

5. ΕΡΓΑ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η διώρυγα φυγής καταλήγει στη Χ.Θ. 0+287,20 σε λεκάνη υδραυλικού άλματος (λεκάνη ηρεμίας) ορθογωνικής διατομής και πλάτους $b=8\text{m}$. Η στάθμη της λεκάνης ηρεμίας λαμβάνεται στο +330,00m. Η στάθμη αυτή προσδιορίστηκε μετά από δοκιμές ώστε να εξασφαλίζεται η δημιουργία εντοπισμένου υδραυλικού άλματος, όπως εξηγείται στη συνέχεια. Κατάντη της λεκάνης ηρεμίας διαμορφώνεται η διώρυγα απαγωγής, η οποία οδηγεί τις πλημμυρικές παροχές στη φυσική κοίτη του ρέματος Κακλιτζόρεμα, στη Χ.Θ. 0+307,00 και σε στάθμη πυθμένα +331,18. Η διώρυγα απαγωγής είναι ορθογωνικής διατομής με πλάτος πυθμένα 8m. Διαμορφώνεται με ανοδική κλίση πυθμένα -0,10 μέχρι την φυσική κοίτη του ρέματος.

Για τον υδραυλικό υπολογισμό της λεκάνης ηρεμίας χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα του πίνακα 4.4 για παροχή σχεδιασμού $Q=25,02\text{ m}^3/\text{s}$ και συντελεστή Manning $n=0,014$ στη διώρυγα φυγής. Στην είσοδο της λεκάνης ηρεμίας τα στοιχεία της υπερκρίσιμης ροής είναι:

$$d_1=0,247\text{m}, v_1=12,65\text{m/s}, F_1=8,12$$

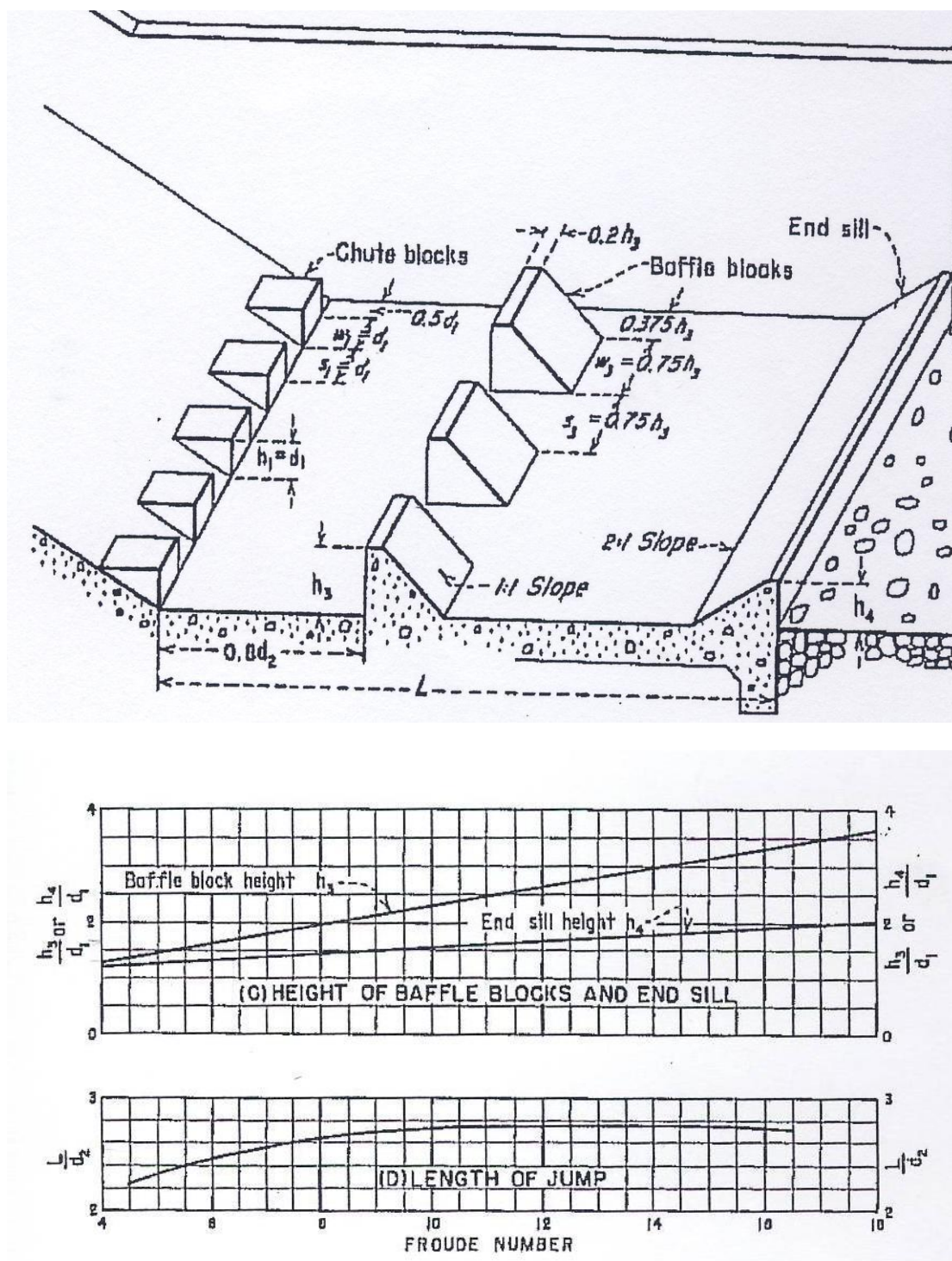
Το συζυγές βάθος υδραυλικού άλματος d_2 δίνεται από τη σχέση

