οδηγηθεί στο άμεσο συμπέρασμα ότι στη φάση κατασκευής υπερτερούν οι αρνητικές αλλαγές, ενώ στη φάση λειτουργίας είναι πολύ πιθανό να υπάρξει ισοζύγιο επιπτώσεων. Αν ως κριτήριο υιοθετηθεί το μακροχρόνιο ή το βραχυπρόθεσμο της αλλαγής, στο σύνολο των τριών φάσεων (κατασκευή-πλήρωση-λειτουργία) οι επιπτώσεις προκύπτουν βραχυπροθέσμως αρνητικές, και μακροπροθέσμως περίπου αρνητικές, **δεν** παύουν όμως οι περισσότερες από αυτές να είναι αναστρέψιμες με την κατάλληλη ανθρώπινη επέμβαση.

2.4.3 Συμπεράσματα

Η κριτική ανάλυση των ως άνω οδηγεί στα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Η κατασκευή μιας λιμνοδεξαμενής μπορεί να δημιουργήσει αρνητικές αλλαγές στο περιβάλλον, περισσότερες από τις θετικές, και μάλιστα μακροχρόνιες και έμμεσες.
2. Η λειτουργία μιας λιμνοδεξαμενής ενδεχομένως να αποβεί αρνητική, αν η μελέτη είναι ατελής.
3. Αν όλοι οι παράγοντες που υπεισέρχονται στο ζήτημα (μμελετητές, κατασκευαστές, χρήστες) λειτουργούν με περιβαλλοντική συνείδηση, η εγκατάσταση μιας λιμνοδεξαμενής αποτελεί θετικό βήμα στην πρόοδο του τόπου και τότε μόνον μπορεί να θεωρηθεί ως αναπτυξιακό έργο φιλικό προς το περιβάλλον.
4. Θα πρέπει να γίνει εθνική συνείδηση ότι στα θέματα περιβάλλοντος όταν δεν συνεισφέρουμε στη λύση, συμμετέχουμε στο πρόβλημα ([Κωστόπουλος και Μουρελάτου, 2001](#)).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΝΑΧΩΜΑΤΩΝ

Σ' αυτή την ενότητα παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές αρχές σχεδιασμού και μελέτης καθώς και η επισήμανση κρίσιμων θεμάτων της κατασκευής των αναχωμάτων. Οι βασικές απαιτήσεις ενός αναχώματος μπορούν να συνοψισθούν ως ακολούθως:

- i.** Ευσταθή πρανή
Ελεύθερα εσωτερικής διατμητικής αστοχίας μέσω μόνου του αναχώματος ή μέσω αναχώματος και θεμελιώσεως.
- ii.** Ασφάλεια έναντι εσωτερικής διάβρωσης
Η μόνιμη ροή νερού δια του αναχώματος ή της θεμελιώσεως προκαλεί πιθανώς έντονες υδραυλικές δυνάμεις παράσυρσης των κόκκων με κίνδυνο την γρήγορη "μετανάστευση" λεπτόκοκκου υλικού και την αστοχία λόγω εσωτερικής διάβρωσης.
- iii.** Αποδεκτή ροή δια του αναχώματος και της θεμελιώσεως.
Ακόμη και όταν η απώλεια νερού είναι "οικονομικά παραδεκτή" η κατασκευή θα πρέπει να είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να παραλαμβάνει με ασφάλεια τις πιθανές διηθήσεις.
- iv.** Ευστάθεια εσωτερικών διεπιφανειών.
Όπου υπάρχουν περισσότερα του ενός τύπου υλικά, η εισχώρηση του ενός στο άλλο πρέπει να είναι αποδεκτή και να οδηγεί σε σταθερές συνθήκες. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται σε ζώνες που χρησιμοποιούνται για μόνιμη ή παροδική στράγγιση.
- v.** Αποδεκτές καθιζήσεις
Οι καθιζήσεις, και ιδιαίτερα αυτές που θα επιτελεσθούν μετά την κατασκευή, πρέπει να υπολογισθούν με ικανοποιητική ακρίβεια και να είναι αποδεκτές.
- vi.** Επιφανειακή διάβρωση
Πρέπει να προσεχθεί η διάβρωση των αναχώματος τόσο ανάντη όσο και κατάντη, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται λεπτόκοκκα υλικά (Ντουνιάς, 2001).

3.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΟΥ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (ΜΕ Ή ΧΩΡΙΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗ)

Η επιλογή εξαρτάται από:

- i.** Γεωλογικά και γεωτεχνικά χαρακτηριστικά θεμελιώσεως
Κρίσιμοι παράμετροι είναι η υδροπερατότητα, η αντίσταση στη διάβρωση και η συμπίεστικότητα. Εξαρτώνται από τους τύπους των πετρωμάτων, το βαθμό αποσάθρωσης και κερματισμού και το πάχος των διαπερατών στρώσεων.
- ii.** Γεωλογικά και γεωτεχνικά χαρακτηριστικά λεκάνης
Μεγαλύτερη σημασία έχει η υδροπερατότητα. Απαιτείται έλεγχος πιθανών απωλειών δια της κοίτης ή των αντρεισμάτων οι οποίες εξαρτώνται από τη γεωλογική δομή της

περιοχής, τους τύπους των πετρωμάτων και το βαθμό αποσάθρωσης και κερματισμού.

iii. Διαθεσιμότητα κατάλληλων δάνειων υλικών

Τα διαβρεχόμενα αναχώματα (χωρίς μεμβράνη) απαιτούν υλικά μικρής υδροπερατότητας για το εσωτερικό του αναχώματος και ανθεκτικά υλικά για τα πρανή των κελυφών. Τα μη διαβρεχόμενα επιχώματα (με μεμβράνη) έχουν πολύ μικρότερες απαιτήσεις.

iv. Οικονομία

Εάν πληρούνται οι συνθήκες στεγανότητας της λεκάνης τότε ο τύπος του αναχώματος είναι αντικείμενο οικονομικοτεχνικής μελέτης.

3.3 ΣΤΕΓΑΝΑ ΑΝΑΧΩΜΑΤΑ (ΧΩΡΙΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗ)

Σε σχέση με τη διαζώνησή τους μπορούμε να τα χωρίσουμε σε ομοιογενή και με ζώνες. Το ομοιογενές ανάχωμα είναι η παλαιότερη μορφή αναχώματος και κατασκευάζεται από σχετικά αδιαπέρατα υλικά. Απαιτείται εξασφάλιση της στράγγισης του κατάντη κελύφους για την ταπείνωση της γραμμής ροής και την αύξηση της ασφάλειας έναντι ολισθήσεως.

Τα αναχώματα με ζώνες αποτελούνται συνήθως από μία σχετικά αδιαπέρατη ζώνη (πυρήνα) και από κελύφη τα οποία την στηρίζουν και την προστατεύουν. Ο πυρήνας μπορεί να είναι κεντρικός, κεκλιμένος προς τα ανάντη, με προεκτάσεις στη βάση κ.τ.λ. Κρίσιμη είναι η απαίτηση για ανθεκτικά υλικά κελυφών και για προσεκτικά σχεδιασμένες ζώνες προστασίας των διεπιφανειών, φίλτρα, στραγγιστήρια κ.τ.λ.

Βασικές απαιτήσεις είναι η ικανοποιητική στράγγιση του ανάντη κελύφους σε απότομο καταβασμό, η ικανοποιητική στράγγιση του κατάντη κελύφους σε συνθήκες μόνιμης ροής/λειτουργίας, η ασφάλεια έναντι διατμητικής αστοχίας της θεμελίωσης ή του αναχώματος και η μικρή και ασφαλής διήθηση μέσω της θεμελιώσεως. Η παρούσα εργασία δεν θα επεκταθεί το σχεδιασμό αναχωμάτων με ζώνες.

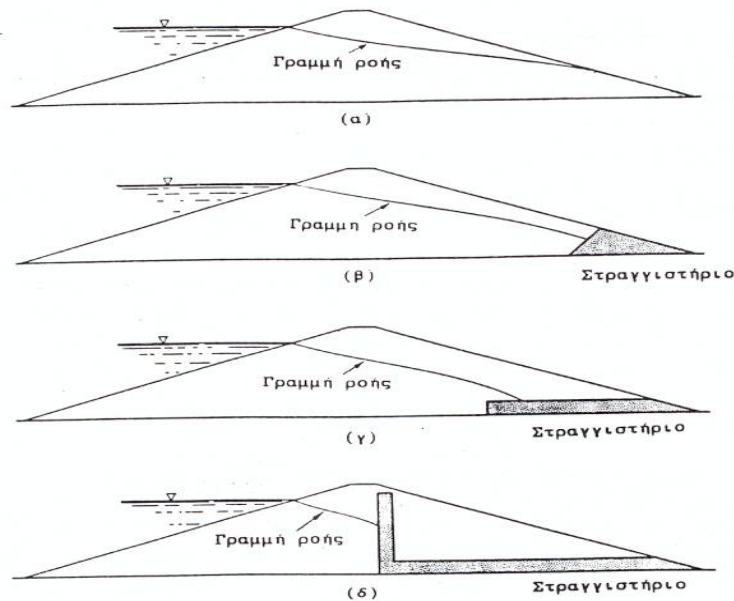
3.4 ΑΝΑΧΩΜΑΤΑ ΜΕ ΜΕΜΒΡΑΝΗ

Τα αναχώματα με στεγανωτική μεμβράνη υπάγονται στη γενική κατηγορία των φραγμάτων με ανάντη στεγανωτικό στοιχείο. Υλικά όπως οπλισμένο σκυρόδεμα, ασφαλτικό σκυρόδεμα και χάλυβας έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί σε φράγματα. Μεμβράνες από ασφαλτικά υλικά, PVC και πολυαιθυλένιο χρησιμοποιούνται με μεγαλύτερη συχνότητα τα τελευταία χρόνια ακόμη και για φράγματα μετρίου ύψους (40m). Η αναγκαιότητα στεγάνωσης με μεμβράνη προκύπτει όταν δεν υπάρχουν υλικά κατάλληλα για την κατασκευή στεγανού φράγματος. Επίσης όμως μεμβράνες χρησιμοποιούνται όταν υπάρχουν υλικά για την κατασκευή στεγανού αναχώματος αλλά ο ταμιευτήρας δεν είναι υδατοστεγανός, έτσι ώστε να αποφευχθεί ειδική κατασκευή προσαρμογής στον ανάντη πόδα του αναχώματος.



Εικ. 4. Τοποθέτηση μεμβράνης πάνω στο ανάχωμα

Η διαζώνηση του αναχώματος εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα φυσικών υλικών. Προτιμούνται προς χρήση τα προϊόντα εκσκαφών για τη διαμόρφωση των παρειών της δεξαμενής. Όλα σχεδόν τα υλικά εκσκαφών μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ελάχιστες εξαιρέσεις. Δεν υπάρχει περιορισμός στο είδος του υλικού που μπορεί να κυμαίνεται από πολύ χονδρή λιθορριπή έως άργιλο. Τα περισσότερα χονδρόκοκκα και διαπερατά υλικά τοποθετούνται πλησίον της κατάντη παρειάς. Ως ακατάλληλα κρίνονται υλικά με μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανικά ή εξαιρετικά διαβρώσιμα υλικά (π.χ. ανυδρίτης). Αν δεν επιτελείται λόγω της διαζώνησης του αναχώματος, πρέπει να ληφθεί ειδική μέριμνα για την ταπείνωση της στάθμης της ελεύθερης ροής δια του αναχώματος κατάντη, που θα προκύψει από τυχόν αστοχία της μεμβράνης. Η κλίση των ανάντη πρανών καθορίζεται μερικώς από την διατμητική αντοχή των υλικών κελύφους και στρώσεων προστασίας και μερικώς από κατασκευαστικούς περιορισμούς (κλίση στην οποία μπορούν να κυκλοφορούν μηχανήματα διάστρωσης και συμπύκνωσης). Η κλίση των κατάντη πρανών καθορίζεται κυρίως από την διατμητική αντοχή των υλικών. Η θέση της μεμβράνης είναι συνήθως επί ή πλησίον της ανάντη παρειάς, αν και έχουν κατασκευασθεί (εκτός Ελλάδος) και αναχώματα με κεντρική μεμβράνη. Όταν η μεμβράνη τοποθετείται στην ανάντη παρειά μπορεί να καλυφθεί ή όχι από ειδική στρώση προστασίας. Οι τύποι των στραγγιστηριών κατάντη κελύφους παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.1.



Σχήμα 2. Διατάξεις αναχώματος (Ντουνιάς, 2001)

Η θεμελίωση πρέπει να ελεγχθεί ως προς την συμπίεστίότητά της και ως προς την ασφάλειά της έναντι διατμητικής θραύσεως.

Οι αγωγοί υδροληψίας και τυχόν εγκάρσιοι συλλεκτήρες στραγγιστηριών, πρέπει να τοποθετούνται εντός ορύγματος (Ντουνιάς, 2001).

3.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΑΧΩΜΑΤΩΝ

3.5.1 Έλεγχος θεμελίωσης έναντι θραύσεως

Ελέγχεται η θεμελίωση έναντι θραύσεως λόγω της επιβολής του φορτίου του αναχώματος. Κρίσιμη είναι η περιοχή κοντά στον πόδα των παρειών. Χρησιμοποιούνται συνήθως τριγωνικά φορτία που υπολογίζονται από ελαστικές λύσεις. Απαιτούμενες παράμετροι υπολογισμού είναι η πυκνότητα γ , η συνοχή c η γωνία διατμητικής αντοχής ϕ .

3.5.2 Συμπίεση - καθιζήσεις (παραδοχή δισδιάστατου χώρου)

Με χρήση απλών παραδοχών ελαστικότητας υπολογίζονται οι άμεσες καθιζήσεις. Απαιτούμενοι παράμετροι υπολογισμού είναι το μέτρο ελαστικότητας, E , ο λόγος Poisson ν , και η πυκνότητα, γ , των υλικών. Τα φορτία υπολογίζονται συνήθως με χρήση ελαστικών απλοποιητικών αποδοχών.

Υπολογισμοί στερεοποίησης και μακροχρόνιων καθιζήσεων, πραγματοποιούνται τόσο για την θεμελίωση, όσο και για το σώμα του αναχώματος, εφόσον έχουν εφαρμογή. Απαιτούμενοι παράμετροι υπολογισμού είναι ο συντελεστής στερεοποίησης, C_c , ο λόγος κενών, e_0 , ο συντελεστής συμπίεσεως, m_v , και ο δείκτης στερεοποίησης C_v .

Τα αποτελέσματα των καθιζήσεων χρησιμοποιούνται για τη μόρφωση της απαιτούμενης υπερύψωσης του φράγματος, για τον έλεγχο της συμβατότητας με άλλες εν επαφή κατασκευές (αγωγοί, τάφροι κτλ) και την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του αναχώματος.

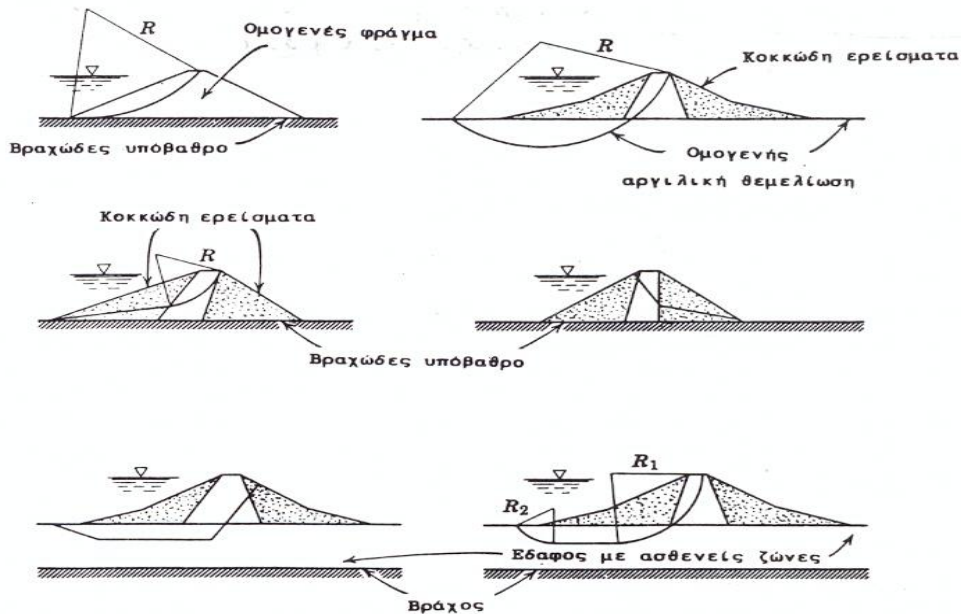
3.5.3 Δίκτυα ροής (δισδιάστατος χώρος)

Με χρήση απλών μεθόδων (εξισώσεις κλειστής μορφής ή γραφικές κατασκευές) ή και αριθμητικών μεθόδων υπολογίζονται η ελεύθερη επιφάνεια ροής και η ποσότητα των διηθήσεων δια του αναχώματος για την περίπτωση χωρίς μεμβράνη ή για την περίπτωση σημαντικής καταστροφής της. Εναλλακτικά οι υπολογισμοί μπορούν να γίνουν με χρήση αριθμητικών μεθόδων. Απαιτούνται οι συντελεστές υδροπερατότητας των διαφόρων υλικών.

3.5.4 Αναλύσεις ευσταθείας (μέθοδοι οριακής ισορροπίας)

Οι αναλύσεις ευσταθείας με τη μέθοδο της οριακής ισορροπίας υπολογίζουν το συντελεστή ασφαλείας έναντι ολισθήσεων επί προκαθορισμένων επιφανειών. Για υπολογιστική απλότητα η μορφή των επιφανειών υποτίθεται συνήθως κυλινδρική, άρα κυκλική σε δύο διαστάσεις. Για σωστό και πλήρη έλεγχο πρέπει να εξετάζονται όλοι οι πιθανοί μηχανισμοί που μπορεί να εμπεριέχουν κυκλικές ή και τυχαίας μορφής επιφάνειες. Οι εξεταζόμενες επιφάνειες υπαγορεύονται από την γεωμετρία του αναχώματος και της θεμελίωσης. Ένα παράδειγμα πιθανών επιφανειών αστοχίας που θα πρέπει να ελεγχθούν παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.2. Οι φάσεις της κατασκευής, που θα πρέπει κατά ελάχιστο να ελεγχθούν είναι:

- | | |
|----------------|--|
| Ανάντη | α) κενή δεξαμενή - πέρας κατασκευής (και με σεισμό) |
| | β) κενή δεξαμενή - πλήρης στερεοποίηση (και με σεισμό) |
| | γ) πλήρης δεξαμενή (και με σεισμό) |
| | δ) πλήρης δεξαμενή, διάτρητη μεμβράνη |
| Κατάντη | α) πέρας κατασκευής (και με σεισμό) |
| | β) πλήρης στερεοποίηση (και με σεισμό) |
| | γ) διάτρητη μεμβράνη - δίκτυο ροής |



Σχήμα 3. Τυπικές επιφάνειες ελέγχου για αναλύσεις ευστάθειας (Ντουινιάς, 2001)

3.5.5 Σεισμική καταπόνηση

Τα αναχώματα των λιμνοδεξαμενών έχουν συνήθως μικρό ύψος (έως 15m) και δεν απαιτούν δυναμικές αναλύσεις. Η επίδραση του σεισμού εξετάζεται με χρήση ισοδύναμων σεισμικών συντελεστών. Μια εμπειρική μέθοδος ελέγχου είναι η χρήση ισοδύναμου σεισμικού συντελεστή ίσου με το μισό της (μέγιστης καθοριζόμενης επιτάχυνσης στο έδαφος και επιτρεπόμενου συντελεστή ασφαλείας έναντι ολίσθησης, με μεθόδους οριακής ισορροπίας, ίσου με 1.1. Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμοσθεί σε πολλά υψηλά φράγματα.

Ο Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός χρησιμοποιεί μια ημιεμπειρική μέθοδο κατανομής του ισοδύναμου σεισμικού συντελεστή καθ' ύψος. Στη βάση του αναχώματος θεωρείται ότι $\varepsilon_B=0.5a$ ενώ στην κορυφή του αναχώματος $\varepsilon_K=\varepsilon_B\beta$ (T), όπου a είναι η επιτάχυνση του εδάφους και β (T) η φασματική μεγέθυνση που αντιστοιχεί στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο του αναχώματος. Για τα συνηθισμένα αναχώματα λιμνοδεξαμενών το $\beta(T)$ είναι περίπου ίσο με 2.5.