$$d_2 = \frac{d_1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1) \quad (5-1)$$

Από την οποία υπολογίζεται $d_2=2,72\text{m}$ και άρα η στάθμη νερού στο κατάντη άκρο της λεκάνης ηρεμίας $+330+2,72=+332,72$.

Για τα υδραυλικά δεδομένα της εισερχόμενης ροής που επιλέγεται λεκάνη ηρεμίας Τύπου III σύμφωνα με το United States Bureau of Reclamation[10],[11]. Τα στοιχεία διαμόρφωσης και διαστασιολόγησης της λεκάνης ηρεμίας Τύπου III παρουσιάζονται στο σχήμα 5.1. Η λεκάνη αυτή προτείνεται για περιπτώσεις όπου το υδραυλικό άλμα είναι καλά διαμορφωμένο ($F_1>4,5$) και όπου η ταχύτητα v_1 της εισερχόμενης ροής είναι μικρότερη από 18,3m/s (=60ft/s). Το πλεονέκτημα της λεκάνης ηρεμίας Τύπου III είναι το μικρότερο μήκος της σε σύγκριση με άλλους τύπους λεκανών. Από τα νομογραφήματα σχεδιασμού του σχήματος 5.1 και για τα στοιχεία εισερχόμενης ροής υπολογίζεται μήκος λεκάνης ηρεμίας $L\approx 8,00\text{m}$. Υπολογίζονται επίσης διαστάσεις οδοντώσεων $h_1=0,247\text{m}$, $h_3=0,395\text{m}$, $h_4=0,321\text{m}$.

Σχήμα 5.1 : Διαστασιολόγηση λεκάνης υδραυλικού άλματος USBR Τύπου III



Το συζυγές βάθος του υδραυλικού άλματος προσδιορίσθηκε σε στάθμη +330+2,72=+332,72 στο πέρας της λεκάνης ηρεμίας. Η στάθμη νερού στο πέρας της λεκάνης ηρεμίας η οποία προέρχεται από τα κατόντη (tailwater), η οποία δηλαδή

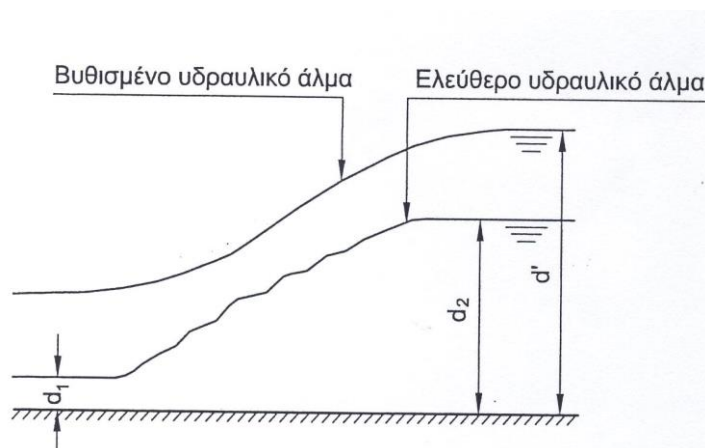
αντιστοιχεί στις υποκρίσιμες συνθήκες ροής κατάντη της λεκάνης ηρεμίας, πρέπει ιδανικά να ταυτίζεται με τη στάθμη +332,72 για την παροχή σχεδιασμού ώστε να εξασφαλίζεται η δημιουργία υδραυλικού άλματος εντοπισμένου στη λεκάνη ηρεμίας. Κατάντη στάθμη (tailwater) μικρότερη από τη στάθμη που αντιστοιχεί στο συζυγές βάθος έχει σαν αποτέλεσμα το υδραυλικό άλμα να σχηματίζεται εκτός της λεκάνης ηρεμίας με αποτέλεσμα την πρόκληση διαβρώσεων κατάντη της λεκάνης ηρεμίας οι οποίες αποτελούν κίνδυνο για την ασφάλεια των έργων.

Κατάντη στάθμη (tailwater) μεγαλύτερη από τη στάθμη που αντιστοιχεί στο συζυγές βάθος έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία βυθισμένου υδραυλικού άλματος. Στην περίπτωση δημιουργίας βυθισμένου υδραυλικού άλματος, ορίζεται συντελεστής βύθισης S ο οποίος δίνεται από τη σχέση:

$$S = \frac{d_3 - d_2}{d_2} \quad (5-2)$$

Όπου,

d_3 : είναι το κατάντη βάθος νερού (σχήμα 5.2). Για $S < 0,10$, το βυθισμένο υδραυλικό άλμα λειτουργεί ικανοποιητικά, διαφορετικά η δημιουργία βυθισμένου υδραυλικού άλματος χαρακτηρίζεται από τη διατήρηση υψηλών ταχυτήτων ροής κατά μήκος του πυθμένα για μεγάλα μήκη, με αποτέλεσμα και πάλι την πρόκληση διαβρώσεων κατάντη της λεκάνης ηρεμίας [12].



Σχήμα 5.2 : Βυθισμένο υδραυλικό άλμα.

Στο κεφάλαιο 8 επιλύεται η ανομοιόμορφη ροή στο ρέμα Κακλιτζόρεμα κατάντη των έργων για παροχή $Q=25,02\text{m}^3/\text{s}$ και υπολογίζεται στάθμη νερού +332,80 στην περιοχή της εκβολής της διώρυγας απαγωγής.

Με αφετηρία τη στάθμη +332,80 υπολογίζεται η ανομοιόμορφη ροή στη διώρυγα απαγωγής. Οι υπολογισμοί γίνονται με χρήση του λογισμικού HEC-RAS το οποίο αναπτύχθηκε από το Κέντρο Υδρολογικής Μηχανικής (Hydrologic Engineering Center – HEC) του σώματος Μηχανικών του Αμερικάνικου Στρατού [13] και παρουσιάζονται στον πίνακα 5.1. Αναλυτικότερη αναφορά στο λογισμικό γίνεται στο κεφάλαιο 8. Για τον υπολογισμό λαμβάνεται συντελεστής Manning $n=0,016$. Προκύπτει στάθμη νερού στο πέρας της λεκάνης ηρεμίας +332,77, δηλαδή βάθος νερού $d'=332,77-330=2,77\text{m}$. Παρατηρείται ότι η κατάντη στάθμη +332,80 αντιστοιχεί σε βάθος ροής μικρότερο του κρίσιμου και για το λόγο αυτό η αρχική συνθήκη του υπολογισμού που παρουσιάζεται στον πίνακα 5.1 είναι το κρίσιμο βάθος.