Ανάλογα και με τη φύση των υλικών του αναχώματος και της θεμελίωσης απαιτείται εκτίμηση των αναμενόμενων καθιζήσεων λόγω σεισμού για τον σχεδιασμό της υπερύψωσης του φράγματος.

3.5.6 Έλεγχος μεμβράνης

Η μεμβράνη ελέγχεται [α] ως προς την αντοχή της στις εφελκυστικές τάσεις που δημιουργούνται από την ολίσθηση των στρώσεων προστασίας, [β] ως προς την αντοχή της έναντι διατρήσεως από χαλίκια, [γ] ως προς την αντοχή της σε περιβαλλοντικά φορτία (ηλιακή ακτινοβολία, θέρμανση - ψύξη, περιοδική πίεση νερού κτλ, [δ] ως προς την καταλληλότητά της για επαφή με πόσιμο νερό (αν απαιτείται) και [ε] ως προς την διατμητική αντοχή της διεπιφάνειας επαφής με τα υπερκείμενα στρώματα προστασίας. Εκτενής αναφορά στις μεμβράνες γίνεται σε άλλη εισήγηση του 2ημέρου (Ντουινιάς, 2001).

3.6 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

3.6.1 Γαιώδη υλικά

Οι γαίες για την κατασκευή του αναχώματος θα προέρχονται από τις εκσκαφές για την κατασκευή της λιμνοδεξαμενής και των συνοδών τεχνικών έργων. Εφόσον έτσι καθορίζεται στην εγκεκριμένη μελέτη μπορεί να προέρχονται και από εκσκαφές δανειοθαλάμων. Πρέπει να μην περιέχουν λίθους διαστάσεων μεγαλύτερων των 15 cm, κλαδιά, ρίζες, υλικά με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικά και οποιαδήποτε ξένα σώματα.

Η καταλληλότητα των υλικών για την κατασκευή του αναχώματος θα ελέγχεται εργαστηριακά. Ο εργαστηριακός έλεγχος θα περιλαμβάνει κοκκομετρικές αναλύσεις, προσδιορισμό της φυσικής υγρασίας, δοκιμές συμπίκνωσης κατά Proctor και προσδιορισμό των ορίων Atterberg. Οι δοκιμές θα εκτελούνται με πυκνότητα τουλάχιστον μιας πλήρους σειράς δοκιμών ανά 1000 m³ κατασκευασμένου αναχώματος, και οπωσδήποτε όπου συμβαίνει αλλαγή στη σύσταση των γαιών. Ο Ανάδοχος υποχρεούται να υποβάλλει στην Υπηρεσία τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών για έλεγχο και έγκριση τουλάχιστον 15 ημέρες πριν από την χρησιμοποίηση των υλικών στο έργο.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, για την κατασκευή του αναχώματος θα είναι αυτή που καθορίζεται στην εγκεκριμένη μελέτη.

Το ποσοστό αργίλου πρέπει να περιλαμβάνεται μεταξύ 5 και 15%, το δε όριο υδαρότητας (L.L.) πρέπει να μην υπερβαίνει το 55%. Το ξηρό φαινόμενο βάρος, όπως προκύπτει από την πρότυπη δοκιμή συμπίκνωσης κατά Proctor πρέπει να μην είναι κατώτερο των 2000 kg/m³.

Η καταλληλότητα των υλικών σε κάθε περίπτωση θα καθορίζεται από την Υπηρεσία, η οποία διατηρεί το δικαίωμα να προβεί σε απευθείας δειγματοληψίες και δοκιμές, με δαπάνη του Αναδόχου, σε εργαστήριο της επιλογής της.

3.6.2 Υλικό στραγγιστικών στρώσεων

Το υλικό κατασκευής των στραγγιστικών στρώσεων θα προέρχεται από επεξεργασία (κοσκίνισμα) υλικού δανειοθαλάμων, ή θα είναι θραυστό, προερχόμενο από υγιή πετρώματα. Η κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού πρέπει να βρίσκεται μέσα στα καθοριζόμενα από την εγκεκριμένη μελέτη όρια.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση θα ελέγχεται εργαστηριακά, με πυκνότητα τουλάχιστον μιας δοκιμής ανά 100 m³ τοποθετημένης στραγγιστικής στρώσης.

Ο Ανάδοχος υποχρεούται να υποβάλει στην Υπηρεσία τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων για έλεγχο και έγκριση τουλάχιστον 15 ημέρες πριν από τη χρησιμοποίηση των υλικών στο έργο.

3.6.3 Προετοιμασία των επιφανειών έδρασης των αναχωμάτων

Η επιφάνεια έδρασης του αναχώματος θα καθαριστεί με εκχέρσωση και εκρίζωση.

Εφ' όσον δεν διαταχθεί διαφορετικά από την Υπηρεσία που έχει αναλάβει την κατασκευή του έργου, μετά την εκχέρσωση και εκρίζωση θα αφαιρείται από την επιφάνεια έδρασης των αναχωμάτων το επιφανειακό στρώμα εδάφους, σε πάχος 15 έως 20 cm .

Εφόσον, μετά την αφαίρεση του επιφανειακού στρώματος, υπάρχουν λίθοι μεγάλων διαστάσεων που προεξέχουν από τη δημιουργηθείσα επιφάνεια έδρασης, οι λίθοι αυτοί θα αφαιρούνται και το κενό θα γεμίζει με γαιώδες υλικό, και θα συμπυκνώνεται επιμελώς.

Μετά την αφαίρεση του επιφανειακού στρώματος και των προεξεχόντων λίθων μεγάλων διαστάσεων και την πλήρωση των κενών με γαιώδες συμπυκνωμένο υλικό σύμφωνα με τα παραπάνω, θα γίνεται συμπύκνωση των επιφανειών έδρασης, με κατάλληλα μηχανικά μέσα, βάρους όχι μικρότερου των εννέα τόννων. Η συμπύκνωση θα εκτελείται με τρεις τουλάχιστον διαβάσεις των μηχανημάτων συμπύκνωσης, σε βαθμό όχι μικρότερο του 95% της εργαστηριακά επιτυχανόμενης συμπύκνωσης με την τροποποιημένη δοκιμή Proctor.

Όλα τα προϊόντα από την αφαίρεση του επιφανειακού στρώματος θα μεταφερθούν πέρα από τη ζώνη κατάληψης των έργων και θα διαστρωθούν σε θέσεις εγκρινόμενες από την Υπηρεσία.

3.6.4 Διάστρωση και συμπύκνωση του γαιώδους υλικού του αναχώματος

Η διάστρωση των γαιωδών υλικών κατασκευής του αναχώματος θα γίνεται στις εγκεκριμένες θέσεις, υψόμετρα, γραμμές και κλίσεις και μέσα στα όρια ανοχής που προσδιορίζονται παρακάτω.

Η διάστρωση του υλικού θα γίνεται με προωθητήρα ή άλλο πρόσφορο μηχανικό μέσο, σε στρώσεις κατά το δυνατόν οριζόντιες και σε ομοιόμορφο πάχος. Κατά τη διάστρωση θα επιδιώκεται ανάμιξη του υλικού και θα αποφεύγονται στρώσεις υλικού που διαφέρει ουσιωδώς κατά τη σύσταση ή την κοκκομετρική σύνθεση από το περιβάλλον υλικό.

Η διάστρωση θα γίνεται ομοιόμορφα σε όλο το πλάτος της διατομής του αναχώματος. Η διαφορά στάθμης μεταξύ παράλληλων ζωνών διάστρωσης δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το πάχος δύο διαδοχικών στρώσεων.

Το πάχος των στρώσεων, πριν από τη συμπύκνωση, θα είναι αυτό που καθορίζεται στην εγκεκριμένη μελέτη.

Εφ' όσον κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των έργων, οι επικρατούσες λόγω βροχών, πλημμυρών, ψύχους ή άλλων λόγων δυσμενείς συνθήκες καθιστούν, κατά την κρίση της Υπηρεσίας, επισφαλή την ικανοποιητική εκτέλεση του έργου, η κατασκευή του θα αναστέλλεται.

Τα υλικά κάθε στρώσης πρέπει να περιέχουν τη βέλτιστη περιεκτικότητα υγρασίας, που καθορίζεται από την πρότυπη δοκιμή Proctor, με απόκλιση που να μην υπερβαίνει το $\pm 3\%$. Αν απαιτείται, τα διαστρωνόμενα υλικά θα διαβρέχονται δια ψεκασμού, υλικά δε πολύ υγρά θα αφήνονται να στεγνώσουν, σε τρόπο που η υγρασία να βρίσκεται μέσα στα ανώτερα όρια.

Η συμπύκνωση του υλικού θα γίνεται με ομοιόμορφη κίνηση μηχανικού εξοπλισμού, της έγκρισης της Υπηρεσίας. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελαστικοφόροι οδοστρωτήρες ή οδοντωτοί οδοστρωτήρες (κατσικοπόδαρα).

Κάθε στρώση θα συμπίεζεται με τον αναγκαίο αριθμό διαβάσεων των μηχανημάτων συμπύκνωσης και σε κάθε διάβαση ολόκληρη η επιφάνεια της στρώσης θα καλύπτεται από την επιφάνεια συμπίεσης των μηχανημάτων. Κάθε διάβαση πρέπει να καλύπτει την προηγούμενη κατά 30 cm του μέτρου τουλάχιστον.

Εάν με τον εφαρμοζόμενο αριθμό διαβάσεων των μηχανημάτων συμπύκνωσης, σε οποιοδήποτε τμήμα του αναχώματος δεν επιτυγχάνεται ο απαιτούμενος βαθμός συμπύκνωσης, θα γίνονται συμπληρωματικές διαδρομές επί του τμήματος αυτού μέχρις ότου επιτευχθεί ο απαιτούμενος βαθμός συμπύκνωσης ή θα μειώνεται το πάχος των στρώσεων, χωρίς πρόσθετη αποζημίωση του Αναδόχου.

Τα τμήματα του αναχώματος στα οποία δεν μπορεί να προσεγγίσει κατάλληλος μηχανικός εξοπλισμός, ιδιαίτερα γύρω από τα τεχνικά έργα της λιμνοδεξαμενής, τα υλικά θα

διαστρώνονται σε στρώσεις πάχους μέχρι 20 cm. και θα συμπυκνώνονται με μηχανικούς κοπάνους, σε βαθμό συμπύκνωσης ίσο με το βαθμό συμπύκνωσης που καθορίζεται για τα υπόλοιπα τμήματα του αναχώματος.

Ειδική μέριμνα θα λαμβάνεται για την καλή σύνδεση του υλικού κατασκευής του αναχώματος με τα πρανή της εκσκαφής της λιμνοδεξαμενής. Οι επιφάνειες της εκσκαφής θα καθαρίζονται επιμελώς και θα διαβρέχονται, η δε διάστρωση θα γίνεται με ανωφερική κλίση, ώστε να είναι αποτελεσματικότερη η λειτουργία των μηχανημάτων συμπύκνωσης.

Σε περίπτωση διακοπής των εργασιών διάστρωσης, οι επιφάνειες διακοπής θα αναμοχλεύονται και θα συμπυκνώνονται εκ νέου με τον κατάλληλο βαθμό υγρασίας πριν από την επανάληψη των εργασιών.

Ο απαιτούμενος ελάχιστος βαθμός συμπύκνωσης είναι ενενήντα πέντε τοις εκατό (95%) του βαθμού συμπύκνωσης που επιτυγχάνεται με την πρότυπη δοκιμή συμπύκνωσης κατά Proctor.

Ο έλεγχος του επιτευχθέντος βαθμού συμπύκνωσης θα γίνεται βάσει μιας από τις αναγνωρισμένες μεθόδους ταχέως προσδιορισμού του ξηρού φαινομένου βάρους του συμπυκνωμένου αναχώματος, κατά προτίμηση με την περιγραφόμενη στην προδιαγραφή DESE - 25 του USBR. Ο έλεγχος αυτός θα εκτελείται σε διάφορα σημεία της διατομής του αναχώματος, με πυκνότητα τουλάχιστον μιας δοκιμής ανά 1 000 m³ κατασκευασθέντος αναχώματος.

Σε περίπτωση ολίσθησης οποιουδήποτε τμήματος του αναχώματος κατά τη διάρκεια της κατασκευής του ή μετά την αποπεράτωση, το τμήμα αυτό θα αποκόπτεται και θα ανακατασκευάζεται σύμφωνα με τα παραπάνω. Για την εργασία αυτή ο Ανάδοχος δεν αποζημιώνεται, των σχετικών δαπανών περιλαμβανομένων στην συμβατική τιμή μονάδος κατασκευής συμπυκνωμένου αναχώματος .

Τα αναχώματα θα κατασκευασθούν με τέτοιες διαστάσεις ώστε να καταστεί δυνατή η τελική μόρφωσή τους στις διατομές που προβλέπονται, επιτρεπομένης ανοχής $\pm 0,10$ m από τις οριογραμμές τους, υπολογιζόμενης κατά την κάθετη προς αυτές έννοια.

Κατά την κατασκευή θα δίνεται η απαιτούμενη προσαύξηση στις διαστάσεις του αναχώματος, για την κάλυψη της καθίζησης τους, λόγω στερεοποίησης του υπεδάφους και του ίδιου του αναχώματος, σε τρόπο που μετά την πραγματοποίηση της στερεοποίησης το ανάχωμα να έχει τις διαστάσεις και τα υψόμετρα που προβλέπονται.

3.6.5 Διάστρωση των στραγγιστικών στρώσεων

Η διάστρωση του υλικού των στραγγιστικών στρώσεων θα γίνεται στις εγκεκριμένες θέσεις, υψόμετρα γραμμές και κλίσεις και μέσα στα όρια ανοχής που προσδιορίζονται παρακάτω.

Η διάστρωση θα γίνεται σε στρώσεις οριζόντιες και σε ομοιόμορφο πάχος. Κατά τη διάστρωση θα γίνεται προσπάθεια για την αποφυγή ανάμιξης του υλικού των στραγγιστικών στρώσεων με το γαιώδες υλικό του αναχώματος.

Το πάχος των στρώσεων πριν από τη συμπύκνωση θα είναι αυτό που καθορίζεται στην εγκεκριμένη οριστική μελέτη.

Η συμπύκνωση του υλικού των στραγγιστικών στρώσεων θα γίνεται με ομοιόμορφη κίνηση κατάλληλου μηχανικού εξοπλισμού της έγκρισης της Υπηρεσίας, κατά προτίμηση με δονητικό οδοστρωτήρα. Κατά τη συμπύκνωση το υλικό θα διαβρέχεται δια ψεκασμού, σε όσο βαθμό απαιτείται για την ικανοποιητική συμπύκνωση.

Κάθε στρώση θα συμπίεζεται με τον αναγκαίο αριθμό διαβάσεων των μηχανημάτων συμπίκνωσης, και σε κάθε διάβαση ολόκληρη η επιφάνεια της στρώσης θα καλύπτεται από την επιφάνεια συμπίεσης των μηχανημάτων. Το πλάτος επικάλυψης μεταξύ δύο διαδοχικών διαβάσεων θα είναι ≥ 30 cm .

Εάν με τον εφαρμοζόμενο αριθμό διαβάσεων των μηχανημάτων συμπίκνωσης δεν επιτυγχάνεται ο απαιτούμενος βαθμός συμπίκνωσης, θα αυξάνεται ο αριθμός των διαβάσεων ή θα μειώνεται το πάχος των στρώσεων, χωρίς εκ του λόγου τούτου να δικαιούται ο Ανάδοχος οποιαδήποτε πρόσθετη αποζημίωση.

Ο απαιτούμενος ελάχιστος βαθμός συμπίκνωσης είναι ενενήντα πέντε τοις εκατό (95%) του βαθμού συμπίκνωσης κατά Proctor. Ο έλεγχος του επιτευχθέντος βαθμού συμπίκνωσης θα γίνεται βάσει μιας από τις εν χρήσει μεθόδους ταχέως προσδιορισμού του ξηρού φαινομένου βάρους, με πυκνότητα τουλάχιστον μιας δοκιμής ανά $1\ 000\ m^3$ κατασκευασθείσας στρώσης.

Οι στραγγιστικές στρώσεις θα κατασκευάζονται σε τέτοιες διαστάσεις, ώστε να καταστεί δυνατή η τελική μόνωσή τους στις εγκεκριμένες διατομές, επιτρεπομένης ανοχής $\pm 0,10$ m υπολογιζόμενης κατά την κάθετη προς αυτές έννοια.

3.6.6 Διάστρωση της προστατευτικής επίχωσης της μεμβράνης

Μετά την τοποθέτηση της μεμβράνης και της κατασκευής της προστατευτικής στρώσης θα γίνει η προστατευτική επίχωση της μεμβράνης με γαιώδη υλικά, στις εγκεκριμένες διαστάσεις, υψόμετρα, γραμμές και κλίσεις.

Το υλικό κατασκευής της επίχωσης θα προέλθει από επιλογή προϊόντων εκσκαφής, με ή χωρίς επεξεργασία κοσκινίσματος, απαλλαγμένο από ρίζες, ή άλλα ξένα υλικά.

Η διάστρωση του υλικού του πυθμένα θα γίνει με κατάλληλα ελαφρά μηχανήματα, κατά τρόπο που να εξασφαλίζει ότι δεν θα προκληθούν ζημιές στη μεμβράνη και στην προστατευτική στρώση. Η διάστρωση θα γίνει ομοιόμορφα, σε μία στρώση συμπυκνωμένου πάχους όπως ορίζεται στην εγκεκριμένη μελέτη.

Η διάστρωση του υλικού στα πρανή θα γίνεται αρχίζοντας από τον πυθμένα και προχωρώντας προς τη στέγη, σε μία στρώση συμπιεσμένου πάχους όπως ορίζεται στην εγκεκριμένη μελέτη. Ο μηχανικός εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι κατάλληλος, ώστε να αποκλείεται οποιαδήποτε ζημιά στη μεμβράνη και στην προστατευτική επικάλυψη.

Η συμπίκνωση του υλικού θα γίνεται με κατάλληλο εξοπλισμό. Τα υλικά πρέπει να έχουν τη βέλτιστη περιεκτικότητα υγρασίας, όπως προκύπτει από την πρότυπη δοκιμή Proctor, με μέγιστη απόκλιση $\pm 3\%$. Η ελάχιστη αποδεκτή πυκνότητα που θα επιτυγχάνεται κατά τη συμπίκνωση, δεν πρέπει να είναι μικρότερη του 95% της μέγιστης ξηρής πυκνότητας που προκύπτει από τη δοκιμή Proctor (ΓΤΣΥ).

3.7 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΩΝ (ΟΧΙ ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΩΝ)

3.7.1 Προετοιμασία θεμελίωσης

Η προετοιμασία της θεμελίωσης γίνεται με την απομάκρυνση των φυτικών γαιών και τις απαραίτητες εκσκαφές για τη διαμόρφωση της επιφάνειας έδρασης σύμφωνα με τα κριτήρια της μελέτης. Ελέγχεται η θεμελίωση για ύπαρξη τυχόν οριζοντίων ασθενών ενστρώσεων/ασυνεχειών και συμπυκνώνεται, αν είναι γαιώδης, με επαρκή αριθμό

διελεύσεων οδοστρωτήρα. Απαιτούνται ομαλές κατά το δυνατόν κλίσεις κατά μήκος και εγκάρσια του άξονα.

Ακολουθεί η εκσκαφή των τάφρων τυχόν εγκαρσίων αγωγών και στραγγιστηρίων, η κατασκευή των αγωγών/στραγγιστηρίων και η επαρκής επανασυμπύκνωσή τους.

Με την τοποθέτηση των πρώτων στρώσεων γίνεται ταυτοχρόνως και η τοποθέτηση των στραγγιστικών ταπήτων ή πρισμάτων ποδός σύμφωνα με τη μελέτη.

3.7.2 Κοκκομετρική διαβάθμιση, μέγιστη διάσταση τεμαχίων

Ομαλή διαβάθμιση υλικών επιτυγχάνει μέγιστη αντοχή και ελάχιστη συμπίεση. Ανάλογα με τη φύση των υλικών καθορίζεται η μέγιστη διάσταση τεμαχίων, το πάχος των στρώσεων, ο τρόπος διάστρωσης και συμπύκνωσης και ο τρόπος ελέγχου. Παρακάτω παρουσιάζονται τυπικές μέγιστες διαμέτροι.

Σε συνεκτικά υλικά (αργιλώδη), $d_{MAX}= 0.3 \text{ m}$

Σε αμμοχάλικα $d_{MAX}= 0,6 \text{ m}$

Σε ικανή λιθορριπή $d_{MAX}= 2 \text{ m}$

Το πάχος των στρώσεων για διαβαθμισμένα υλικά ορίζεται συνήθως λίγο μεγαλύτερο ή ίσο με την μέγιστη διάσταση των τεμαχίων. Δεν υπάρχει κανένας λόγος για εμμονή σε μικρή μέγιστη διάσταση, ιδίως σε υλικά λιθορριπών, με δεδομένες τις μεγάλες ικανότητες των σύγχρονων μηχανών διάστρωσης και συμπύκνωσης.

3.7.3 Μηχανικός εξοπλισμός και τρόπος συμπύκνωσης

Δεν υπάρχει μονοσήμαντη αντιστοιχία υλικού αναχώματος και μηχανήματος συμπύκνωσης. Το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί και να επιτευχθεί με διάφορα μηχανήματα. Ο αριθμός των διελεύσεων σε σχέση με το πάχος των στρώσεων και την υγρασία καθορίζεται μετά από δοκιμαστική διάστρωση, κατά την οποία μετρούνται η πυκνότητα και η υποχώρηση μετά από διαδοχικές διελεύσεις του μηχανήματος.

3.7.4 Ποιοτικός έλεγχος κατασκευής

Ο έλεγχος πραγματοποιείται στο δανειοθάλαμο, σχετικά με την καταλληλότητα του υλικού, και επί του αναχώματος σχετικά με την σύμφωνη προς τις προδιαγραφές κατασκευή. Η κοκκομετρική διαβάθμιση και η υγρασία καλύτερα ελέγχονται και διορθώνονται στο δανειοθάλαμο. Το πάχος των στρώσεων, η εφαρμογή της προδιαγεγραμμένης μεθόδου (όταν αποτελεί τμήμα των προδιαγραφών) και το τελικό αποτέλεσμα ελέγχονται στο ανάχωμα (Ντουνιάς, 2001).

3.8 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΩΝ

3.8.1 Πεδίο εφαρμογής - ορισμοί

Περιλαμβάνει την κατασκευή της γαιομεμβράνης που τοποθετείται επάνω σε κατάλληλο υπόστρωμα για την επίτευξη στεγανότητας.

Στις προς εκτέλεση εργασίες περιλαμβάνονται:

- α. Η προετοιμασία των πρανών και του πυθμένα της λιμνοδεξαμενής

- β. Η κατασκευή υποστρώματος για την έδραση της μεμβράνης
- γ. Η προμήθεια και τοποθέτηση της μεμβράνης
- δ. Η κατασκευή προστατευτικής στρώσης μετά την τοποθέτηση της μεμβράνης.

3.8.2 Στεγανοποιητική μεμβράνη

Η μεμβράνη που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας, χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC) ή άλλο δόκιμο υλικό, σύμφωνα με αναγνωρισμένη διεθνή προδιαγραφή.

Η μεμβράνη θα έχει παρασκευασθεί από νέα, μη ανακυκλωμένα, υλικά πρώτης ποιότητας και θα είναι μελετημένη και κατασκευασμένη ειδικά για το σκοπό της στεγανοποίησης δεξαμενών αποθήκευσης πόσιμου νερού.

Τα φύλλα της μεμβράνης θα είναι ομοιογενή, απαλλαγμένα από φυσαλίδες, οπές ή σκισίματα και από οποιαδήποτε ένδειξη παρουσίας ξένων υλών. Τα φύλλα της μεμβράνης πρέπει να είναι απόλυτα στεγανά, με υψηλό βαθμό ευκαμψίας και επιμηκύνσεως, ανθεκτικά σε ακραίες θερμοκρασίες και υπεριώδη ακτινοβολία και να μην προσβάλλονται από μικροοργανισμούς. Πρέπει να είναι ανθεκτικά σε διάτρηση και να είναι κατάλληλα για σύνδεση με θερμοκόλληση.

Το μίγμα παρασκευής της μεμβράνης θα πρέπει να περιέχει κατάλληλο αντιοξειδωτικό υλικό και κατάλληλο σταθεροποιητή έναντι υψηλών θερμοκρασιών. Δεν επιτρέπεται να περιέχει πλαστικοποιητές ή άλλα πρόσθετα που αποβάλλονται με την πάροδο του χρόνου και συντελούν στη γήρανση του υλικού.

Οι ιδιότητες της μεμβράνης θα πρέπει να είναι ίσες ή ισοδύναμες με αυτές που προδιαγράφονται σε πίνακες εκτός αν προδιαγράφονται διαφορετικά στην ΕΤΣΥ.

3.8.3 Υπόστρωμα έδρασης της μεμβράνης

Το υλικό του υποστρώματος θα προέρχεται από επιλογή προϊόντων εκσκαφής της λιμνοδεξαμενής, με ή χωρίς εργασία κοσκινίσματος. Θα αποτελείται από λεπτόκοκκο υλικό, με μέγιστο μέγεθος κόκκου 5 mm με περιεχόμενο ποσοστό αργίλου μέχρι 50%, και θα είναι απαλλαγμένο από ρίζες ή άλλα υλικά που θα μπορούσαν να επιφέρουν ζημιά στη μεμβράνη.

3.8.4 Προστατευτική στρώση μεμβράνης

Το υλικό της προστατευτικής στρώσης θα προέρχεται από επιλογή προϊόντων εκσκαφής. Θα αποτελείται από λεπτόκοκκο υλικό, με μέγιστο μέγεθος κόκκου 2 mm με περιεχόμενο ποσοστό αργίλου μέχρι 50% και θα είναι απαλλαγμένο από ρίζες ή άλλα υλικά που θα μπορούσαν να επιφέρουν ζημιές στην μεμβράνη.

3.8.5 Προετοιμασία πρανών και πυθμένα

Αμέσως μετά την αποπεράτωση των εκσκαφών και των αναχωμάτων θα γίνει μόρφωση των πρανών και του πυθμένα στα εγκεκριμένα υψόμετρα, γραμμές και κλίσεις. Μετά τη μόρφωση θα επακολουθήσει συμπύκνωση, όπου απαιτείται, των επιφανειών με κατάλληλα μέσα της έγκρισης της Υπηρεσίας.

Οι τελικές διαστάσεις μετά τη μόρφωση και συμπίκνωση των πρανών και του πυθμένα θα ανταποκρίνονται στις εγκεκριμένες διαστάσεις με ανοχή μεταξύ ± 5 cm κατά την κάθετη προς τις γραμμές των διατομών έννοια.

Στη διαμόρφωση πυθμένα σημαντικό ρόλο αποτελεί η κατασκευή στραγγιστηρίων πυθμένα (ΓΤΣΥ).

3.9 ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗΡΙΑ

3.9.1 Στραγγιστήρια πυθμένα

Πρόκειται για κάποια μορφή "πλέγματος" στραγγιστηρίων που κατασκευάζονται στον πυθμένα της λιμνοδεξαμενής με σκοπό την προστασία των στρώσεων προστασίας και κατ' επέκταση της ίδιας της μεμβράνης από καταστροφές προερχόμενες:

- i.** Από υπόγεια νερά
- ii.** Από νερά λόγω τρυπήματος της μεμβράνης. Η μορφή των στραγγιστηρίων σε σχέση με την διάταξή τους, την διατομή των τάφρων, τις κλίσεις, την δομή τους (σωληνωτά ή όχι) κ.λπ., ποικίλλει από έργο σε έργο ανάλογα την μελέτη. Από την εφαρμογή όμως των διαφόρων τρόπων κατασκευής έχουν καταγραφεί διάφορα προβλήματα που έχουν σχέση με την λειτουργικότητα των στραγγιστηρίων και αναφέρονται στα εξής:
 - Στην περίπτωση κατασκευής στραγγιστηρίων με σωλήνες PVC υπάρχει ευπάθεια και καταστροφή των σωλήνων λόγω των υπερκείμενων φορτίων και της διέλευσης των μηχανημάτων του έργου. Όπως έχει αναφερθεί σε όλες τις περιπτώσεις (εκτός 2) τα στραγγιστήρια κατασκευάστηκαν με σωλήνες.
 - Η διάταξη των στραγγιστηρίων που σχετίζεται κυρίως με την μεταξύ τους απόσταση, αλλά και με την κλίση του πυθμένα, είναι τέτοια που δεν επιτρέπει την ροή προς αυτά και απαγωγή του νερού αν αυτό εμφανιστεί μεταξύ δύο στραγγιστηρίων.
 - Το υπόστρωμα της μεμβράνης που διαστρώνεται ακριβώς επάνω από τα στραγγιστήρια και συνήθως προέρχεται από υλικά των εκσκαφών έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε αργιλοϊλύ με αποτέλεσμα να σφραγίζει την επιφάνεια των στραγγιστηρίων τα οποία αδυνατούν πλέον να παραλάβουν τα νερά που θα προέλθουν από πιθανή διάτρηση της μεμβράνης.

Το υλικό των στραγγιστηρίων κινδυνεύει επίσης να μολυνθεί από την απόπλυση των λεπτοκόκκων των παρειών των τάφρων αν αυτό δεν εγκιβωτίζεται με γεωϋφασμα.

Έχει αναφερθεί ότι σε όλες τις περιπτώσεις (εκτός μίας) χρησιμοποιήθηκε γεωϋφασμα είτε γύρω από το αμμοχάλικο των στραγγιστηρίων είτε γύρω από τους σωλήνες.

3.9.2 Αρχές σχεδιασμού στραγγιστηρίων

- i.** Να δίδεται συνολική κλίση στον πυθμένα της λιμνοδεξαμενής ώστε να υπάρχει ευκολότερη ροή προς τα στραγγιστήρια.
- ii.** Ως υπόστρωμα της μεμβράνης να προδιαγράφεται καθαρή άμμος οιασδήποτε διαβάθμισης αντί του οιοδήποτε λεπτόκοκκου υλικού.
- iii.** Κατάργηση της χρήσεως σωλήνων εντός των τάφρων και αντί αυτών να τοποθετείται απλώς αμμοχάλικο στραγγιστηρίων υπενδεδυμένων με γεωϋφασμα για φίλτρο.

3.9.3 Στραγγιστήρια κατάντη ποδός αναχωμάτων

3.9.3.1 Γενικά

Η αναφορά γίνεται για στραγγιστήρια υπό μορφή τάπητα η πρίσματος που κατασκευάζονται στον κατάντη πόδα των αναχωμάτων στο ύψος της επιφάνειας έδρασης με σκοπό την εύκολη απομάκρυνση του νερού από τον κορμό του αναχώματος σε περίπτωση καταστροφής της μεμβράνης.

Κατασκευάζονται συνήθως από μία ή δύο στρώσεις ομαλά διαβαθμισμένου κοκκώδους υλικού μέγιστου κόκκου 75-100 mm απαλλαγμένου λεπτοκόκκων. Στην περίπτωση της μιας στρώσης, τοποθετείται μεταξύ του υλικού του αναχώματος και της στραγγιστικής στρώσης, μία στρώση γεωϋφάσματος για την προστασία της από την μόλυνση των λεπτοκόκκων. Στην περίπτωση δύο στρώσεων η ανώτερη προδιαγράφεται έτσι ώστε να λειτουργεί σαν φίλτρο μεταξύ του αναχώματος και του στραγγιστηρίου.

3.9.3.2 Πηγές υλικών

Μπορεί να χρησιμοποιηθούν οποιουδήποτε είδους υλικά είτε αυτά προέρχονται από εκσκαφές είτε από χείμαρρους η ρέματα και μπορεί να είναι γωνιώδη (θραυστά) η στρογγυλευμένα αρκεί να πληρούν συγκεκριμένες ποιοτικές προδιαγραφές ως προς την κοκκομετρική τους διαβάθμιση (κυρίως ως προς τα λεπτόκοκκα) και ως προς την υγεία του πετρώματος (όχι διαβρωμένα η επιρρεπή σε διάβρωση).

Συνήθως προδιαγράφονται γωνιώδη πετρώματα τα οποία έχουν μεγαλύτερη γωνία τριβής από τα στρογγυλευμένα αλλά στην περίπτωση κατασκευής στραγγιστηρίου "τάπητα" αυτό έχει μικρή σημασία συγκρινόμενο με την ποιότητα και την ευκολία παραγωγής υλικών από ρέματα η χείμαρρους.

Σε γενικές γραμμές αν υπάρχει η δυνατότητα να γίνει απόληψη υλικών από παρακείμενα ρέματα η χείμαρρους αυτό είναι επωφέλεστο σε σύγκριση με τα υλικά των εκσκαφών αφού από πλευράς υγείας είναι κατά το μεγαλύτερο ποσοστό τους κατάλληλα, ενώ από πλευράς διαβάθμισης μπορεί να ληφθούν αυτούσια η με μικρή επεξεργασία διαχωρισμού κάποιων ακραίων μεγεθών.

Όπως έχει καταγραφεί από την έως τώρα εμπειρία των έργων:

- Στο 50% των περιπτώσεων δεν υπήρξε πρόβλημα εξεύρεσης υλικών. Χρησιμοποιήθηκε υλικό από γειτονικά ρέματα η χείμαρρους.
- Στο 10% χρησιμοποιήθηκαν υλικά από λατομεία.
- Στο 25% χρησιμοποιήθηκαν υλικά από μακρινούς δανειοθαλάμους.
- Στο 15% υπήρξε πρόβλημα και η παραγωγή των υλικών έγινε με θραύση επιλεγμένων σκληρών πετρωμάτων της περιοχής (Καβουνίδης, 2001).

3.9.4 Υπόστρωμα έδρασης της μεμβράνης

Μετά την προετοιμασία των πρανών και του πυθμένα σύμφωνα με τα προηγούμενα θα διαστρωθεί και θα συμπιεστεί υπόστρωμα εδαφικού υλικού, συμπτυκνωμένου πάχους 10 cm.

Το υλικό θα υγραίνεται στη βέλτιστη υγρασία με απόκλιση $\pm 3\%$ και θα συμπτυκνώνεται με κατάλληλο εξοπλισμό, κατά τρόπο που θα εξασφαλίζει κανονική και λεία επιφάνεια για την έδραση της μεμβράνης, στα απαιτούμενα πάχη, υψόμετρα, γραμμές και κλίσεις. Η ελάχιστη

αποδεκτή ξηρή πυκνότητα δεν πρέπει να είναι μικρότερη του 95% της μέγιστης ξηρής πυκνότητας που επιτυγχάνεται κατά την πρότυπη δοκιμή Proctor.

3.9.5 Τοποθέτηση και σύνδεση της μεμβράνης (βασικές αρχές)

Η μεμβράνη θα τοποθετείται ελαφρά χαλαρή, αρχίζοντας από τη στέψη της λιμνοδεξαμενής, όπου τα φύλλα θα στερεώνονται σε όρυγμα, σύμφωνα με τα εγκεκριμένα σχέδια. Εκτός εάν δοθούν διαφορετικές οδηγίες από την Υπηρεσία, τα φύλλα θα στρώνονται εγκάρσια προς τη στέψη, σε τρόπο ώστε οι ενώσεις να είναι παράλληλες προς την κλίση του πρανού. Η επικάλυψη των φύλλων της μεμβράνης θα είναι τουλάχιστον 10 cm.

Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση της μεμβράνης κατά τη διάρκεια ισχυρού ανέμου, ή/και υψηλών ή πολύ χαμηλών θερμοκρασιών.

Η πρόληψη ζημιών στις μεμβράνες είναι ευθύνη του Αναδόχου. Δεν επιτρέπεται η πρόσβαση απ' ευθείας επί της μεμβράνης μηχανημάτων οποιουδήποτε τύπου, ή άλλου εξοπλισμού. Το προσωπικό θα φοράει υποχρεωτικά υποδήματα με ελαστικά πέλματα.

Σύμφωνα με τις οδηγίες του εργοστασίου παραγωγής της μεμβράνης θα χρησιμοποιείται κατάλληλος εξοπλισμός για την ένωση των φύλλων με θερμοκόλληση αφού καθορισθούν και προετοιμαστούν. Ο τρόπος συγκόλλησης πρέπει να παρέχει τη δυνατότητα της εκτέλεσης δοκιμής στεγανότητας στο 100% των συγκολλήσεων, χωρίς καταστροφή τους.

Ο εξοπλισμός συγκόλλησης θα είναι ικανός για συνεχή προσαρμογή των θερμοκρασιών στη ζώνη της συγκόλλησης, ώστε να εξασφαλίζεται ότι οι αλλαγές των συνθηκών του περιβάλλοντος δεν επηρεάζουν την ποιότητα της συγκόλλησης.

Καμία ασυνέχεια συγκόλλησης δεν θα επιτραπεί στις επιφάνειες αλληλοεπικάλυψης. Όπου διαπιστωθούν ασυνέχειες, το φύλλο της μεμβράνης θα κόβεται, θα επικαλύπτεται και θα επανασυγκολλάται με θερμοκόλληση.

Η σύνδεση των φύλλων της μεμβράνης με το σκυρόδεμα των τεχνικών έργων της λιμνοδεξαμενής θα γίνεται με κοχλίωση στο σκυρόδεμα, με τοποθέτηση παρεμβύσματος φύλλου neoprene ή άλλου ανάλογου υλικού.

Μετά την σύνδεση των φύλλων της μεμβράνης τοποθετούνται πάνω στη μεμβράνη βάρη που σκοπό έχουν την καλύτερη συγκράτηση της πάνω στο ανάχωμα (**Εικόνα 5α,β**).



Εικ. 5α. Βάρη συγκράτησης μεμβράνης



Εικ. 5β. Βάρη συγκράτησης μεμβράνης

3.9.6 Προστατευτική στρώση

Μετά την τοποθέτηση της μεμβράνης και τον έλεγχο όλων των ενώσεων, θα διαστρωθεί επάνω της προστατευτική στρώση συμπυκνωμένου πάχους 10 cm .

Η διάστρωση και συμπύκνωση της προστατευτικής στρώσης θα γίνεται κατά τρόπο που δεν θα προξενεί μετατόπιση ή βλάβη στη μεμβράνη. Η διάστρωση θα αρχίσει από τον πυθμένα της λιμνοδεξαμενής και θα συνεχιστεί στα πρηνή, αρχίζοντας από τη βάση και προχωρώντας προς τη στέψη.

Η συμπύκνωση του υλικού της στρώσης θα γίνεται με κατάλληλο εξοπλισμό, σε περιεκτικότητα υγρασίας του υλικού ίση με τη βέλτιστη, όπως προκύπτει από την πρότυπη δοκιμή Proctor, με απόκλιση $\pm 3\%$. Η ελάχιστη αποδεκτή πυκνότητα που επιτυγχάνεται κατά τη συμπύκνωση δεν πρέπει να είναι μικρότερη του 95% της μέγιστης ξηρής πυκνότητας που προκύπτει από την πρότυπη δοκιμή Proctor.

3.9.7 Έλεγχοι και δοκιμές

Οι έλεγχοι στο εργοτάξιο θα περιλαμβάνουν:

- i. Επιθεώρηση και έλεγχος στεγανότητας όλων των συνδέσεων με μη καταστρεπτικές μεθόδους.
- ii. Δειγματοληψίες και έλεγχος του υλικού της μεμβράνης και των συνδέσεων.
- iii. Εκτέλεση δοκιμαστικών συνδέσεων.
- iv. Έλεγχος της συμπύκνωσης του υποστρώματος και της προστατευτικής στρώσης.

Όλες οι συνδέσεις θα πρέπει να επιθεωρούνται από ειδικό τεχνικό και να ελέγχονται για στεγανότητα, με χρησιμοποίηση φυσικών μέσων, χωρίς καταστροφή των συνδέσεων. Κάθε ελαττωματική σύνδεση θα επισημαίνεται και θα αποκαθίσταται σύμφωνα με τις οδηγίες του προμηθευτή των μεμβρανών.

Για τον έλεγχο της ποιότητας του υλικού της μεμβράνης θα ληφθούν δείγματα με συχνότητα ενός δείγματος ανά 500 m² τοποθετημένης μεμβράνης.