Υπολογίζεται και ο συντελεστής βύθισης από τον προηγούμενο τύπο .

$$S = \frac{(2.77 - 2.72)}{2.72} = 0,018$$

Το υδραυλικό άλμα το οποίο σχηματίζεται είναι συνεπώς εντοπισμένο και λειτουργεί ικανοποιητικά.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα 4.3 για παροχή σχεδιασμού 25,02 και συντελεστή Manning $n=0.016$ στη διώρυγα φυγής τα στοιχεία της υπερκρίσιμης ροής στην είσοδο της λεκάνης ηρεμίας είναι:

$$d_1=0,269\text{m}, \quad V_1=11,61\text{m/s}, \quad F_1=7,14$$

Το συζυγές βάθος υδραυλικού άλματος υπολογίζεται $d_2=2,59\text{ m}$ από την σχέση (5-1). Το βάθος αυτό αντιστοιχεί σε στάθμη νερού στο κατάντη άκρο της λεκάνης ηρεμίας ίση με $+330+2,59=332,59$.

Υπολογίζεται συντελεστής βύθισης από τον προηγούμενο τύπο.

$$S = \frac{(2.77 - 2.59)}{2.59} = 0,069$$

Άρα και στην περίπτωση αυτή το βυθισμένο υδραυλικό άλμα σχηματίζεται ικανοποιητικά.

Το συμπέρασμα από τα παραπάνω είναι ότι τα προτεινόμενα έργα καταστροφής ενέργειας λειτουργούν σωστά για τις εναλλακτικές παραδοχές $n=0.014$ και $n=0.016$ όσον αφορά τη ροή στη διώρυγα φυγής.

Θα πρέπει εδώ να αναφέρουμε ότι η έξοδος του αγωγού εκκένωσης-υδροληψίας καταλήγει στην λεκάνη ηρεμίας του υπερχειλιστή. Σε αυτήν την περίπτωση η παροχή είναι ίση με $Q=34,38 \text{ m}^3/\text{s}$ ($25,02 \text{ m}^3/\text{s}$ για την πλημμύρα περιόδου επαναφοράς $T=10.000$ συν την μέγιστη παροχή εκκένωσης του ταμιευτήρα $9,36 \text{ m}^3/\text{s}$). Για τον εντοπισμό του υδραυλικού άλματος εντός της λεκάνης ηρεμίας θα πρέπει η διώρυγα φυγής να σχεδιαστεί με κλίση $0,07$. Θεωρούμε ότι το ενδεχόμενο λειτουργίας των έργων του υπερχειλιστή ταυτόχρονα με τον αγωγό εκκένωσης-υδροληψίας είναι ελάχιστα πιθανό και για αυτό η διώρυγα απαγωγής θα σχεδιαστεί με κλίση $0,10$.

Πίνακας 5.1 : Υπολογισμός ανομοιόμορφης ροής στη διώρυγα απαγωγής, αρχή στη Χ.Θ. 0+295,20

River sta	Q total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude
	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	
297,00	25.03	330,18	332,77	332,85	0,000201	1,20	21,35	9,55	0,24
302,00	25.03	330,48	332,74	332,85	0,000379	1,49	17,52	10,91	0,33
307,00	25.03	330,83	331,74	333,31	0,020132	5,55	4,51	8,00	2,36
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

(1) : Χιλιομετρική θέση

(2) : Παροχή

(3) : Στάθμη πυθμένα

(4) : Στάθμη νερού

(5) : Στάθμη νερού που αντιστοιχεί σε κρίσιμο βάθος

(6) : Στάθμη γραμμής ενέργειας

(7) : Ταχύτητα ροής

(8) : Εμβαδό βρεχόμενης διατομής

(9) : Άνω πλάτος βρεχόμενης διατομής

(10): Αριθμός Froude