Ο έλεγχος θα γίνεται σε εργαστήριο της έγκρισης της Υπηρεσίας και θα περιλαμβάνει:

- i. Εξακρίβωση της συμμόρφωσης του υλικού που παραδόθηκε με τις απαιτήσεις της παρούσας προδιαγραφής, περιλαμβανομένου του προσδιορισμού της πυκνότητας και του δείκτη τήξης.
- ii. Έλεγχο της εφελκυστικής αντοχής και της επιμήκυνσης του υλικού, σε διαρροή και σε θραύση.
- iii. Έλεγχο σε περιβαλλοντολογική καταπόνηση, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στο πρότυπο ASTM D1693.

Για τον έλεγχο των συνδέσεων θα λαμβάνονται δείγματα ανά 150 έως 200 m συγκολλημένου μήκους. Στα δείγματα αυτά θα εκτελούνται :

- i. Έλεγχοι διάτμησης της συγκόλλησης, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στο πρότυπο ASTM D 638. Στον έλεγχο αυτό πρέπει να μην αστοχήσει η συγκόλληση όταν το ένα από τα δύο φύλλα φτάσει στο όριο διαρροής.
- ii. Έλεγχο αποκόλλησης, σύμφωνα με το πρότυπο ASTM D 638. Στον έλεγχο αυτό πρέπει να μην αποκολληθεί η σύνδεση όταν η μεμβράνη φτάσει στο όριο διαρροής.

Με βάση τους κανονισμούς προδιαγραφών κάθε ημέρα εκτέλεσης συγκολλήσεων θα γίνονται 2 δοκιμαστικές συγκολλήσεις, μήκους 1 m, υπό τις ειδικές συνθήκες εκτέλεσης των συγκολλήσεων της μεμβράνης. Τα δείγματα θα σημειώνονται με την ημερομηνία, τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και τα στοιχεία της μηχανής συγκόλλησης.

Τα δείγματα θα ελέγχονται στο εργαστήριο σε διάτμηση και σε αποκόλληση. Επιπλέον, για πρόχειρο επιτόπου έλεγχο, θα κόβονται δείγματα πλάτους 1 έως 2 cm και θα τραβιούνται με το χέρι προς αποκόλληση. Κατά τη διαδικασία αυτή δεν πρέπει να παρουσιάζεται αποκόλληση.

Έλεγχος υποστρώματος και προστατευτικής στρώσης. Θα εκτελούνται έλεγχοι της συμπύκνωσης του υποστρώματος έδρασης και της προστατευτικής στρώσης, σύμφωνα με τα εκτιθέμενα στην προδιαγραφή των αναχωμάτων που προηγείται (ΓΤΣΥ).

3.10 ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ-ΕΡΓΑ ΕΙΣΟΔΟΥ

Διατάξεις υδραυλικών συστημάτων απαιτούνται στις θέσεις όπου εισρέουν τα υδατορρέυματα που πρόκειται να τροφοδοτήσουν τη λιμνοδεξαμενή. Οι θέσεις αυτές έχουν από προηγουμένως καθοριστεί, ενώ ταυτόχρονα είναι γνωστή η εισροή του κάθε υδατορρέυματος όσον αφορά την εισρέουσα παροχή (υδρολογική προσομοίωση). Επομένως, οι θέσεις εισροής θα πρέπει να διαμορφωθούν κατάλληλα ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη εισροή παροχής στη λιμνοδεξαμενή ενώ ταυτόχρονα να αποφεύγεται η μεταφορά φερτών υλών (π.χ. άμμου, χαλίκων κ.τ.λ.) από τη δράση του νερού.

3.10.1 Εσχαρισμός

Η αφαίρεση των φερτών υλών γίνεται στην κεφαλή της εγκατάστασης με χρησιμοποίηση εσχάρων. Οι εσχάρες είναι διατάξεις που παρεμποδίζουν τη δίοδο, δια μέσω των ανοιγμάτων τους, υλικού με διαστάσεις μεγαλύτερες από κάποιο μέγεθος που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο τύπο εσχάρων. Το υλικό που κατακρατείται στην επιφάνεια των εσχάρων απομακρύνεται κατά διαστήματα για να αποφεύγεται η έμφραξη (βούλωμα) των ανοιγμάτων. Η απομάκρυνση αυτή είναι δυνατόν να γίνεται με το χέρι (χειρονακτικά καθαριζόμενες εσχάρες) ή με μηχανικά μέσα (μηχανικά καθαριζόμενες εσχάρες).

Ο χειρονακτικός καθαρισμός γίνεται με τη βοήθεια τσουγκράνας ενώ ο μηχανικός καθαρισμός γίνεται με την βοήθεια διαφόρων μηχανικών ξεστρών ή χτενιών ή βουρτσών και σε μερικές περιπτώσεις υποβοηθείται και με ψεκασμό νερού υπό πίεση. Ο μηχανικός καθαρισμός των σταθερών εσχάρων είναι δυνατό να γίνεται με εμπλοκή του μηχανικού καθαρισμού είτε από το εμπρόσθιο μέτωπο της εσχάρας είτε από το οπίσθιο.

Οι εσχάρες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τις μεταξύ αποστάσεις των ράβδων από τις οποίες αποτελούνται. Έτσι έχουμε τις χονδρές εσχάρες(40 έως 150 mm), τις μεσαίες εσχάρες(5 έως 40mm) και τις λεπτές εσχάρες με ανοίγματα μικρότερα των 5 mm. Στις λιμνοδεξαμενές, για την απομάκρυνση των φερτών χρησιμοποιούνται συνήθως χονδρές εσχάρες, λόγω της αναμενόμενης συμπαράσυρσης χονδρόκοκκου υλικού.

Οι **χονδρές εσχάρες** κατασκευάζονται με μεταλλικές ράβδους που έχουν ορθογωνική, κυκλική ή τραπεζοειδή διατομή. Τα ανοίγματα μεταξύ των ράβδων εξαρτώνται από τις κατάντη διατάξεις που επιχειρείται να προστατευθούν και κυμαίνονται, όπως προαναφέρθηκε, από 40 έως 150 mm. Το υλικό κατασκευής είναι συνήθως κοινός χάλυβας αν και είναι προτιμότερα ο ανοξείδωτος χάλυβας ή το αλουμίνιο. Οι χονδρές εσχάρες που καθαρίζονται χειρονακτικά τοποθετούνται συνήθως με κλίση 30° έως 60° ως προς τον

οριζόντιο(όσο πιο μικρή είναι η κλίση τόσο διευκολύνεται ο καθαρισμός με τσουγκράνα). Οι μηχανικά καθαριζόμενες εσχάρες τοποθετούνται στο κανάλι με μεγαλύτερη κλίση ως προς την οριζόντιο απ' ό τι οι εσχάρες που καθαρίζονται με το χέρι. Η κλίση αυτή είναι συνήθως στην περιοχή 70° έως 90° (Τσώνης 2004).

3.10.2 Διώρυγα μεταφοράς νερού

Πρόκειται για ανοικτό αγωγό ο οποίος δέχεται τα νερά που συγκρατούνται από την εσχάρα και τα οδηγεί σε δεξαμενή καθιζήσεως. Οι διαστάσεις αυτής και γενικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά της υπολογίζονται βάσει της παροχής που θα εισρέει σε αυτή, προερχόμενη από την εσχάρα .Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στον καθορισμό της κατά μήκος κλίσης της διώρυγας ώστε να μην αναπτύσσεται ροή που είναι ικανή να προκαλέσει διάβρωση του πυθμένα ή των πλευρικών τοιχωμάτων στη διάρκεια του χρόνου.



Εικ. 6. Διώρυγα μεταφοράς υδάτων προς τη λιμνοδεξαμενή.

Τα έργα κατασκευής του **προσαγωγού (Εικόνα 6)**, γενικά, δεν είναι σημαντικά και περιορίζονται στην εκσκαφή για την προστασία του σωλήνα ή της διώρυγας και τυχόν τεχνικά στις διασταυρώσεις με ρέματα. Επίσης απαιτείται τεχνικογεωλογική αναγνώριση της διαδρομής για να αποφευχθούν περιοχές κατολισθήσεων ή καταπτώσεων και να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα προστασίας. Επιδιώκεται πάντα η εξεύρεση της πλέον οικονομικής και τεχνικά απλής διαδρομής του έργου προσαγωγής του νερού. Όταν η λιμνοδεξαμενή τροφοδοτείται από τη βασική ροή του χειμάρρου προτιμάται κλειστός αγωγός. Όταν υπάρχει ανάγκη εκμετάλλευσης τμήματος των πλημμυρικών παροχών προτιμάται η ανοικτή διώρυγα.

3.10.3 Δεξαμενή καθίζσεως

Η ποσότητα νερού που μεταφέρεται από τη διώρυγα περιέχει αρκετά μεγάλο ποσοστό λάσπης το οποίο βρίσκεται σε αιωρούμενη μορφή καθώς και άλλα μεγαλύτερα σώματα τα οποία δεν είναι δυνατόν να συγκρατηθούν από την εσχάρα όπως πολύ μικροί χάλικες και άμμος. Τα υλικά αυτά δεν πρέπει να μεταφέρονται στην λιμνοδεξαμενή διότι οδηγούν βαθμιαία στη μείωση του ωφέλιμου όγκου της και ταυτόχρονα αλλοιώνουν την ποιότητα του νερού. Ο διαχωρισμός των σωματιδίων αυτών από το νερό επιτυγχάνεται μέσω των δεξαμενών καθίζησης. Η καθίζηση είναι μια φυσική διεργασία κατά την οποία επιτυγχάνεται διαχωρισμός αιωρούμενου υλικού με τη βαρύτητα.

3.10.3.1 Τύπος καθίζησης δεξαμενής

Ο σχεδιασμός των δεξαμενών καθίζησης εξαρτάται από τον τύπο, τη συγκέντρωση και την συμπεριφορά του αιωρούμενου υλικού που πρόκειται να διαχωριστεί. Διακρίνουμε γενικά τέσσερις διαφορετικούς τύπους καθίζησης. Ο τύπος καθίζησης που χρησιμοποιείται στις λιμνοδεξαμενές είναι η **καθίζηση τύπου 1**.

Η καθίζηση τύπου 1 ή καθίζηση διακεκριμένων σωματιδίων παρατηρείται σε περιπτώσεις όπου πρόκειται για μικρές συγκεντρώσεις σωματιδίων τα οποία καθιζάνουν ως διακεκριμένες οντότητες, δηλαδή χωρίς να σχηματίζουν συσσωματώματα ή άλλου τύπου ενότητες με άλλα σωματίδια (Τσώνης, 2004).

3.10.3.2 Ιδανική δεξαμενή καθίζησης

Σε μία ορθογωνική δεξαμενή καθίζησης οριζόντιας ροής τα αιωρούμενα στερεά που καθιζάνουν φτάνουν στον πυθμένα της δεξαμενής απ' όπου και απομακρύνονται στη συνέχεια. Η κλασσική θεωρία των Hazen (1904) και Camp (1946) βασίζεται στη διάκριση μιας **ιδανικής ζώνης καθίζησης** που είναι ελεύθερη από διαταραχές λόγω συνθηκών εισόδου και εξόδου. Στη ζώνη αυτή θεωρείται ότι γίνεται ελεύθερη καθίζηση διακεκριμένων σωματιδίων με την οριακή τους ταχύτητα κατω από συνθήκες ηρεμίας. Η παροχή θεωρείται σταθερή και η οριζόντια ταχύτητα του υγρού είναι η ίδια παντού μέσα στη ζώνη καθίζησης. Ακόμα θεωρείται ότι τα σωματίδια εισέρχονται στη δεξαμενή ομοιόμορφα κατανεμημένα κατά το πλάτος και βάθος του μετώπου εισόδου και ότι τα σωματίδια που φτάνουν στη ζώνη ιλύος δεν επαναιωρούνται.

Επίσης σε μια δεξαμενή καθίζησης διακρίνουμε τη ζώνη εισόδου, τη ζώνη εξόδου και τη ζώνη ιλύος. **Στη ζώνη εισόδου** γίνεται ομοιομορφοποίηση της ροής κατά την έννοια του πλάτους και του βάθους της δεξαμενής. Η ροή του νερού καθώς αφήνει τη ζώνη εισόδου είναι οριζόντια και κατευθύνεται προς την έξοδο της δεξαμενής. **Στη ζώνη ιλύος** γίνεται απόθεση των αιωρούμενων στερεών και εφ' όσον αιωρούμενα στερεά φτάσουν στη ζώνη ιλύος παραμένουν εκεί(χωρίς να επαναιωρούνται). Από **τη ζώνη εξόδου** γίνεται ομοιόμορφη υπερχειλίση του καθιζημένου υγρού σε όλο το πλάτος της δεξαμενής (Τσώνης, 2004).

3.10.4 Θάλαμος Υδροληψίας

Πρόκειται για δεξαμενή μικρών διαστάσεων, η οποία αποδέχεται το νερό με έργο εισόδου αφού πλέον αυτό είναι απαλλαγμένο τόσο από χονδρόκοκκα υλικά (Εσχάρα) όσο και από λεπτόκοκκα υλικά (Δεξαμενή καθίζησης) και στη συνέχεια αυτό οδηγείται μέσω συστημάτων μεταφοράς στη λιμνοδεξαμενή.



Εικ. 7α. Έργα εισόδου υδάτων στη λιμνοδεξαμενή



Εικ. 7β. Έργα εισόδου υδάτων στη λιμνοδεξαμενή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΗ ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗ ΜΗΘΥΜΝΑΣ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΛΕΣΒΟΥ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό αξιοποιούνται στοιχεία από την μελέτη με τίτλο "ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗ ΜΗΘΥΜΝΑΣ ΝΗΣΟΥ ΛΕΣΒΟΥ", η οποία πραγματεύεται τον σχεδιασμό και την κατασκευή Λιμνοδεξαμενής στο Β.Δ τμήμα της νήσου Λέσβου και συγκεκριμένα στην περιοχή Μήθυμνα. Παρουσιάζονται με σειρά τα στοιχεία της μελέτης με σκοπό αποκλειστικά εκπαιδευτικό, προκειμένου να κατανοηθεί η πορεία και τα βήματα της μελέτης ενός πραγματικού έργου ανάλυσης και σχεδιασμού, όπως αυτό της Λ/Ξ Μήθυμνας.

Η Υδραυλική Μελέτη της Λ/Ξ Μήθυμνας, ανατέθηκε από την Διεύθυνση Τεχνικών Μελετών Κατασκευών (Δ.Τ.Κ.Μ), του Υπουργείου Γεωργίας και υλοποιήθηκε από το Υδραυλικό Γραφείο Μελετών "Σ. Φραγκιάδη - Κ. Αποστολίδη Ε.Ε." με την συνεργασία και άλλων ειδικοτήτων Μελετητών, δηλαδή Γεωτεχνικών, Γεωλόγων, Τοπογράφων και Περιβαλλοντολόγων.

Η Δ.Τ.Κ.Μ. του Υ.Γ. ήταν η Προϊστάμενη Αρχή για το διάστημα της κατασκευής του έργου, ενώ Διευθύνουσα του Έργου, ήταν η Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων (Υ.Ε.Β.) του ίδιου Υπουργείου, με έδρα την Μυτιλήνη.

Στα ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΓΕΩΕΡΕΥΝΑΣ - Ο.Τ.Μ. Ε.Π.Ε." ανατέθηκαν από το Υπουργείο Γεωργίας χρέη "Τεχνικού Συμβούλου (Τ.Σ.) σε θέματα Ποιοτικού Ελέγχου των γεωτεχνικών και λοιπών εργασιών", με την Απόφαση Ιδιωτικό Συμφωνητικό - Ι.Σ. 146967/20β/414/23-12-1992. Διευκρινίζεται ότι, με την ίδια Σύμβαση, καλύπτονται παρόμοια καθήκοντα Τ.Σ. και για την Λ/Ξ ΚΕΡΑΜΙ, στην περιοχή ΚΑΛΟΝΗΣ, σε απόσταση 30 χλμ. από την Λ/Ξ ΜΗΘΥΜΝΑΣ, για την οποία συνετάγει ανεξάρτητη, αντίστοιχη Τελική Έκθεση, όπως και γι' αυτή την Λ/Ξ.

Ανάδοχος κατασκευής του έργου ήταν αρχικά η Τεχνική Εταιρία "ΚΑΣΤΩΡ Α.Ε." , ενώ η ολοκλήρωση του έργου έγινε μεταγενέστερα από την Εταιρεία ΑΡΓΩ Α.Ε., αλλά με περίπου την ίδια αρχική, κατασκευαστική ομάδα.

Οι βασικές εργασίες στον χώρο της Λ/Ξ, άρχισαν τον Μάιο του 1993 και ο μεγαλύτερος όγκος των εργασιών είχε ολοκληρωθεί μέχρι τον Ιούνιο του 1995.

Η τεχνική έκθεση που αξιοποιείται για εκπαιδευτικούς σκοπούς στο παρόν κεφάλαιο αποτελεί την Τελική Έκθεση του Τεχνικού Συμβουλίου, όπως προβλέπεται στην Παρά. 2.5 του Ι.Σ. Σ' αυτήν δίνεται περιληπτική περιγραφή των εργασιών, καθώς και η τελική περιγραφή των έργων "όπως κατασκευάσθηκαν", επισημαίνονται οι διαφοροποιήσεις ή οι προσθήκες που έγιναν στην αρχική Μελέτη, δίνονται συνοπτικοί πίνακες και διαγράμματα με τα αποτελέσματα των "επί τόπου" μετρήσεων και των γεωτεχνικών δοκιμών Ποιοτικού Ελέγχου και συνάγονται τελικά συμπεράσματα για την ποιότητα των κατασκευών.

4.2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η εξωποτάμια λιμνοδεξαμενή Μήθυμνας βρίσκεται στο Β.Δ τμήμα της νήσου Λέσβου, σε απόσταση 3χλμ Ν.Α από την ομώνυμη κωμόπολη Μήθυμνας και 2,5 χλμ από την κωμόπολη της Πέτρας.

Σκοπός της κατασκευής της είναι η ύδρευση αυτών των 2 κωμοπόλεων και η άρδευση των πεδινών εκτάσεών τους.

Η Χωρητικότητα της Λ/Ξ είναι περίπου 600.000 m³ και η έκταση την οποία καταλαμβάνει είναι 140 στρέμματα. Η Τροφοδοσία της γίνεται από 3 επιφανειακά υδατορεύματα εκ των οποίων τα δύο βρίσκονται ανατολικά και το τρίτο νότια του χώρου της Λ/Ξ, με την κατασκευή αντιστοιχών έργων Υδροληψίας και Τροφοδοτικών Αγωγών, συνολικού μήκους περίπου 4.000μ.

4.3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΚΑΤΑΚΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΙΠΩΝ ΕΡΓΩΝ

Οι λιθολογικοί σχηματισμοί που συνθέτουν την γεωλογική εικόνα του χώρου της Λ/Ξ καθώς και των βοηθητικών έργων της, αποτελούνται κυρίως από έκχυτα Ηφαιστειακά Πετρώματα, τα οποία έχουν ένα σημαντικό βάθος μέχρι 200μ. και δομούν το γεωλογικό υπόβαθρο της ευρύτερης περιοχής. Επίσης υπάρχουν Τεταρτογενείς Αποθέσεις, σε μικρό πάχος, (5,0 - 6,0 μ.), οι οποίες υπέρκεινται του προηγούμενου σχηματισμού. Στη συνέχεια περιγράφονται συνοπτικά αυτοί οι Γεωλογικοί Σχηματισμοί.

4.3.1 Ηφαιστειακά Πετρώματα

Στα **Ηφαιστειακά πετρώματα** ανήκουν, κατά κανόνα, όξινες Ανδεσιτικές- Λατατικές λάβες, η έκχυση των οποίων έλαβε χώρα, πιθανότατα κατά το Πλειόκαινο. Παρουσιάζουν μεγάλη εξάπλωση σε όλους τους λοφίσκους, οι οποίοι περιβάλλουν τον χώρο της Λ/Ξ και αναπτύσσονται καθολικά βαθύτερα από τις Τεταρτογενείς αποθέσεις, που αποτελούν τα υλικά πλήρωσης της κοιλαδογενούς λεκάνης.

Ως προς την φύση τους, αυτά τα ηφαιστειακά πετρώματα είναι συμπαγή, αλλά εμφανίζουν μέτρια ανθεκτικότητα στους διαβρωτικούς και αποσαθρωτικούς μηχανισμούς. ταυτόχρονα, εμφανίζουν μεγάλη κατάτμηση της μάζας τους για τεκτονικούς λόγους, προς άτακτες κατευθύνσεις. Οι διαρρήξεις αυτές, είναι μερικές φορές γεμισμένες δευτερογενώς, ορισμένες φορές όμως είναι αμιγείς, έτσι ώστε η Διαπερατότης να είναι μεγάλη. Η κατάτμηση της μάζας είναι κυμαινόμενη, εκεί όμως που είναι εντονότερη, ο σχηματισμός εξορύσσεται ευκολότερα σε ακανόνιστα τεμάχια, μεταβλητών διαστάσεων από λεπτούς χάλικες και Ογκολίθους.

4.3.2 Τεταρτογενείς Αποθέσεις

Στις Τεταρτογενείς Αποθέσεις περιλαμβάνονται οι νεώτεροι εδαφικοί σχηματισμοί, που υπέρκεινται των ηφαιστειακών πετρωμάτων και οι οποίοι δημιουργήθηκαν από την αποσάθρωσή τους. Ανάλογα με την σύσταση και τον τρόπο σχηματισμού τους, διακρίνονται σε 3 υποκατηγορίες.

4.3.2.1 Αλούβια

Είναι υλικά "μικτής" φάσης (χειμαρικές αποθέσεις ή/και χερσαίας προέλευσης), πολύ μικρού πάχους, που αποτελούνται κυρίως από γωνιώδη ηφαιστειακά τεμάχια, αναμειγμένα με χαλίκια, άμμο και αργιλοϊλύ.

4.3.2.2 Μανδύας Αποσάθρωσης

Εμφανίζεται στα χαμηλότερα τμήματα των ηφαιστειακών, λοφωδών εξάρσεων που περιβάλλουν τη Λεκάνη Κατάκλυσης της Λ/Ξ καθώς και στον περιβάλλοντα χώρο και αποτελείται κυρίως από λεπτόκοκκα εδάφη, αργίλους και λίγα αμμοχάλικα, που κατά θέσεις υπερκαλύπτουν το υπάρχον μητρικό πέτρωμα.

4.3.2.3 Σύγχρονα Υλικά των Χειμάρρων

Εμφανίζονται κατά μήκος των κοιτών στους 3 χειμάρρους υδροληψίας του έργου, καθώς και στον μικρό χειμάρρο που διέρχεται μέσα στη Λεκάνη Κατάκλυσης. Αποτελούνται από άμμους, κροκάλες και αργιλικά υλικά. Το "μικρό" πάχος τους (2μ. μέγιστο) και οι ενυπάρχουσες, πλαστικές, αργλικές προσμίξεις, τα καθιστούν "ακατάλληλα", τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά, για την χρήση τους ως υλικών Στραγγιστικών Στρώσεων, εφ' όσον μάλιστα η δυνατότητα έκπλυσής τους, για την απομάκρυνση των "ανεπιθύμητων" λεπτόκοκκων συστατικών, φαίνεται να είναι πρακτικά ανεφάρμοστη και αντιοικονομική μέθοδος.

4.4 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Οι ιδιοκτήτες του χώρου της Λ/Ξ, δεν επέτρεπαν αρχικά την εκσκαφή Ερευνητικών Φρεάτων για τις ανάγκες της γεωτεχνικής έρευνας από την "ΥΔΡΟΕΡΕΥΝΑ Α.Ε" κατά την Προκαταρκτική και Οριστική φάση της Μελέτης του πρώτου τριμήνου του 1992, με αποτέλεσμα να 'στηριχτούν αυτές οι μελέτες σε "υποθετικά" στοιχεία, από αντίστοιχες έρευνες που έγιναν στις ανάντη και κατάντη περιοχές της Λ/Ξ, όχι όμως στην ίδια την Λ/Ξ, με την αναγκαία παραδοχή ότι οι συνθήκες του υπεδάφους στον χώρο της Λ/Ξ, δεν θα διαφέρουν ουσιωδώς από τις συνθήκες στις διερευνηθείσες περιοχές που περιβάλλουν την Λ/Ξ.

4.4.1 Συμβατικές Παράμετροι Γεωτεχνικού Σχεδιασμού

Σ' αυτή την παράγραφο, κρίνεται σκόπιμο να δοθούν αυτούσιες οι αρχές εδαφοτεχνικού σχεδιασμού της Λ/Ξ για εκπαιδευτικό σκοπό, όπως περιέχονται στο Τεύχος 4: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ της Μελέτης ΦΡΑΓΚΙΑΔΗ -ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗ, του Μαρτίου 1992.

4.4.1.1 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας έκθεσης είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης ευστάθειας που έγινε για το ανάχωμα της λιμνοδεξαμενής στην Μήθυμνα Λέσβου. Η μελέτη ευστάθειας βασίστηκε σε εκτιμήσεις παραμέτρων από τα αποτελέσματα μιας περιορισμένης εδαφοτεχνικής έρευνας (που εκτελέστηκε έξω από την περιοχή της λιμνοδεξαμενής, λόγω άρνησης των ιδιοκτητών της άμεσης περιοχής να επιτρέψουν ερευνητικές εργασίες εκεί), όπως παρουσιάζονται στην αντίστοιχη εδαφοτεχνική έκθεση.

Ως εκ τούτου, η ανάλυση ευστάθειας του αναχώματος, που παρουσιάζεται στη συνέχεια, θεωρείται προκαταρκτική, θα πρέπει δε να επιβεβαιωθεί με ερευνητικές εργασίες στην άμεση περιοχή του έργου μετά την ολοκλήρωση των διαδικασιών απαλλοτρίωσης ή στην φάση της κατασκευής.

4.4.1.2 Γενικά Στοιχεία Σχεδιασμού Αναχώματος

4.4.1.2.1 Η λιμνοδεξαμενή και το ανάντη πρανές του αναχώματος θα καλυφθούν, σύμφωνα με την σχετική μελέτη με αδιαπέρατη μεμβράνη. Επομένως, σε κανονική λειτουργία δεν υφίσταται πρόβλημα στεγανότητας του αναχώματος, αλλά απαιτείται επαρκής ασφάλεια σε συνήθη τακτική, καθώς και σε δυναμική φόρτιση. Τα υλικά και ο τρόπος κατασκευής θα πρέπει να παρέχουν επίσης ικανοποιητική ασφάλεια έναντι θραύσης και καταστροφής του αναχώματος και στη περίπτωση αστοχίας της μεμβράνης του ανάντη πρανούς, που θα είχε σαν αποτέλεσμα την δημιουργία δικτύου ροής στο σώμα.

4.4.1.2.2 Για την κατασκευή του αναχώματος, της ζώνης καθώς και για το πλευρικό ανάχωμα του αριστερού αντερείσματος, απαιτούνται, σύμφωνα με χοντρική εκτίμηση 130.000 m³ υλικού. Από την εκσκαφή - διαμόρφωση της λεκάνης κατάκλυσης και από τις εκσκαφές στην περιοχή έδρασης του αναχώματος, εκτιμάται ότι θα εξασφαλιστούν 160.000 m³ περίπου υλικού.

Δεν διερευνήθηκαν τα εδαφικά υλικά από τις παραπάνω περιοχές, που προορίζονται για την κατασκευή, αλλά εκτιμάται, από την έρευνα στην ευρύτερη περιοχή, ότι αυτά θα είναι κυρίως αργιλοϊλύδη αμμοχάλικα και κροκάλες, αργιλοαμμώδη υλικά με θραύσματα ηφαιστειακών πετρωμάτων και ηφαιστίτες.

4.4.1.2.3 Ο ακριβής προσδιορισμός της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους στην περιοχή έδρασης του αναχώματος δεν είναι δυνατός, λόγω ανεπάρκειας στοιχείων (μη διερεύνηση του υπεδάφους της άμεσης περιοχής). Ο σχεδιασμός και οι αναλύσεις ευσταθείας του αναχώματος θα γίνουν με βάση παραδοχή, σύμφωνα με την οποία το υπέδαφος είναι παρόμοιο με αυτό που συναντήθηκε στις ερευνηθείσες εκτός της άμεσης περιοχής του έργου φυσικές τομές του εδάφους και με μηχανικές ιδιότητες τουλάχιστον ισότιμες με εκείνες των διερευνηθέντων υλικών.

Η παραπάνω παραδοχή στηρίζεται στην γενικότερη γεωλογική μελέτη και στην εκτίμηση ότι το υπόβαθρο (ηφαιστειακά πετρώματα) βρίσκεται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια που θα πρέπει δε να επιβεβαιωθεί σε επόμενη φάση του έργου

4.4.1.2.4 Στη ζώνη έδρασης του αναχώματος προβλέπεται η αντικατάσταση του επιφανειακού εδάφους σε βάθους 1 m περίπου με αμμοχαλικώδες υλικό που θα ικανοποιεί τα κριτήρια φίλτρου.

4.4.1.2.5 Η στέψη μήκους 257 m. και πλάτους 4 m. του κυρίως αναχώματος θα κατασκευασθεί σε υψόμετρο +73.00 και η ανώτατη στάθμη του ταμιευτήρα θα φθάνει σε υψόμετρο +72.10 m. Το ανάντη πρανές του αναχώματος θα διαμορφωθεί με κλίση 1:3.5. Η κλίση αυτή καθαρίζεται από τις απαιτήσεις για την τοποθέτηση της μεμβράνης. Η κλίση του κατόντη πρανούς που ορίστηκε αρχικά σε 1:3, παρέχει ικανοποιητικούς συντελεστές

ασφαλείας για τις περισσότερες περιπτώσεις δυσμενούς φόρτισης του αναχώματος και προτείνεται να διατηρηθεί.

4.4.1.2.6 Στην Εδαφοτεχνική Έκθεση προτείνεται, εφ' όσον απαιτηθεί πρόσθετη ασφάλεια, η κατασκευή πρίσματος από αμμοχαλικώδες υλικό φίλτρου στο κατάντη πρανές του αναχώματος, ή πρίσματος ποδός με υλικό φίλτρου. Από τις αναλύσεις ευστάθειας και με τις παραδοχές μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών που αναφέρονται παραπάνω και που υπόκεινται σε επιβεβαίωση, δεν προκύπτει τέτοια ανάγκη, συνιστάται όμως η επικάλυψη του κατάντη πρανούς με στρώση από διαβαθμισμένο αμμοχαλικώδες υλικό, των αυτών ιδιοτήτων αλλά χωρίς τις απαιτήσεις διαβάθμισης φίλτρου για την αποφυγή ζημιών από διάβρωση του πρανούς (νερά βροχής) ή/και από ζώα (τρωκτικά κ.ά.).

4.4.2 Συμπληρωματική Γεωτεχνική Έρευνα και Μελέτη (Σ.Γ.Ε.Μ)

Για την επιβεβαίωση των γεωτεχνικών συνθηκών στον χώρο της Λ/Ξ, ο Τεχνικός Σύμβουλος, σε συνεργασία με τον Ανάδοχο του έργου και με την έγκριση της Υπηρεσίας, και αφού είχαν μερικώς περιορισθεί οι αντιρρήσεις των Ιδιοκτητών της περιοχής, μερικούς μήνες μετά την έναρξη κατασκευής του έργου, δηλαδή μέχρι το τέλος του 1992, εκτέλεσε Συμπληρωματική Γεωτεχνική Έρευνα και Μελέτη (Σ.Γ.Ε.Μ.), για την διερεύνηση των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή των διαφόρων τμημάτων της Λ/Ξ και των γεωτεχνικών σχηματισμών επί των οποίων θα εδράζονται αυτές οι κατασκευές.

Κατά την διάρκεια της Σ.Γ.Ε.Μ., έγινε Εκσκαφή 13 Ερευνητικών Φρεάτων (Ε.Φ.), εκ των οποίων τα Φ1 έως Φ3 έγιναν στον Άξονα του Αναχώματος, για να ελεγχθεί η έδραση του αναχώματος, τα Φ5 έως Φ10 έγιναν στην Λεκάνη Κατάκλυσης, για να ελεγχθεί η ποιότητα των εκσκαφών για την χρήση τους στην κατασκευή των αναχωμάτων, το Φ4 έγινε στον βραχώδη σχηματισμό του νότιου πρανούς της Λεκάνης Κατάκλυσης, για να ελεγχθεί η εκσκαψιμότητα του σχηματισμού και τα Φ11 έως Φ13 έγιναν μακριά από την Λ/Ξ, δηλαδή στις περιοχές ΦΟΥΡΚΕΤΑ, ΠΕΤΡΙ και ΠΕΤΣΟΦΑ σε Απόσταση από την Λ/Ξ 1,0 χλμ. - 6,0 χλμ. και 20,0 χλμ. αντίστοιχα, για τον εντοπισμό υλικών κατασκευής του Υπό-Επιστρώματος της μεμβράνης.

Από τα αποτελέσματα αυτών των δοκιμών προέκυψε μερική αντιστοιχία μεταξύ, των «εικαζομένων» γεωτεχνικών παραμέτρων για το υπέδαφος του χώρου της Λ/Ξ, που είχαν γίνει από τους Μελετητές το 1992 με πληροφορίες από έρευνες «γύρω» από την Λ/Ξ, και των «πραγματικών» γεωτεχνικών παραμέτρων που προσδιορίστηκαν το 1993 στην Σ.Γ.Ε.Μ. του Τ.Σ., από τον χώρο «μέσα» στην Λ/Ξ, όπως περιγράφονται στην συνέχεια.

4.4.2.1 Από το παραταθέν, αυτούσιο, Συμβατικό κείμενο της προηγούμενης Παρα. 4.4.1, φαίνεται ότι στην αρχική μελέτη, ανεμένετο ότι το υπέδαφος στο χώρο έδρασης του κύριου Αναχώματος της Λ/Ξ θα είχε χαρακτηριστικά Αμμοχάλικου ($\phi'=350$, $c = 0t/m^2$, $\gamma_d=2,0t/m^3$, ενώ από την Σ.Γ.Ε.Μ. διαπιστώθηκε η επικράτηση λεπτόκοκκων εδαφών, δηλαδή Αργίλος, υψηλής κυρίως πλαστικότητας, με υψηλή φυσική υγρασία και με λίγες προσμίξεις άμμου.

4.4.2.2 Το πάχος αυτού του αργλικού μανδύα, που υπέρκειται του βραχώδους, ηφαιστειακού υποβάθρου, διαπιστώθηκε ότι δεν είναι σταθερό, δηλαδή 1,00 μ., όπως είχε υποθεθεί στην Αρχική Μελέτη, αλλά ότι διακυμαίνεται από 0 έως 3,5 μ. και κατά συνέπεια η προβλεπόμενη συμβατικά Εξυγιαντική Στρώση από Αμμοχάλικο με χαρακτηριστικά Φίλτρου, ενιαίου

πάχους 1,00 μ., θα εδράζεται, κατά θέσεις, σε αργιλική στρώση, συμπιεστή λόγω της υψηλής υγρασίας της και της χαλαρής απόθεσής της.

4.4.3 Τροποποιήσεις του Αρχικού Γεωτεχνικού Σχεδιασμού

Για τους προηγούμενους λόγους, μετά από σύμφωνη γνώμη της Υπηρεσίας με τους Αναδόχους της Μελέτης, τον Ανάδοχο Κατασκευής και με τον Τεχνικό Σύμβουλο, αποφασίστηκε στις 02/07/93, να γίνουν ορισμένες, αναγκαίες, κατασκευαστικές τροποποιήσεις στον αρχικό συμβατικό σχεδιασμό και στις προδιαγραφές του έργου, ως ακολούθως:

4.4.3.1 Αντικατάσταση της Εξυγιαντικής Στρώσεως από αμμοχάλικο με ιδιότητες Φίλτρου - όπως προβλέπεται στην συμβατική Προδιαγραφή, στην έδραση του κυρίου Αναχώματος, πάχους 1,0 μ., η οποία και αντικαθιστούσε το αργιλικό έδαφος σ' αυτό το πάχος - με τυχαίο βραχώδες υλικό, μεταβλητού πάχους, δηλαδή, μέχρι συναντήσεως του βραχώδους, ηφαιστειακού, υποβάθρου.

4.4.3.2 Παρεμβολή Μη Υφαντού Γεωφάσματος Διαχωρισμού και Στράγγισης στην διεπιφάνεια μεταξύ της άνω στρώσεως του προηγούμενου βραχώδους υλικού εξυγιάνσης και της κάτω στρώσεως των υπερκείμενων λεπτοκόκκων εδαφών κατασκευής του κυρίου αναχώματος.

4.4.3.3 Διεύρυνση των αποδεκτών τιμών των Ορίων Atterberg για τα υλικά κατασκευής των Αναχωμάτων (για τον Τύπο 1), από την συμβατικά προβλεπόμενη τιμή Ορίου Υδαρότητας LL <50%, σε τιμή LL <60%.

4.4.3.4 Η συμβατική πρόβλεψη για την προέλευση, τόσο του υλικού Φίλτρου όσο και του υλικού Υποστρώματος - Επιστρώματος από τον ίδιο Δανειοθάλαμο, διαχωρίστηκε, έτσι ώστε, το βραχώδες υλικό για την «παραγωγή» του Φίλτρου να προέρχεται από τον Λόφο ΜΠΑΛΙΑΚΑ και το υλικό του Υπό - Επιστρώματος της Μεμβράνης να προέρχεται από την περιοχή ΦΟΥΡΚΕΤΑΣ σε απόσταση 1,0 χλμ. από την Λ/Ξ. Σημειώνεται, πάντως, ότι κατά την διάρκεια κατασκευής του έργου, οι «όψιμες» αντιρρήσεις των Ιδιοκτητών της περιοχής ΦΟΥΡΚΕΤΑΣ και η έλλειψη χρόνου για πρόσθετη διερεύνηση εναλλακτικής πηγής παρόμοιου υλικού, «υποχρέωσαν» όλους τους ασχολούμενους με το θέμα, να αποδεχθούν αναγκαστικά την χρήση υλικού, κατ' αρχήν παρόμοιου με της περιοχής ΦΟΥΡΚΕΤΑΣ, το οποίο βρέθηκε σε ορισμένες θέσεις των εκσκαφών του πυθμένα της ίδιας της Λ/Ξ.

4.5. ΚΥΡΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ Λ/Ξ ΜΗΘΥΜΝΑΣ

Το σύνολο των εργασιών κατασκευής της Λ/Ξ, με βάση τη μελέτη, διακρίνεται στα ακόλουθα, επιμέρους, τμήματα:

- Κύριο Ανάχωμα
- Περιμετρικά Αναχώματα
- Πυθμένας Λ/Ξ
- Σύστημα Αποστράγγισης

- Στεγανοποίηση της Λ/Ξ
- Υπόστρωμα - Επίστρωμα Μεμβράνης

4.5.1 Κύριο Αναχώμα

Το Κύριο Αναχώμα της Λ/Ξ έχει συνολικό μήκος 300 μ. και μέγιστος ύψος 13 μ., προβλεπόμενα δε συμβατικά να κατασκευαστεί μετά από διαλογή μέρους των προϊόντων εκσκαφών της Λ/Ξ. Ο συνολικός του όγκος ήταν 115.000 μ³ περίπου. Η κλίση πρανών προεβλέπετο να είναι 1:3,5 για το εσωτερικό πρανές και 1:3,0 για το εξωτερικό πρανές.

4.5.1.1 Θεμελίωση Κυρίου Αναχώματος

Οι προκαταρκτικές εργασίες για την Θεμελίωση του Αναχώματος, άρχισαν την περίοδο του Απριλίου - Ιουνίου 1993, και περιλαμβάνουν τόσο την εκσκαφή και απομάκρυνση των Φυτικών Γαιών, μέσου πάχους 0,50 μ., όσο και του υποκείμενου αργιλικού εδάφους, αλλά σε όλο το πάχος του, δηλαδή μέχρι την συνάντηση του βραχώδους υποβάθρου. Υπενθυμίζεται η τροποποίηση της συμβατικής προδιαγραφής για το θέμα αυτό, η οποία προέβλεπε εκσκαφή και εξυγίανση με αμμοχάλικο της έδρασης του Αναχώματος, μόνο μέχρι βάθους 1.0μ. Τα υλικά εκσκαφών, μεταφέρονταν και αποθηκεύονταν σε συγκεκριμένη περιοχή της Λεκάνης Κατάκλυσης για την ενδεχόμενη, μεταγενέστερη, χρήση τους.

Επιπρόσθετα κατά τη διάρκεια της Σ.Γ.Ε.Μ. ο Ανάδοχος του έργου, έσκαψε 33 Ερευνητικά Φρέατα (Ε.Φ.) στον χώρο της Λ/Ξ, σε 3 παράλληλους άξονες, δηλαδή κατά μήκος του κεντρικού άξονα του αναχώματος καθώς και σε 2 άλλους παράλληλους προς αυτόν άξονες, 25,0 μ. ανάντη και 30,0 μ. κατάντη του κεντρικού, για τον καθορισμό, τόσο του ακριβούς όγκου των εκσκαφών, όσο και του ανάγλυφου εμφάνισης του βραχώδους υποβάθρου. Από αυτή την διερεύνηση προέκυψε ότι το βραχώδες υπόβαθρο εμφανίζεται συνήθως σε βάθος μέχρι 1,0 μ. αλλά ότι υπάρχουν τουλάχιστον 2 υποπεριοχές κατά μήκος της έδρασης του Αναχώματος, με βάθος μέχρι 2,75 μ. (παλαιοκοίτες). Για αυτές τις υπό-περιοχές, προτάθηκε για λόγους ασφαλείας της έδρασης του Αναχώματος, η πλήρης απομάκρυνση του εδαφικού υλικού και η πλήρωσή τους με βραχώδες υλικό, με μέγιστο κόκκο 30,0 εκ. που θα προέκυπτε, είτε από την εξομάλυνση των βραχωδών εξάρσεων κατά την ισοπέδωση του πυθμένος της Λ/Ξ, είτε, ως παραπροϊόν κατά την διαδικασία της «παραγωγής» Φίλτρου.

Στην ανώτερη τελευταία στρώση αυτού του βραχώδους υλικού, τοποθετήθηκε Ισοπεδωτική Στρώση Λάβας από τον Δανειοθάλαμο «ΦΟΥΡΚΕΤΑΣ», για την ομαλοποίηση της επιφάνειας, επί της οποίας θα γινόταν η έδραση του αναχώματος. Στην διεπιφάνεια ισοπεδωτικού υλικού - εδάφους αναχώματος, τοποθετήθηκε μη Υφαντό Γεωύφασμα τύπου FIBERTEX, βάρους 200 gr/m².

4.5.1.2 Εδαφικά Υλικά Κατασκευής Κυρίου Αναχώματος

Το Έδαφος Κατασκευής του Αναχώματος, προέρχεται, από τις εκσκαφές διαμόρφωσης του πυθμένα της Λ/Ξ καθώς και από την περιοχή έδρασης του Ίδιου του Αναχώματος, μετά την αντικατάστασή του με βραχώδες υλικό, όπως προαναφέρθηκε.

Τα Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά των υλικών κατασκευής του κυρίου Αναχώματος, καθώς και τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των ίδιων υλικών προσδιορίστηκαν, τόσο κατά την Σ.Γ.Ε.Μ. του Τεχνικού Συμβούλου, όσο και από τους συμβατικά προβλεπόμενους ελέγχους κατά την διάρκεια της κατασκευής του έργου.

Το χρησιμοποιηθέν έδαφος για την κατασκευή του Αναχώματος είχε Διαβάθμιση αρκετά λεπτότερη από την Συμβατικά οριζόμενη. Αυτή η απόκλιση ήταν γνωστή, με βάση την Σ.Γ.Ε.Μ., πριν από την έναρξη κατασκευής του Αναχώματος, αλλά έγινε αποδεκτή, όχι μόνο γιατί δεν υπήρχε εναλλακτική λύση απόληψης υλικών, αλλά επειδή θεωρήθηκε ότι τα λεπτότερα των συμβατικών εδάφη, δεν δημιουργούν κανένα ποιοτικό πρόβλημα στην κατασκευή αυτού του υδραυλικού έργου.

Τα Όρια Atterberg των εδαφών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή του Αναχώματος, είχαν τιμές «κατά τι» υψηλότερες των συμβατικών, δηλαδή το Όριο Υδαρότητας έχει μέγιστη τιμή 58,0%, ενώ η συμβατική τιμή ήταν 50,0% και η εγκεκριμένη τιμή με την 134855/20β/2-7-93 Απόφαση ήταν 60,0%. Αυτή η «μικρή», αλλά αναγκαστική αύξηση της επιτρεπτής τιμής Ορίου Υδαρότητας θεωρήθηκε ότι δεν επηρεάζει αρνητικά την κατασκευή.

Από τους ελέγχους προέκυψε, γενικώς, ότι τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών κατασκευής του αναχώματος, πληρούν τις προδιαγραφές, με την εξαίρεση των αυξημένων τιμών του Ορίου Υδαρότητας, πέραν της συμβατικά προβλεπόμενης τιμής $LL < 50\%$. Αυτή, όμως, η αύξηση μέχρι της τιμής $< LL 60\%$ είχε εγκριθεί και εφαρμοσθεί «κατ' ανάγκη», για τους λόγους που αναλύθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

Τα υλικά κατασκευής του Αναχώματος χρησιμοποιήθηκαν με δύο βασικούς περιορισμούς:

- Την πλήρη απομάκρυνση από αυτά των φυτικών γαιών.
- Την αποφυγή χρησιμοποίησης βραχωδών τεμαχίων με διάσταση $> 20,0$ εκ.

Εξαίρεση ως προς την καταλληλότητα των προϊόντων εκσκαφής του πυθμένα της Λ/Ξ, αποτέλεσε η υποπεριοχή του φρέατος Φ5. Σε αυτή την υποπεριοχή εντοπίστηκε κατά την Σ.Γ.Ε.Μ., άργιλος πολύ υψηλής πλαστικότητας ($LL > 70\%$) και γι' αυτό το λόγο προτάθηκε και αποκλείστηκε αυτό το υλικό εκσκαφών, ως υλικό κατασκευής του κυρίου Αναχώματος.

4.5.1.3 Κατασκευή Κυρίου Αναχώματος

Μετά την απομάκρυνση του επιφανειακού εδαφικού μανδύα και του υποκείμενου υπεδάφους, μέχρι την συνάντηση του βραχώδους υποβάθρου και την επαναπλήρωση με βραχώδη προϊόντα και με υλικό λάβας από την περιοχή Φουρκέτα, και την τοποθέτηση του διαχωριστικού Γεωφάσματος, ξεκίνησε η κατασκευή του Αναχώματος.

Πριν από την χρήση των υλικών εκσκαφών στην κατασκευή του Αναχώματος, προηγείτο ο έλεγχος της Φυσικής Υγρασίας τους, καθώς και ο αποκλεισμός των Οργανικών ουσιών, της περιεκτικότητας Λίθων, με διάσταση $> 20,0$ εκ., κλπ., τόσο στον χώρο αποθήκευσης των υλικών, δηλαδή πριν την χρήση τους, όσο και κατά την διάρκεια κατασκευής του Αναχώματος.

Τα υλικά εκσκαφής του πυθμένα της Λ/Ξ, μετά την φόρτωση τους σε φορτηγά αυτοκίνητα, μεταφέρονταν στην θέση κατασκευής του Αναχώματος και μετά την εκφόρτωση, επακολουθούσε η διάστρωση τους με Προωθητήρα D8, σε στρώσεις χαλαρού πάχους 0,35 μ. Ακολουθούσε η τελική συμπύκνωσή τους με Κατσικοπόδαρο και στην συνέχεια η ισοπέδωσή τους με Ρόλλα.

Η Συμπύκνωση γινόταν με προκαθορισμένο αριθμό διελεύσεων των συμπυκνωτικών μηχανημάτων, αφού προηγουμένως, κατά την διάστρωση τους, είχε εξασφαλισθεί η ομοιομορφία των υλικών της κάθε στρώσεως. Επακολουθούσε ο έλεγχος του Βαθμού Συμπύκνωσης με την συμβατικά προβλεπόμενη μέθοδο «Κώνου και Άμμου». Μετά την συμπύκνωση και τον εργαστηριακό έλεγχο του αποδεκτού Βαθμού Συμπύκνωσης,

επακολουθούσε μηχανική αναμόχλευση της επιφάνειας του Αναχώματος σε βάθος 3,0 -5,0 εκ. ,διάστρωση της νέας στρώσεως κ.ο.κ.

Τονίζεται ότι η Φυσική Υγρασία των υλικών κατασκευής του Αναχώματος διακυμαινόταν την εποχή των εργασιών, από 15,0 - 24,0%, ενώ η μέση Βέλτιστη Υγρασία των υλικών είχε προσδιοριστεί επανειλημμένα περί την τιμή 19,0%. Με βάση αυτές τις τιμές ενεκρίθη η χρήση των υλικών στην κατασκευή του Αναχώματος, χωρίς προηγούμενη καθολική διαβροχή, παρά μόνο σε περιορισμένες περιπτώσεις σε συνδυασμό, βέβαια, και με την εφαρμογή της αναγκαίας "στατικό-δυναμικής μεθόδου συμπύκνωσης" με κατσκοπόδαρο.

4.5.1.4 Προστασία Εξωτερικού Πρανούς Αναχώματος

Με βάση την μελέτη το κύριο Ανάχωμα, κατασκευάστηκε μετά από «διαλογή» των εδαφών εκσκαφής και διαμόρφωσης της Λεκάνης Κατάκλυσης της Λ/Ξ. Τα πλεονάζοντα όμως και τα ακατάλληλα εδάφη, σύμφωνα με τις συμβατικές και τις τροποποιηθείσες προδιαγραφές, αποφασίστηκε να τοποθετηθούν με απλή διάστρωση στο εξωτερικό πρανές του κυρίου Αναχώματος, πάντοτε μέσα στο όριο της απαλλοτριωμένης ζώνης, έτσι ώστε να λειτουργούν και ως «αντίβαρο» αυτού του Αναχώματος.

Επιπλέον, με αυτή την λύση, επαυξήθηκε η προστασία του Αναχώματος από την «διαβρωτική» ενέργεια των επιφανειακών απορροών εκ των βροχοπτώσεων ή από την πιθανότητα διέλευσης ζώων (παρά την ύπαρξη περίφραξης) ή και από πιθανές ζημιές από τρωκτικά, μέσα από το σώμα του Αναχώματος.

4.5.1.5 Εδαφοτεχνικοί Έλεγχοι

Οι Εδαφοτεχνικοί Έλεγχοι, έγιναν σύμφωνα με την σύμβαση της μελέτης, κατά την διάρκεια κατασκευής του έργου, στο Εδαφοτεχνικό Εργαστήριο του Αναδόχου, εγκαταστημένο επί τόπου στο έργο από τον Ανάδοχο, υπό την συνεχή επίβλεψη του εκπροσώπου του Τεχνικού Συμβούλου.

Τόσο κατά την διάρκεια των εκσκαφών του πυθμένα της Λ/Ξ, όσο και κατά την διάρκεια κατασκευής του Αναχώματος, έγιναν οι προβλεπόμενες εδαφοτεχνικές δοκιμές των φυσικών και ορισμένων εκ των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών (Φυσική, Υγρασία, Κοκκομέτρηση, Όρια Atterberg, προσδιορισμός Μέγιστης Πυκνότητας και Βέλτιστης Υγρασίας κατά Proctor.)

Με αυτούς τους ελέγχους αποφασίστηκε ο Διαχωρισμός των υλικών εκσκαφής του πυθμένα (κατάλληλα - ακατάλληλα) για την χρήση τους στην κατασκευή του Αναχώματος, αλλά και ο έλεγχος του Βαθμού Συμπύκνωσης κατά την διάρκεια κατασκευής του. Σε κάθε συμπυκνωμένη στρώση γινόταν έλεγχος της επιτευχθείσας συμπύκνωσης με σειρά δοκιμών επί τόπου πυκνότητας, με την συμβατική μέθοδο του «Κώνου και Άμμου».

4.5.2 Περιμετρικά Αναχώματα

Κατά την διάρκεια των εκσκαφών για την διαμόρφωση του πυθμένα της Λεκάνης Κατάκλυσης της Λ/Ξ, εντοπίστηκε σε ορισμένες υποπεριοχές λευκοκίτρινο έδαφος που προσομοίαζε και ήταν δυνατόν να χαρακτηριστεί ως Ηφαιστειακός Τόφος, δηλαδή ως υλικό παρόμοιο προς το υλικό της περιοχής ΦΟΥΡΚΕΤΑ, το οποίο χρησιμοποιούνταν μέχρι τότε, ως υλικό Υπό-Επιστρώματος.

Διευκρινίζεται, ότι αυτές οι υποπεριοχές, δεν είχαν εντοπισθεί κατά την διάρκεια της εκσκαφής των 13 Ερευνητικών Φρεάτων της Σ.Γ.Ε.Μ., που εκπόνησε ο Τ.Σ. τον Δεκέμβριο του 1992.

Με βάση τα αποτελέσματα των φυσικών και ορισμένων μηχανικών ιδιοτήτων αυτού του υλικού, όπως προσδιορίστηκαν στο επιτόπου του έργου Εργαστήριο, διερευνήθηκε, κατ' αρχήν, η δυνατότητα χρησιμοποίησής του ως υλικού κατασκευής του Υπό-Επιστρώματος της μεμβράνης, δηλαδή, ως υποκατάστατο παρόμοιου υλικού, που χρησιμοποιούνταν μέχρι τότε για τον ίδιο σκοπό, αλλά προήρχετο από την περιοχή ΦΟΥΡΚΕΤΑ. Αποφασίστηκε, τελικά, να μην επιτραπεί η προηγούμενη χρήση, εξ' αιτίας της μικρής διαπερατότητάς του, αλλά και των εξωσυμβατικών διαστάσεων των συμπαγών προσμίξεων που περιείχε, με διαστάσεις χαλίκων, δηλαδή 5,0 εκ., ενώ ο μέγιστος επιτρεπτός συμβατικά κόκκος για το Υπό-Επίστρωμα, ήταν 5 χιλ., αποφασίστηκε όμως, να επιτραπεί η χρήση του ως υλικού κατασκευής των Περιμετρικών Αναχωμάτων.

Το Περιμετρικό Ανάχωμα κατασκευάστηκε με ύψος περίπου 4 μ.. Οι κλίσεις του εσωτερικού πρανούς του, προσαρμόστηκαν προς τις κλίσεις των εκατέρωθεν πρανών του κυρίου Αναχώματος, στις Ζώνες Προσαρμογής, δηλαδή σε 1:3,5 έως 1:5, έτσι ώστε να είναι ασφαλέστερη η τοποθέτηση της στεγανωτικής μεμβράνης σ' αυτές τις «ήπιες» κλίσεις.

Η Ζώνη Έδρασης των Περιμετρικών Αναχωμάτων προετοιμάστηκε αφού απομακρύνθηκε η Φυτική Γη και ισοπεδώθηκε η αποκαλυφθείσα επιφάνεια. Στην συνέχεια έγινε η μεταφορά των υλικών από τους χώρους αποθήκευσης, στους χώρους κατασκευής. Επακολούθησε «σπάσιμο» των σωρών με φορτωτή, ισοπέδωση με Grader σε στρώσεις των 0,30 μ. και συμπύκνωση με Δονητικό Μηχάνημα τύπου BOMAG 215

Κατά και μετά από την συμπύκνωση κάθε στρώσης, επακολούθησε έλεγχος του Βαθμού Συμπύκνωσης με την συμβατική μέθοδο του «Κώνου και της Άμμου». Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπου, για διάφορους λόγους, διαπιστώνονταν τιμές μικρότερες των συμβατικών (90% της Τροποποιημένης τιμής Proctor) ή διαπιστωνόταν μακροσκοπικά αλλαγή στα χαρακτηριστικά των υλικών, επακολούθησαν πρόσθετες Εδαφοτεχνικές δοκιμές (κοκκομέτρηση, πρότυπη μέθοδος Συμπύκνωσης Proctor κλπ.).

4.5.3 Πυθμένας της Λ/Ξ

Ο κύριος κύκλος των εργασιών διαμόρφωσης του Πυθμένα της Λ/Ξ, άρχισε με βάση την μελέτη, τον Ιούνιο του 1993.

Ο πυθμένας της φυσικής κοιλότητας του εδάφους, όπου σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε η Λ/Ξ, απετέλεσε ταυτόχρονα και τον χώρο δανειοληψίας των υλικών κατασκευής του κυρίου Αναχώματος και εν μέρει των Περιμετρικών Αναχωμάτων.

Μετά την αφαίρεση των επιφανειακών φυτικών γαιών, ακολουθούσε η ουσιαστική εκσκαφή του πυθμένα, στα προδιαγραφόμενα υψόμετρα.

Σημειώνεται, για μία ακόμη φορά, ότι εξ' αιτίας της μη εκτέλεσης εδαφοτεχνικής έρευνας κατά την περίοδο εκπόνησης της Συμβατικής Μελέτης, λόγω των αντιρρήσεων των ιδιοκτητών της περιοχής, υπήρξε απόκλιση ως προς τις προβλέψεις για την φύση των υλικών εκσκαφών του πυθμένα της Λ/Ξ. Έτσι, ενώ προεβλέπετο η ύπαρξη υλικών χαρακτηριζομένων ως "βραχωδών" σε ποσοστό 5%, αποδείχθηκε κατά την διάρκεια των εκσκαφών, ότι το ποσοστό αυτό έφτασε μέχρι και 50%!

Γενικότερα, τα υλικά που βρέθηκαν στον πυθμένα της Λ/Ξ, μέχρι του προκαθορισμένου βάθους εκσκαφών, ήταν:

- Λεπτόκοκκα υλικά, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή του κυρίου Αναχώματος, (παρά την «υψηλή» πλαστικότητα τους).
- Πολύ πλαστικά Αργιλικά υλικά (υποπεριοχή Φρέατος Φ5), που κρίθηκαν ακατάλληλα για την κατασκευή του Αναχώματος και απομακρύνθηκαν.
- Ηφαιστειακός Τόφος, υπό μορφή αργιλοαμμώδους εδάφους που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των περιμετρικών Αναχωμάτων.
- Βραχώδη υλικά, ηφαιστειακής προέλευσης, που χρησιμοποιήθηκαν για την εξυγίανση της ζώνης έδρασης του Αναχώματος και ως «αντίβαρο» στο εξωτερικό πρηνές του κυρίου Αναχώματος, μαζί με ορισμένα φυτικά υλικά, με τα οποία έγινε προσπάθεια να καλυφθούν τα βραχώδη υλικά στο εξωτερικό πρηνές.

Για την εξόρυξη των βραχωδών ηφαιστειακών εξάρσεων του πυθμένα της Λ/Ξ, χρησιμοποιήθηκαν ήπια εκρηκτικά με ηλεκτρική πυροδότηση και Εκσκαφέας (τσάπα) με βελόνι.

4.5.4 Σύστημα Αποστράγγισης

4.5.4.1 Γενικά

Σύμφωνα με την Σύμβαση του Έργου, τόσο για το Φίλτρο όσο και για το Υπόστρωμα - Επίστρωμα της μεμβράνης, προεβλέπετο χρήση του ίδιου του υλικού, αλλά με βάση την Σ.Γ.Ε.Μ. του Τεχνικού Συμβούλου, έγιναν ορισμένες διαφοροποιήσεις της συμβατικής προδιαγραφής, επειδή, το προβλεπόμενο σ' αυτήν «λεπτόκοκκο, αμμώδες, διαπερατό υλικό» γι' αυτές τις χρήσεις, δεν εντοπίστηκε στην ευρύτερη περιοχή του έργου.

Έτσι ενεκρίθησαν και εφαρμόστηκαν οι ακόλουθες τροποποιήσεις των συμβατικών απόψεων:

- Ως Υλικό Φίλτρου και Στραγγιστηρίου, "παρασκευάστηκε" και χρησιμοποιήθηκε βραχώδες, θραυστό, υλικό (με μεθόδους που περιγράφονται στην συνέχεια), προερχόμενο από εκσκαφές ιδιωτικών λόφων στην Δυτική πλευρά της Λεκάνης Κατάκλυσης, που εκμίσθωσε ο Ανάδοχος του έργου από τους Ιδιοκτήτες τους. (Αρχικά Δανειοθάλαμος Λόφου Μπάλιακα, και μεταγενέστερα Λόφος Τατά).
- Ως υλικό Υποστρώματος και Επιστρώματος της μεμβράνης, χρησιμοποιήθηκε τελικά ηφαιστειακό, ορυκτό υλικό, με χαρακτηριστικά παραπλήσια προς τα προδιαγραφόμενα, που έχει, όμως, υψηλό Δείκτη Πλαστικότητας και, κατ' ακολουθία, δεν είναι διαπερατό. (Δανειοθάλαμος περιοχής Φουρκέτας).

Στο σημείο αυτό τονίζεται ότι, το σοβαρότερο, ίσως, θέμα κατά την διάρκεια κατασκευής της Λ/Ξ, ήταν η ανεύρεση πηγών λήψεως του υλικού Φίλτρου και Στραγγιστηρίων δοθέντος ότι Δανειοθάλαμος παρόμοιων φυσικών υλικών δεν υπήρχε στην ευρύτερη περιοχή της Λ/Ξ. Δυνατές εναλλακτικές λύσεις θα ήταν, είτε θραυστά, αδρανή υλικά, εκ του πλησιέστερου γνωστού Λατομείου εκ της περιοχής ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ, σε απόσταση 70 χλμ.! από το έργο, είτε από την προϋπάρχουσα περιοχή Δανειοληψίας της ΚΛΕΙΟΥΣ σε απόσταση 25 χλμ. από το έργο, τόσο λόγω τιμής κτήσεως των υλικών, όσο, κυρίως, του κόστους μεταφοράς που θα υπερέβαινε κατά πολύ το κόστος κτήσεως. Και οι δύο λύσεις κρίθηκαν οικονομικά ασύμφωρες και τεχνικά ανεφάρμοστες και δεν επελέγησαν για εφαρμογή.

Έτσι αποφασίστηκε να «κατασκευασθεί» το υλικό Στραγγιστηρίου από την Περιοχή του Λόφου Μπάλιακα, μετά από «δοκιμαστικά» (trials), με την ακόλουθη διαδικασία:

Αρχικά έγινε εξόρυξη του βραχώδους υλικού με χρήση ήπιων εκρηκτικών με ηλεκτρική πυροδότηση (λόγω της γειννίας της περιοχής με κάποιες κατοικίες και με αρχαιολογικούς χώρους). Επειδή τα προϊόντα της εξόρυξης, μετά την έκρηξη, δεν παρήγαγαν βραχώδη τεμάχια που να συμπίπτουν ως προς την Διαβάθμιση τους με την συμβατική προδιαγραφή, κατασκευάστηκε Δάπεδο από Σκυρόδεμα, διαστάσεων 10 x 10 μ., όπου απετίθετο το εκσκαπτόμενο υλικό και επακολουθούσε η Λειτουργία του με διαδοχικές διελεύσεις ερπυστριοφόρων μηχανημάτων (D7 - D8), στην συνέχεια αναμόχλευση και η τελική λειτουργία για την επίτευξη της κατάλληλης κοκκομετρίας.

Κατά την πρόοδο, όμως, των εργασιών προς το εσωτερικό (καρδιά) του λόφου, η επίτευξη της κατάλληλης κοκκομετρίας του υλικού με την προαναφερθείσα μέθοδο, γινόταν συνεχώς και περισσότερο δύσκολη, λόγω της μεγάλης «δυσθραυστότητας» του μητρικού πετρώματος (τιμή Los Angeles 20%).

Ως εναλλακτική πηγή υλικού Στραγγιστηριών διερευνήθηκε η δυνατότητα εφαρμογής και άρχισε να εφαρμόζεται η ίδια μέθοδος, σε παρόμοια υλικά προερχόμενα από τον παρακείμενο «Λόφο ΤΑΤΑ», αλλά, και αυτή η Δανειοληψία διεκόπη στα πρώτα στάδια εφαρμογής της, λόγω της ύπαρξης πλήθους αργιλικών κωμών στην μάζα του ηφαιστειακού πετρώματος του λόφου.

Όλες οι προηγούμενες δυσχέρειες σε σχέση με την ανεύρεση ή παραγωγή υλικού Στραγγιστηρίου, οδήγησαν, τελικά, στην ανάγκη διαφοροποίησης ορισμένων συμβατικών λύσεων για την αποστράγγιση επιμέρους τμημάτων της Λ/Ξ, οι οποίες περιγράφονται στην συνέχεια.

4.5.4.2 Στραγγιστήρια Στρώση στην Έδραση του Αναχώματος

Οι προηγούμενες δυσχέρειες σχετικά με την «παραγωγή» του υλικού Στραγγιστηρίου, σύμφωνα με τις προδιαγραφές, οδήγησαν στην απόφαση τοποθέτησης της Στραγγιστήριας Στρώσης, σε όλη την επιφάνεια έδρασης του Αναχώματος αλλά, με πάχος 0,30 μ., αντί του συμβατικά προβλεπόμενου πάχους 1,0 μ., περίπου, και με ελαφρά απόκλιση από τα προδιαγραφόμενα όρια, με ταυτόχρονη περιβολή της (μαξιλάρι) με Μη-Υφαντό Γεωφάσμα για τον Διαχωρισμό από το υπερκείμενο αργιλικό υλικό κατασκευής του σώματος του Αναχώματος. Η χρήση του Γεωφάσματος θεωρήθηκε απαραίτητη, για αποτροπή της πιθανής «μόλυνσης» της Στραγγιστικής Στρώσης από τα λεπτόκοκκα του υπερκείμενου αργιλικού εδάφους του Αναχώματος, αλλά και για την απαγωγή νερών, στην περίπτωση εμφάνισης τους στο σώμα του Αναχώματος.

Στην Ζώνη Έδρασης του Αναχώματος και εγκάρσια προς τον άξονά του, διέρχεται Κεντρικός Στραγγιστήριος Αγωγός Φ300, στον οποίο συγκεντρώνεται και αποστραγγίζεται όλο το εσωτερικό δίκτυο αποστράγγισης του πυθμένος της Λ/Ξ (ψαροκόκαλο), μέχρι την κατάντη περιοχή του Αναχώματος, όπου με τεχνικά έργα απαγωγής νερού, διοχετεύονται οι απορροές σε προϋπάρχοντα χείμαρρο.

4.5.4.3 Σύστημα Αποστράγγισης της Λεκάνης Κατάκλυσης της Λ/Ξ

Μετά από συσκέψεις που έγιναν στην Δ.Τ.Μ.Κ. του Υπ. Γεωργίας, και με βάση τις διαπιστώσεις για εμφάνιση Υπόγειων Νερών, τόσο στον Πυθμένα, όσο και στα Φυσικά Πρανή της Λ/Ξ, κατά την διάρκεια των βροχερών περιόδων του 1992 και του 1993, αλλά και της σχετικής Μελέτης του επιβλέποντος Γεωλόγου της Τ.Ε.Β Νήσου Λέσβου, αποφασίστηκαν τα ακόλουθα:

- Περιορίζεται η προβλεπόμενη συμβατικά Στρώση Στράγγισης σε όλη την έκταση της Λεκάνης της Λ/Ξ καθώς και στο εξισωτικό τμήμα της, για να μειωθεί όσο γίνεται η ποσότητα αυτού του «δυσεύρετου» υλικού, το οποίο τοποθετείται επιλεκτικά, μόνο σε συγκεκριμένες υπό-περιοχές αυξημένων επιφανειακών ή υπογείων απορροών, μετά από εκσκαφή τους και αντικατάστασή τους με υλικό Στραγγιστηρίου.
- Για την υποκατάσταση της περιορισθείσας έκτασης εφαρμογής της Στραγγιστικής Στρώσεως, αποφασίστηκε η επιμήκυνση του Δικτύου Στραγγιστηρίων Σωλήνων (ψαροκόκαλο) στον πυθμένα της Λ/Ξ. Αυτό το Δίκτυο, αποτελείται από διάτρητους τσιμεντοσωλήνες, Φ300 χιλ., οι οποίοι εγκιβωτίστηκαν με υλικό Φίλτρου. Το όλο σύστημα επενδύθηκε εξωτερικά με κατάλληλο Μη Υφαντό Γεώφασμα, για την αποφυγή «μόλυνσης» του Φίλτρου από τα λεπτόκοκκα υλικά των αργιλικών σχηματισμών που το περιβάλλουν. Διευκρινίζεται ότι, αυτή η ενίσχυση του Στραγγιστικού Συστήματος του πυθμένα της Λ/Ξ, κρίθηκε απαραίτητη εξ' αιτίας των σημαντικών εμφανίσεων υπογείου νερού, τόσο στην διεπιφάνεια βραχώδους υποβάθρου - υπερκείμενου εδάφους, όσο και «μέσα» στο βραχώδες υπόβαθρο.

4.5.5 Στεγανοποίηση της Λ/Ξ

4.5.5.1 Γενικά

Η Λ/Ξ ΜΗΘΥΜΝΑΣ, εξαιτίας των σημαντικών απορροών νερού, τόσο εκ του υπερκείμενου εδάφους, όσο και εκ του υποκείμενου, βραχώδους υποβάθρου, είχε σχεδιασθεί και επενδύθηκε στην εσωτερική επιφάνειά της με ειδικής επεξεργασίας Μεμβράνη του οίκου National Seal Co. (N.S.C.), πάχους 0,75 χιλ. με βάση την μελέτη.

Η Μεμβράνη απλώθηκε πάνω σε στρώση - Υπόστρωμα πάχους 0,10 μ., τόσο στον Πυθμένα της Λ/Ξ, όσο και στα πρανή του κυρίου και των περιμετρικών Αναχωμάτων. Επί της μεμβράνης, τοποθετήθηκε επίστρωμα, πάχους 0,20 μ., μόνο στον πυθμένα της Λ/Ξ, ενώ η Μεμβράνη στα πρανή παρέμεινε ακάλυπτη. Εφαρμόστηκε δηλαδή και σ' αυτή την Λ/Ξ - όπως αποφασίστηκε και για άλλες Λ/Ξ του προγράμματος - η τροποποίηση της συμβατικής απαιτήσεως για μεμβράνη σκεπασμένη με Επίστρωμα και Στρώση Προστασίας και η παραμονή της Μεμβράνης ακάλυπτης στα πρανή και καλυμμένης μόνο στον πυθμένα της Λ/Ξ.

4.5.5.2 Υπόστρωμα Μεμβράνης

Πάνω στις διαμορφωμένες επιφάνειες, τόσο του πυθμένα της Λ/Ξ (αφού προηγήθηκε η κατασκευή του αποστραγγιστικού δικτύου), όσο και στα πρανή του Κυρίου και των Περιμετρικών Αναχωμάτων (αφού συμπυκνώθηκαν οι τελικές επιφάνειες), διαστρώθηκε και ακολούθως συμπυκνώθηκε Υπόστρωμα πάχους 0,10 μ., με υλικό Ηφαιστειακού Τόφφου, προερχόμενο από τον Δανειοθάλαμο της περιοχής Φουρκέτας και από υλικό σχηματισμού που βρέθηκε σε ορισμένες εκσκαφές, στον πυθμένα της Λ/Ξ.

Η Συμπύκνωση του Υποστρώματος έγινε σύμφωνα με προδιαγραφές δηλαδή στο 90% της Μέγιστης Πυκνότητας κατά την Τροποποιημένη Μέθοδο.

Κατά την διάρκεια της διάστρωσης και συμπύκνωσης του Υποστρώματος έγινε προσπάθεια για την απομάκρυνση των αιχμηρών τεμαχίων, ριζών ή και άλλων υλικών, ικανών να τρυπήσουν την μεμβράνη. Αυτή η απομάκρυνση των αιχμηρών τεμαχίων, έγινε χειρωνακτικά, τόσο κατά την εκσκαφή του υλικού στην θέση προέλευσης του (Δανειοθάλαμος), όσο και κατά την διάστρωση του, πριν και μετά την συμπύκνωσή του. Η

λύση του πρόχειρου κοσκινίσματος του υλικού Υποστρώματος, έστω και υποτυπωδώς σε "Κεκλιμένη Κοσκίνα", δεν θεωρήθηκε ως εφαρμόσιμη λύση, επειδή το υλικό είχε αρκετή υγρασία, έτσι ώστε ο διαχωρισμός των αιχμηρών τεμαχίων να μην είναι εφικτός με αυτή την μέθοδο. Εντούτοις, και ο χειρωνακτικός διαχωρισμός δεν ήταν αποτελεσματικός ολοκληρωτικά, με «δυσάρεστα» αποτελέσματα στην μακροχρόνια συμπεριφορά του Στεγανωτικού Συστήματος.

4.5.5.3 Μembrάνη

Με βάση την τεχνική έκθεση της μελέτης για την Στεγανοποίηση της Λιμνοδεξαμενής, χρησιμοποιήθηκε Μembrάνη Υψηλής Πυκνότητας Πολυαιθυλενίου (HDPE) και συγκεκριμένα ο τύπος «FRICTION SEAL HD» του οίκου NATIONAL SEAL COMPANY, πάχους 0,75 mm.

4.5.5.4 Επίστρωμα Μembrάνης

Το Επίστρωμα της Μembrάνης, πάχους 0,20 μ., τοποθετήθηκε μόνο στον πυθμένα της Λ/Ξ, με υλικό ηφαιστειακό, παρόμοιων χαρακτηριστικών με το υλικό που χρησιμοποιήθηκε ως Υπόστρωμα. Αυτό το Επίστρωμα διαστρώθηκε μέχρι την αρχή του κυρίου και των περιμετρικών αναχωμάτων της Λ/Ξ. Για την αποτροπή ή τον περιορισμό της δυνατότητας διατήρησης της μεμβράνης από τα κυκλοφορούντα μηχανήματα διαστρώσεως Φορτηγά, Graders κ.λπ., αποφασίστηκε να γίνει και εφαρμόστηκε η Διάστρωση του Επιστρώματος σε προκαθορισμένες λωρίδες – μονοπάτια, με την προοπτική το νερό της Λ/Ξ κατά τα επόμενα διαδοχικά γεμίσματα - αδειάσματα της Λ/Ξ, να ισοπεδώσει (να απλώσει) μόνο του το Υπόστρωμα σ' όλη την επιφάνεια του πυθμένας. Πράγματι, η διαμόρφωση του πυθμένας, μετά το άδειασμα της Λ/Ξ απέδειξε ότι αυτή η προσδοκία ήταν σωστή και έτσι περιορίστηκε σημαντικά η καταπόνηση της μεμβράνης από τις εργασίες της πλήρους διαστρώσεως του Υποστρώματος επ' αυτής.

4.6 ΕΠΙ ΜΕΡΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ Λ/Ξ ΜΗΘΥΜΝΑΣ

4.6.1 Υδροληψίες – Προσαγωγοί Μεταφοράς Νερού(ειδικότερα στοιχεία)

Τα Έργα Υδροληψίας της Λ/Ξ Μήθυμνας, συσχετίζονται με την εκμετάλλευση των παροχών 3 χειμάρρων, εκ των οποίων οι 2 οριοθετούνται Βόρεια και ο ένας Νότια του χώρου της Λ/Ξ.

Στην Υδροληψία Υ1 υπάρχει ο Υπερχειλιστής από σκυρόδεμα, κατηγορίας B225, με ύψος 1,5 μ. και πλάτος 12,0 μ. (εφ' όλης της κοίτης του χειμάρρου).

Στην στέψη της υδροληψίας, τοποθετήθηκε Εσχάρα, πλάτους 0,50 μ. και κάτω από αυτήν, Διώρυγα, μέσω της οποίας οδηγούνται τα νερά που παρακρατούνται από την εσχάρα στον Θάλαμο Υδροληψίας. Ο Θάλαμος Υδροληψίας τοποθετήθηκε στην αριστερή όχθη του χειμάρρου, έχει εσωτερικές διαστάσεις 3,00 x 3,20 μ. αποδέχεται τα νερά με Έργο Εισόδου και με Λεκάνη Καθίζησης και τα κατευθύνει προς την Λ/Ξ, με διάτρητο Σιδηροσωλήνα, με σπές Φ10 ανά 0,03 μ.. Ο Σιδηροσωλήνας αυτός είναι η αρχή του Προσαγωγού Φ400, από σκληρό P.V.P, προς την Λ/Ξ.

Με αυτή την διάταξη, τα νερά που οδηγούνται προς την Λ/Ξ, είναι απαλλαγμένα, τόσο από χονδρόκοκκα (διέλευση μέσω Εσχάρας), όσο και από λεπτόκοκκα υλικά (Λεκάνη Καθίζησης).

Στην Υδροληψία Υ2, ο Υπερχειλιστής έχει κατασκευασθεί με σκυρόδεμα κατηγορίας B225, με ύψος 1,0 μ. και πλάτος 13μ.

Όπως και στην Υδροληψία Υ1, προβλέπεται Εσχάρα και Διώρυγα, μέσω της οποίας οδηγούνται τα νερά. που παρακρατούνται από την εσχάρα, στον Θάλαμο Υδροληψίας.

Ο Θάλαμος Υδροληψίας, εσωτερικών διαστάσεων 3,00 x 3,20 μ. τοποθετείται στην αριστερή όχθη του χειμάρρου και είναι παρόμοιος με τον αντίστοιχο της Υδροληψίας Υ1, δηλαδή, περιλαμβάνει Είσοδο του νερού, διάτρητο Σιδηροσωλήνα, Θυρίδα Διακοπής της ροής και Θυρίδα Εκκένωσης, καθώς και την αρχή του Προσαγωγού σωλήνος από P.V.C., διαμέτρου Φ400.

Η Υδροληψία Υ3, έχει ύψος 1,4 μ. και πλάτος 14,0 μ.. Ο Υπερχειλιστής και ο Θάλαμος Υδροληψίας, κατασκευάστηκαν όπως και στις Υδροληψίες Υ1 και Υ2, με την διαφορά ότι ο θάλαμος Υδροληψίας Υ3, τοποθετήθηκε στην δεξιά όχθη του χειμάρρου.

Ο Προσαγωγός Π1 έχει μήκος 800μ., γενική διεύθυνση ΒΑ - ΝΔ και μεταφέρει προς την Λ/Ξ τα νερά της Υδροληψίας Υ1. Λειτουργεί ως Αγωγός Βαρύτητας υπό πίεση και είναι διαστάσεων Φ400 από σκληρό P.V.C.

Ο Προσαγωγός Π2 έχει μήκος 550μ., γενική διεύθυνση Α - Δ και καταλήγει στο ίδιο Πιεζοθραυστικό Φρεάτιο, όπου συμβάλλει και ο Προσαγωγός Π1. Λειτουργεί ως αγωγός βαρύτητας υπό πίεση και είναι διαστάσεων Φ400 από σκληρό P.V.C.

Ο Προσαγωγός Π3 έχει μήκος 2.400 μ., γενική διεύθυνση ΒΑ - ΝΔ και λειτουργεί ως Αγωγός Βαρύτητας υπό πίεση στα 2/3 περίπου της διαδρομής του, ενώ στο υπόλοιπο 1/3, ως αγωγός ελεύθερης ροής. Είναι διαστάσεων Φ315 από σκληρό P.V.C.

Αερεξαγωγός Βαλβίδα τοποθετήθηκε στο κατιόντα κλάδο, στο χαμηλότερο σημείο, με μικρή κλίση 5% για την αποφυγή τυχόν συσσωρευμένου αέρα. Και στους τρεις Προσαγωγούς (Π1, Π2, Π3), στα χαμηλότερα σημεία τους κατασκευάστηκε Φρεάτιο με Δικλείδα Εκκένωσης.

Οι Προσαγωγοί Π1, Π2, συμβάλλουν στο ίδιο Πιεζομετρικό Φρεάτιο, όπου η αρχή σιδηροσωλήνα Φ400, ο οποίος μεταφέρει με ελεύθερη ροή τα νερά σε Φρεάτιο στην περιοχή της Λ/Ξ. Στο ίδιο φρεάτιο συμβάλλουν και τα νερά που μεταφέρει ο Προσαγωγός Π3.

4.6.2 Έργο Εισόδου

Όπως προαναφέρθηκε, στο ανατολικό όριο της Λ/Ξ, κατασκευάστηκε Φρεάτιο, όπου συμβάλλουν τόσο ο κοινός Σιδηροσωλήνας, διαμέτρου Φ400 των προσαγωγών Π1 και Π2, όσο και ο Προσαγωγός Π3, διαμέτρου Φ315 από P.V.C.

Το σύνολο των νερών που συμβάλλουν στο Φρεάτιο, οδηγούνται μέσω διπλού σιδηροσωλήνα Φ450 μήκους 150 μ. (αντί του αρχικά προβλεπόμενου απλού σωλήνα Φ600), προς τον πυθμένα της Λ/Ξ, όπου βρίσκεται το Έργο Εισόδου.

4.6.3 Έργα εκκένωσης

Το Έργο Υδροληψίας και Εκκένωσης της Λ/Ξ, τοποθετήθηκε στον εσωτερικό πόδα του Αναχώματος και περιλαμβάνει:

- Κατακόρυφο, διάτρητο Σιδηροσωλήνα, ύψους 1,80 μ. και διαμέτρου Φ400, με 900 οπές, διαμέτρου 1,5 εκ. ανά 5 εκ. της περιμέτρου του σωλήνα.
- Οριζόντιο διάτρητο Σιδηροσωλήνα, ύψους 1,80 μ. και Φ400, στην συνέχεια του προηγούμενου, ο οποίος διέρχεται κάτω από το Ανάχωμα και στην συνέχεια διακλαδίζεται

και λειτουργεί ή / και ως Εκκένωση της Φ400 ή / και ως Αγωγός Άρδευσης Φ350, της αρδευομένης περιοχής, κατάντη της Λ/Ξ.

Η διπλή λειτουργία του προηγούμενου αγωγού, επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση Δικλείδων (βάννες) σε κατάλληλες θέσεις του.

4.7 ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΕΡΓΑ ΤΗΣ Λ/Ξ

Για την προστασία της Λ/Ξ από τα όμβρια ύδατα, κατασκευάστηκαν δύο Περιμετρικές Τάφροι T1 και T2, με τις αντίστοιχες Διώρυγες Πτώσεως.

Η Τάφρος T1 ακολουθεί το δυτικό όριο της Λ/Ξ επί μήκους 580 μ. και είναι ανεπένδυτος. Παράλληλα με αυτήν, κατασκευάστηκε Αγροτικός Δρόμος, πλάτους 4,0 μ.

Η Διώρυγα Πτώσεως της T1, διοχετεύει τα νερά της Τάφρου σε υπάρχον φυσικό ρέμα, κατάντη του Αναχώματος. Είναι επενδυμένη με σκυρόδεμα σε όλο το μήκος της και έχει την δυνατότητα να αποχετεύσει και τυχόν υπερχειλίζοντα νερά της Λ/Ξ. Στην αρχή της διώρυγας έγινε Έργο Προσαρμογής επενδυμένο με σκυρόδεμα, ενώ στο τέλος της Έργο Καταστροφής Ενέργειας από τυποποιημένη λεκάνη τύπου Bureau of Reclamation πλάτους 2,00 μ. και μήκους 10,0 μ..

Όπως προελέχθη, η Διώρυγα Πτώσεως αποδέχεται και την υπερχείλιση της Λ/Ξ, η οποία περιλαμβάνει τον κυρίως Υπερχειλιστή, ύψους 0,50 μ. και πλάτους 6,30 μ. και Διώρυγα ορθογωνικής διατομής, πλάτους 6,30 μ., η οποία εκβάλλει στην παρακείμενη Διώρυγα Πτώσεως.

Η Τάφρος T2, ακολουθεί το ανατολικό όριο της Λ/Ξ επί μήκους 580 μ. και έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά της T1. Παράλληλα με την Τάφρο, κατασκευάστηκε Αγροτικός Δρόμος πλάτους 4,00 μ..

Η Διώρυγα Πτώσεως της T2, οδηγεί τα νερά της Τάφρου T2, μέσω της Τάφρου T3, στο ίδιο φυσικό ρέμα που καταλήγει και η διώρυγα πτώσεως της Τάφρου T1. Είναι επενδυμένη με σκυρόδεμα σε όλο το μήκος της.

Στην αρχή της Διώρυγας Πτώσεως έγινε Έργο Προσαρμογής επενδυμένο με σκυρόδεμα και στο τέλος της έργο καταστροφής ενέργειας, παρόμοιο με την περίπτωση της T1.

Η Τάφρος T3 συνδέει το έργο καταστροφής ενέργειας της διώρυγας πτώσεως της Τάφρου T2 με το παρακείμενο φυσικό ρέμα, ακολουθώντας χάραξη παράλληλη προς τον εξωτερικό πόδα του Αναχώματος και αποχετεύει τα νερά της T2, τα νερά της T1, μαζί με τα νερά της ενδεχόμενης υπερχείλισης της Λ/Ξ και τα νερά της στρώσης στράγγισης της Λ/Ξ.

4.8 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ

Οι Ποιοτικοί Έλεγχοι που εκτέλεσε ο Τ.Σ. με βάση διάφορα Άρθρα του Ι.Σ., υπεβάλλοντο στην Υπηρεσία στις κατά καιρούς Τεχνικές Εκθέσεις (Τ.Ε.), καθώς και σε Έκτακτα Ενημερωτικά Δελτία (Ε.Ε.Δ.).

Αυτοί οι Ποιοτικοί Έλεγχοι διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Έλεγχοι στα Γεωτεχνικά Χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων εδαφών ή υλικών για την κατασκευή της Λ/Ξ.
- Έλεγχοι της ίδιας της κατασκευής, κυρίως έλεγχοι του Βαθμού Συμπύκνωσης, με την εφαρμοζόμενη μεθοδολογία και μηχανήματα, και με τα χρησιμοποιούμενα, εδαφικά κυρίως, υλικά.

Οι Ποιοτικοί Έλεγχοι των υλικών έγιναν στο Εργοταξιακό Εργαστήριο του Αναδόχου του Έργου. Ορισμένες, πλέον εξειδικευμένες δοκιμές, κυρίως της Σ.Γ.Ε.Μ. (Συμπληρωματικής Γεωτεχνικής Έρευνας, και Μελέτης), έγιναν στα «ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΓΕΩΕΡΕΥΝΑΣ - Ο.Τ.Μ. Ε.Π.Ε.» , στα οποία ο Τεχνικός Σύμβουλος είναι Εταίρος και Διαχειριστής.

Ειδικότερα, οι έλεγχοι του Βαθμού Συμπύκνωσης έγιναν στις 38 κατασκευαστικές Στρώσεις του Κυρίου Αναχώματος και στις 16 κατασκευαστικές Στρώσεις των Περιμετρικών Αναχωμάτων, σε διάφορους άξονες εγκάρσιους και διαμήκεις και σε διάφορες θέσεις των αξόνων. Ο συνολικός αριθμός των δοκιμών Επί τόπου Πυκνότητας είναι περίπου 660 για το Κύριο Ανάχωμα και περίπου 220 για τα Περιμετρικά Αναχώματα.

4.9 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ - ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.9.1 Η εξωποταμιά Λιμνοδεξαμενή Μήθυμνας κατασκευάστηκε από το 1993 έως το 1995, αρχικά από την ΚΑΣΤΩΡ Α.Ε και στην συνέχεια από την ΑΡΓΩ Α.Τ.Ε., με βάση την Οριστική Μελέτη του Γραφείου Σ. ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗΣ-Κ. ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗΣ & ΣΙΑ Ε.Ε. /1992.

Η χωρητικότητα της είναι 600.000 μ³, έχει έκταση 140.000 μ² και περιλαμβάνει κεντρικό Ανάχωμα ύψους 13 μ. και μήκους 300 μ. και Περιμετρικά Αναχώματα. Στα βοηθητικά έργα της Λ/Ξ, μεταξύ άλλων, περιλαμβάνονται:

- Υδροληψίες από χείμαρρους της περιοχής
- Έργα Προσαγωγών ,συνολικού μήκους 4000 μ.
- Έργα Εισόδου, Εκκένωσης, Υδροληψίας, Υπερχειλιστού και Καταστροφής Ενέργειας
- Περιμετρικά Στραγγιστήρια Ορύγματα και αγροτική Οδοποιία

4.9.2 Οι αντιρρήσεις των ιδιοκτητών της περιοχής της Λ/Ξ, δεν επέτρεψαν την γεωτεχνική διερεύνηση της με ΦΡΕΑΤΑ και ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ κατά την περίοδο της Οριστικής Μελέτης, κατά ακολουθία τόσο η Υδραυλική Μελέτη, όσο κυρίως ο καθορισμός της θέσεως, του όγκου και των ιδιοτήτων των κατασκευαστικών υλικών της Λ/Σ, στηρίχθηκαν σε «ενδεικτικές παραδοχές».

4.9.3 Τεχνικός Σύμβουλος «γεωτεχνικού και ποιοτικού ελέγχου επίβλεψης τμήματος των εργασιών κατασκευής», ορίστηκε τον Δεκέμβριο του 1992 το Γραφείο «ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΓΕΩΕΡΕΥΝΑΣ -Ο.Τ.Μ, Ε.Π.Ε.», το οποίο εκτέλεσε και υπέβαλε τον Μάρτιο του 1993, τα αποτελέσματα - συμπεράσματα "Συμπληρωματικής Γεωτεχνικής Έρευνας - Μελέτης (Σ.Γ.Ε.Μ.). Με βάση αυτή την έρευνα , διαφοροποιούνται οι παραδοχές της Οριστικής Μελέτης, κυρίως σε 2 σημεία:

- Το πάχος του επιφανειακού εδαφικού μανδύα στη θέση του κεντρικού Αναχώματος δεν είναι σταθερό αλλά διακυμαίνεται από 0 έως και 3.0 μ.
- Τα προϊόντα εκσκαφής στην Λεκάνη Κατάκλυσης είναι συνήθως «Άργιλος» υψηλής πλαστικότητας ,δηλαδή έδαφος αποδεκτό μόνο υπό όρους για την κατασκευή αναχωμάτων, εφ' όσον δεν είναι, αποδεκτής, μέσης πλαστικότητας.

Η Υπηρεσία στην συνέχεια (Ιούνιος 1993) τροποποίησε υποχρεωτικά τις συμβατικές προδιαγραφές γι' αυτά τα 2 θέματα έτσι ώστε το πάχος εξυγίανσης κάτω από το κεντρικό ανάχωμα, να αυξηθεί μέχρι την συνάντηση του βραχώδους υποβάθρου και το Όριο

Υδαρότητας του εδάφους κατασκευής, να αυξηθεί από την ανώτατη συμβατική τιμή 50%,σε αποδεκτή τιμή μέχρι 60%.

4.9.4 Με βάση αυτές τις διαφοροποιημένες προδιαγραφές κατασκευάστηκε το Κεντρικό Αναχώμα, κατά τα λοιπά όπως προβλέπεται συμβατικά με μέγιστο επιτρεπτό κόκκο 20 cm., σε στρώσεις πάχους 30 cm. με τιμές υγρασίας κατασκευής περί την Βέλτιστη Υγρασία, υπό του συνεχή Έλεγχο του Βαθμού Συμπύκνωσης από το τοπικό Εργαστήριο του Αναδόχου.

Με παρόμοια μεθοδολογία κατασκευής και ελέγχου, κατασκευάστηκαν τα Περιμετρικά Αναχώματα, αλλά χρησιμοποιήθηκε, Ηφαιστειακό υλικό από την περιοχή ΦΟΥΡΚΕΤΑΣ από τα Αναχώματα.

Τα αποτελέσματα των ελέγχων των Γεωτεχνικών χαρακτηριστικών των Υλικών και του Βαθμού Συμπύκνωσης των Αναχωμάτων δίνονται στα Παραρτήματα Α και Γ και είναι, γενικώς, ικανοποιητικά και σύμφωνα με τις Προδιαγραφές Σποραδικές αποκλίσεις αντιμετωπίστηκαν στο στάδιο της κατασκευής.

4.9.5 Το Υπόστρωμα της μεμβράνης, στα αναχώματα και στον Πυθμένα - το οποίο προεβλέπετο συμβατικά να προέρχεται από την περιοχή ΠΕΤΣΟΦΑ, σε απόσταση 10 χλμ. περίπου από το έργο - πάρθηκε αρχικά από την περιοχή ΦΟΥΡΚΕΤΑ, σε απόσταση 1,0 χλμ. περίπου από το έργο και τελικά από «παρόμοιο» υλικό. που βρέθηκε σε ορισμένες θέσεις εκσκαφών της Λεκάνης της Λ/Ξ: Έγιναν προσπάθειες για την απομάκρυνση ορισμένων διάσπαρτων «αιχμηρών τεμαχίων» με διάσταση μέχρι 5,0 εκ. αλλά αυτή η προσπάθεια δεν ήταν ολοκληρωτικά επιτυχής.

4.9.6 Το Επίστρωμα της μεμβράνης, καταργήθηκε στα πρηνή της Λ/Ξ και εφαρμόστηκε μόνο στον πυθμένα της. Για τον περιορισμό της δυνατότητας «τραυματισμού» της μεμβράνης του πυθμένα από τα μηχανήματα διάστρωσης του Επιστρώματος, εφαρμόστηκε η τοποθέτηση "σε διαδρόμους" (ψαροκόκαλο), με την παραδοχή ότι το μετέπειτα αποθηκευμένο νερό θα «ξαπλώσει» μόνο του Επίστρωμα σ' όλο τον πυθμένα.

4.9.7 Η προβλεπόμενη συμβατικά ποσότητα Στραγγιστικής Στρώσεως, δεν ήταν δυνατόν να βρεθεί σε «κοίτες χειμάρρων», γι' αυτό αποφασίστηκε και εφαρμόστηκε η «παραγωγή» της σε μειωμένη ποσότητα από τους περιβάλλοντες την Λ/Ξ, Λοφώδεις σχηματισμούς από εύθρυπτο, βραχώδες, ηφαιστειακό υλικό, με εκσκαφή με βελόνι και «ήπια» εκρηκτικά και με «μηχανική λειοτρίβηση» της, στην συνέχεια, με επανακυκλοφορία ερπυστριοφόρων μηχανημάτων, πάνω σε κατασκευασθέν, συμπαγές, άκαμπτο δάπεδο από σκυρόδεμα.

4.9.8 Η Μεμβράνη του έργου, πάχους 0,75 χιλ. τοποθετήθηκε στον πυθμένα, καλυμμένη και ακάλυπτη στα πρηνή, από τον κατασκευαστικό οίκο N.S.C. (NATIONAL SEAL COMPANY), με Συνεργείο εφαρμογής και συγκόλλησης από την Εταιρεία ΕΛΕΜΚΑ Α.Ε.

4.9.9 Το «γέμισμα» της Λ/Ξ, άρχισε την βροχερή περίοδο του 1996 και ολοκληρώθηκε μέχρι την Α.Σ.Υ. (Ανώτατη Στάθμη Ύδατος), τον Ιούνιο του 1996.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα Πτυχιακή Εργασία, παρουσιάστηκαν με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία τα βασικά κριτήρια σχεδιασμού Λιμνοδεξαμενών που εφαρμόζονται με σκοπό τη δημιουργία ταμιευτήρων νερού για την εξασφάλιση των αναγκών (υδρευτικών και αρδευτικών), σε διάφορες περιοχές όπου οι υδρολογικές συνθήκες δεν επέτρεπαν την εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων νερού.

Τα βασικότερα από τα κριτήρια αυτά επικεντρώνονται:

- α) στις Υδρολογικές συνθήκες
- β) στις Γεωτεχνικές συνθήκες
- γ) στις Περιβαλλοντικές απαιτήσεις

ανάλογα με την περιοχή που πρόκειται να κατασκευαστεί το έργο.

Στην Πτυχιακή Εργασία συγκεντρώθηκαν και παρουσιάστηκαν τα κριτήρια αυτά και φωτίστηκε η ιδιαιτερότητα του καθενός χωριστά. Επιπροσθέτως, με βάση τη μελέτη με τίτλο "ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗ ΜΗΘΥΜΝΑΣ ΝΗΣΟΥ ΛΕΣΒΟΥ" εντοπίστηκαν τα κριτήρια αυτά στη δομή ενός πραγματικού έργου, όπως αυτό της Λ/Ξ Μήθυμνας που με αρτιότητα κατασκευάστηκε ακολουθώντας όλες τις απαιτήσεις για τον ορθό σχεδιασμό. Μέσα από την παρουσίαση της μελέτης διαφαίνεται η πορεία που πρέπει να ακολουθηθεί προκειμένου να ικανοποιηθούν όλα αυτά τα κριτήρια στην πράξη, με σεβασμό πάντα στις απαραίτητες τροποποιήσεις των μελετών που επιβάλλονται στην πράξη κατά τη φάση της κατασκευής.

Η θεωρητική παρουσίαση των κριτηρίων σχεδιασμού και η εφαρμογή αυτών στο επίπεδο της μελέτης μας οδηγεί επιπλέον στα ακόλουθα συμπεράσματα:

- i) Είναι απαραίτητη καταρχάς να καθοριστεί η αναγκαιότητα και η σκοπιμότητα του έργου.
- ii) Στη συνέχεια πρέπει να καθοριστεί η ορθή θέση κατασκευής του έργου σύμφωνα με όλα τα κριτήρια επιλογής θέσης.
- iii) Απαραίτητη κρίνεται η γνώση των τεχνικών χαρακτηριστικών του εδάφους της επιλεγόμενης θέσης, προκειμένου να γίνει ο κατάλληλος σχεδιασμός του έργου.
- iv) Ο σεβασμός στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα για την κατασκευή του έργου.
- v) Ο καθορισμός των επιπτώσεων τόσο κατά την κατασκευή, όσο και κατά την λειτουργία του έργου, είναι απαραίτητο να αξιολογηθούν και τελικά να κριθεί αν η συνεισφορά του έργου στην ευρύτερη περιοχή επιδρά θετικά.

Μέσα από την παρούσα πτυχιακή αποκτήθηκε γενικότερη εμπειρία στη λειτουργία, την αξία και τον σχεδιασμό αντίστοιχων έργων ταμίευσης του νερού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βαλασσόπουλος Δ. και Δόλκας Θ., (2001). Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Γεωτεχνική μελέτη και κατασκευή λιμνοδεξαμενών, Ε.Ε.Ε. Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων, Τ.Ε.Ε., Αθήνα, σ.σ. 20-21.
2. Καπλανίδης Α., (2001). Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Γεωτεχνική Μελέτη και κατασκευή λιμνοδεξαμενών, Ε.Ε.Ε Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων, Τ.Ε.Ε., Αθήνα, σ.σ. 25-28.
3. Κωστόπουλος Σ. και Μουρελάτου Ε., Επιμελητήριο Ελλάδας (2001), Γεωτεχνική Μελέτη και κατασκευή λιμνοδεξαμενών, Ε.Ε.Ε Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων, Τ.Ε.Ε., Αθήνα, σ.σ. 43-50.
4. Ντουνιάς Γ., Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (2001), Γεωτεχνική Μελέτη και κατασκευή λιμνοδεξαμενών, Ε.Ε.Ε Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων, Τ.Ε.Ε., Αθήνα, σ.σ. 51-55.
5. Καβουνίδης Σ., Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (2001), Γεωτεχνική Μελέτη και κατασκευή λιμνοδεξαμενών, Ε.Ε.Ε Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων, Τ.Ε.Ε., Αθήνα, σ.σ.100-102.
6. Μιμίκου Μ.Α., Μπαλτάς, Ε.Α. (2006), Τεχνική Υδρολογία, 4^η έκδοση, Παπασωτηρίου, Αθήνα, σ.σ.13, 126-130.
7. Τσώνης. Π. Σ.,(2004), Επεξεργασία Λυμάτων, Παπασωτηρίου, Αθήνα, σ.σ. 66-68, 117-122.

Από Διαδίκτυο

1. Κόνσουλα, Α. (2009). “Μελέτη Φράγματος Καλούδας”, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, (σε μορφή παρουσίασης).
2. Μαρίνος, Δ. (2010). “Οι χείμαρροι στα Νησιά του Αιγαίου ,Ελευθεροτυπία, 8 Αυγούστου 2010, σελ. 34-35.
3. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, “Τα Φράγματα και οι Λιμνοδεξαμενές του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων”, Β’ ΕΚΔΟΣΗ- ΝΕΑ ΕΡΓΑ, Φεβρουάριος 2006.
4. Γ.Τ.Σ.Υ 720 λιμνοδεξαμενές, (Γεωλογική Τεχνική Συγγραφή Υποχρεώσεων).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Παρακάτω παρουσιάζονται για λόγους πληρότητας φωτογραφίες από τη Λιμνοδεξαμενή Μήθυμνας της Ν. Λέσβου, όπου μπορεί να διακρίνει κανείς τα επιμέρους χαρακτηριστικά του έργου.



ΔΙΩΡΥΓΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΥΔΑΤΩΝ



ΕΡΓΟ ΕΙΣΟΔΟΥ ΝΕΡΟΥ



ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΩΝ



ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ Λ/Ξ



ΒΑΡΗ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ



ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ



ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ



ΠΑΝΟΡΑΜΙΚΗ ΑΠΟΨΗ ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗΣ



ΣΤΗΡΙΞΗ ΒΑΡΥΔΙΩΝ



ΓΕΝΙΚΗ ΑΠΟΨΗ ΛΥΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗΣ



ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΛΥΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗΣ