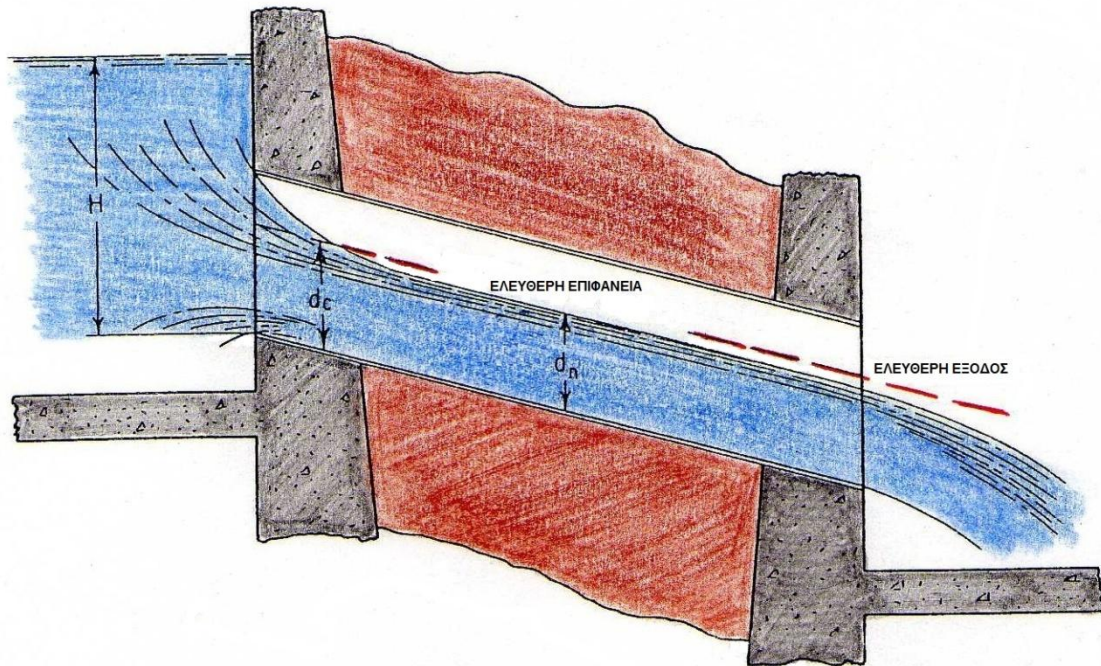


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΟΧΕΤΩΝ



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΩΝ:
ΚΑΛΑΝΤΖΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ
ΚΟΥΡΤΗ ΦΙΛΙΠΑ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΦΟΥΡΝΙΩΤΗΣ
Δρ. ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ Τ.Ε.Ι.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ- ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία εκπονήθηκε από τις σπουδάστριες του τμήματος Πολιτικών Έργων Υποδομής του ΤΕΙ Πάτρας, Κωνσταντίνα Καλαντζή και Φιλίππα Κούρτη.

Βασικός στόχος είναι η παρουσίαση βασικών στοιχείων του υδραυλικού σχεδιασμού των οχετών, μιας ειδικής κατηγορίας υδραυλικών έργων που εφαρμόζεται για την απομάκρυνση του πλεονάζοντα ύδατος που προκύπτει κυρίως από πλημμυρικές απορροές. Παρουσιάζονται ειδικά στοιχεία σχεδιασμού και επιπλέον εφαρμόζεται ο κώδικας Culvert Master για την επίλυση ενός τυπικού προβλήματος συστήματος οχετών.

Οι συντάκτριες επιθυμούν να ευχαριστήσουν τον εισηγητή - επιβλέποντα της παρούσας εργασίας Δρ. Νικόλαο Φουρνιώτη για την πολύτιμη βοήθειά του, την υπέροχη συνεργασία μας, τη σωστή του καθοδήγηση και τον χρόνο που μας αφιέρωσε για την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μας.

Θερμές ευχαριστίες αποδίδονται επίσης και στην κ. Κωνσταντίνα Δημητρίου, Διπλωματούχο Πολιτικό Μηχανικό, για την παραχώρηση σχεδίων τυπικών διατομών αγωγών(οχετών) και την επεξήγηση των λεπτομερειών τους με βάση στοιχεία από τη μελέτη, τμήμα της οποίας μας παραχώρησε(σχέδια τυπικών διατομών αγωγών και υδραυλικά χαρακτηριστικά τους), με τίτλο: «Μελέτη Αντιπλημμυρικής Προστασίας Δήμου Βέλου», τα οποία αξιοποιήθηκαν στην παρούσα Πτυχιακή Εργασία αποκλειστικά για εκπαιδευτικό σκοπό.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο να παρουσιάσει τα στοιχεία υδραυλικού σχεδιασμού οχετών. Για τα σκοπό αυτό αντλούνται διάφορες βιβλιογραφικές πληροφορίες οι οποίες και παρουσιάζονται λεπτομερώς, αναδεικνύοντας τις κατηγορίες σχεδιασμού και υδραυλικής λειτουργίας των οχετών. Επιπλέον, πραγματοποιείται μια εφαρμογή σε ένα τυπικό πρόβλημα συστήματος οχετών με χρήση αριθμητικού κώδικα.

Αρχικά, στο 1^ο Κεφάλαιο της εργασίας γίνεται αναφορά τόσο στις μορφές όσο και στα κριτήρια σχεδιασμού οχετών, στα υλικά κατασκευής τους, καθώς και στα έργα διαμόρφωσης της εισόδου και της εξόδου των οχετών. Ακόμα παρατίθενται στοιχεία για τις συνθήκες και τους τύπους ροής αλλά και για την ταχύτητα ροής στην έξοδο των οχετών.

Στο 2^ο Κεφάλαιο της εργασίας, παρουσιάζονται οι θεωρήσεις σχεδιασμού των οχετών και τα δεδομένα πεδίου.

Στο 3^ο Κεφάλαιο γίνεται αναλυτική περιγραφή για το σχεδιασμό των οχετών. Επίσης, παρατίθενται στοιχεία για τη συνθήκη ελέγχου της ροής, παράγοντες που την επηρεάζουν και την υδραυλική συμπεριφορά τόσο για την είσοδο όσο και την έξοδο των οχετών.

Στο 4^ο Κεφάλαιο της εργασίας αρχικά γίνεται αναφορά στις προσαρμοσμένες εισόδους των οχετών, στην υδραυλική συμπεριφορά αυτών καθώς και στο σχεδιασμό. Ακόμα παρουσιάζονται πληροφορίες για οχετούς ορθογωνικής αλλά και για οχετούς κυκλικής διατομής που είναι συνήθεις.

Στο 5^ο Κεφάλαιο πραγματοποιείται μία αριθμητική προσομοίωση και παρουσιάζεται μία τυπική επίλυση οχετού.

Στο 6^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τυπικές διατομές δίδυμου ορθογωνικού οχετού, η τυπική διατομή ορθογωνικού οχετού και δίνεται η επεξήγηση αυτών, με βάση τυπικά σχέδια που έχουν εφαρμοσθεί σε ρεαλιστικά έργα, και μας παραχωρήθηκαν από την μελέτη με τίτλο: «Μελέτη Αντιπλημμυρικής Προστασίας Δήμου Βέλου», με σκοπό την κατανόηση στην πράξη του ειδικού αυτού τύπου υδραυλικών κατασκευών- έργων.

Στο 7^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της πτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

	Σελ.
1.1 Ρόλος των οχετών.....	1
1.2 Μορφές οχετών και κριτήρια και κριτήρια σχεδιασμού αυτών.....	1
1.3 Υλικά κατασκευής.....	3
1.4 Σωληνωτοί οχετοί.....	5
1.5 Θολωτοί οχετοί.....	8
1.6 Πλακοσκεπέεις οχετοί.....	10
1.7 Κιβωτοειδής οχετοί.....	13
1.8 Μεταλλικοί οχετοί.....	15
1.9 Έργα διαμόρφωσης εισόδου και εξόδου των οχετών.....	16
1.10 Είσοδοι οχετών.....	18
1.11 Υδραυλική συμπεριφορά οχετών.....	20
1.12 Συνθήκες ροής.....	20
1.12.1 Ροή υπό πίεση.....	20
1.12.2 Ροή με ελεύθερη επιφάνεια.....	21
1.13 Τύποι ελέγχου ροής.....	22
1.13.1 Έλεγχος Εισόδου.....	22
1.13.2 Έλεγχος εξόδου.....	23
1.14 Υδραυλικό φορτίο ανάντη του οχετού.....	23
1.15 Βάθος νερού κατάντη του οχετού.....	24
1.16 Ταχύτητα εξόδου.....	25
1.17 Καμπύλες στάθμης-παροχής (καμπύλες απόδοσης).....	25
1.18 Οικονομικές θεωρήσεις.....	26
1.18.1 Κόστος και οφέλη.....	27
1.18.2 Οικονομικές μέθοδοι ανάλυσης.....	27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

	Σελ.
2.1 Υδρολογία.....	28
2.1.1 Γενικά.....	28
2.1.2 Παροχή αιχμής.....	29
2.1.3 Παροχές ελέγχου.....	30
2.1.4 Υδρογραφήματα.....	30
2.2 Δεδομένα πεδίου.....	32
2.2.1 Γενικά.....	32
2.2.2 Θέση οχετού.....	32
2.2.3 Δεδομένα φυσικού καναλιού.....	33
2.2.3.1 Διατομές.....	33
2.2.3.2 Κλίση του υδατορεματος.....	34
2.2.3.3 Αντίσταση.....	35
2.2.3.4 Συσσώρευση του νερού κατάντη.....	35
2.2.3.5 Ανάντη αποθήκευση.....	35
2.2.4 Δεδομένα αυτοκινητοδρόμου.....	35
2.2.5 Υδραυλικό φορτίου σχεδιασμού.....	37
2.2.5.1 Οικονομικές θεωρήσεις.....	37
2.2.5.2 Κανονιστικοί περιορισμοί.....	38
2.2.5.3 Αυθαίρετοι περιορισμοί.....	38
2.2.6 Σύνοψη απαιτούμενων δεδομένων.....	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΧΕΤΩΝ

	Σελ.
3.1 Ροή σε οχετό.....	40
3.1.1 Γενικά.....	40
3.2 Τύποι ελέγχου.....	41
3.2.1 Συνθήκη ελέγχου εισόδου.....	41
3.2.1.1 Περιπτώσεις ελέγχου εισόδου.....	41
3.2.1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τον έλεγχο εισόδου.....	43
3.2.1.3 Υδραυλική συμπεριφορά ελέγχου εισόδου.....	45
3.2.1.4 Ταπείνωση του ρείθρου εισόδου.....	46
3.2.2 Συνθήκη ελέγχου εξόδου.....	48
3.2.2.1 Περιπτώσεις ελέγχου εξόδου.....	48
3.2.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τον έλεγχο εξόδου.....	50
3.2.2.3 Υδραυλική συμπεριφορά ελέγχου εξόδου.....	52
3.3 Συνθήκη υπέρβασης του δρόμου.....	57
3.4 Ταχύτητα εξόδου.....	60
3.5 Καμπύλες απόδοσης.....	61
3.5.1 Έλεγχος εισόδου.....	62
3.5.2 Έλεγχος εξόδου.....	63
3.5.3 Υπέρβαση του υψομέτρου του δρόμου.....	63
3.6 Μέθοδος σχεδιασμού οχετού.....	64
3.6.1 Υπόδειγμα Σχεδιασμού Οχετού.....	64
3.6.2 Έλεγχος εισόδου.....	66
3.6.3 Έλεγχος εξόδου.....	68
3.6.4 Αποτίμηση αποτελεσμάτων.....	71
3.7 Μέθοδοι σχεδιασμού οχετών χωρίς πρότυπα σχεδιαστικά διαγράμματα.....	72
3.7.1 Έλεγχος εισόδου.....	72
3.7.2 Έλεγχος εξόδου.....	74
3.7.2.1 Ροή ελεύθερης επιφάνειας.....	74
3.7.2.2 Πλήρης ροή.....	75
3.7.3 Επισκόπηση αποτελεσμάτων.....	75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΟΧΕΤΩΝ-ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΕΙΣΟΔΟΙ

	Σελ.
4.1 Εισαγωγή.....	76
4.2 Περιγραφή των προσαρμοσμένων εισόδων.....	78
4.2.1 Μείωση του εύρους πλευρών.....	78
4.2.2 Μεταβολή της κλίσης.....	80
4.3 Υδραυλική συμπεριφορά των προσαρμοσμένων εισόδων.....	82
4.3.1 Έλεγχος εισόδου.....	82
4.3.1.1 Είσοδοι με στένωση του εύρους των πλευρών.....	84
4.3.1.2 Είσοδοι μεταβαλλόμενης κλίσης.....	84
4.3.2 Έλεγχος εξόδου.....	84
4.3.3 Ταχύτητα εξόδου.....	85
4.4 Καμπύλες απόδοσης.....	85
4.5 Μέθοδοι σχεδιασμού.....	87
4.6 Οχετοί ορθογωνικής διατομής.....	94
4.7 Οχετοί κυκλικής διατομής.....	94

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ CULVERT MASTER ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΟΧΕΤΩΝ

	Σελ.
5.1 Εισαγωγή.....	98
5.2 Παρουσίαση του κώδικα.....	98
5.3 Εφαρμογή στην επίλυση οχετού.....	102
5.3.1 Καθορισμός προβλήματος.....	102
5.3.2 Επίλυση του προβλήματος.....	102
5.3.3 Διερεύνηση του προβλήματος, με βάση τις συνθήκες ροής ανάντη-κατάντη.....	103

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΡΕΑΛΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

ΕΡΓΟ: ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΔΗΜΟΣ ΒΕΛΟΥ-ΒΟΧΑΣ.

	Σελ.
6.1 Εισαγωγικά στοιχεία.....	105
6.2 Περιγραφή τυπικών διατομών.....	105
6.2.1 Περιγραφή διαστάσεων και υδραυλικών χαρακτηριστικών τυπικής διατομής ορθογωνικού οχετού.....	105
6.2.2 Περιγραφή διαστάσεων και υδραυλικών χαρακτηριστικών τυπικής διατομής δίδυμου ορθογωνικού οχετού.....	105

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	Σελ.
.....	106

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	Σελ.
.....	107

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

	Σελ.
1-1: Μορφές οχετών που συνήθως χρησιμοποιούνται(Πρίνος 2009).....	2
1-2: Διαμόρφωση στομίου σωληνωτού οχετού. Εγκάρσια και διαμήκης τομή(Μουρατίδης 2007).....	6
1-3: Τυπική τομή πλακοσκεπούς οχετού όπου διακρίνονται τα διάφορα τμήματα του έργου(Μουρατίδης 2007).....	8
1-4: Πλακοσκεπείς οχετός, κατά μήκος τομή(Μουρατίδης 2007).....	9
1-5: Τυπικές διατομές κιβωτοειδούς οχετού (τύποι α και β) (Μουρατίδης 2007).....	10
1-6: Διατομές θολωτών οχετών(Μουρατίδης 2007).....	13
1-7: Όψη θολωτού οχετού(Μουρατίδης 2007).....	14
1-8: τυπική διαμόρφωση της εισόδου και της εξόδου των οχετών(Μουρατίδης 2007).....	16
1-9: Γενική διάταξη οχετού με φρεάτιο εισόδου(Μουρατίδης 2007).....	17
1-10: Τέσσερα πρότυπα είδη εισόδου οχετών(Πρίνος 2009).....	18
1-11: Η συστολή στην είσοδο(Norman et al, 1985,2001).....	19
1-12:(α) Είσοδος με σταδιακή μείωση της επιφάνειας των πλευρών της. (β) Είσοδος με σταδιακή μείωση της κλίσης της(Norman et al,1985, 2001).....	19
1-13: Ροή υπεράνω ενός μικρού φράγματος(Norman et al, 1985,2001).....	22
1-14: Τυπική συνθήκη ελέγχου ροής εισόδου, με διαμόρφωση διατομής ελέγχου ροής στην είσοδο(Πρίνος 2009).....	23
1-15: Τυπικές συνθήκες ελέγχου ροής εξόδου(Norman et al, 1985,2001).....	24
1-16: Καμπύλη απόδοσης για τον προσδιορισμό διατομής ελέγχου στην είσοδο ή την έξοδο(Πρίνος 2009).....	26
2-1: Διαδικασία Προσδιορισμού του Μοναδιαίου Διαγράμματος(Norman et al, 1985,2001).....	32
2-2: Μέθοδοι Τοποθέτησης Οχετών(Norman et al, 1985,2001).....	33
2-3: Θέσεις Διατομών Σχεδιασμού(Norman et al, 1985,2001).....	34
2-4: Διαμήκης τομή δρόμου και προτεινόμενος οχετός(Norman et al,1985, 2001).....	36
2-5: Διατομή δρόμου και μήκους οχετού(Norman et al, 1985,2001).....	37
3-1: Τύποι συνθήκης ελέγχου εισόδου(Πρίνος 2009).....	42
3-2: Συστολή της ροής, για διάφορες διατομές εισόδου των οχετών(Norman et al, 1985,2001).....	44
3-3: Κωνικά προσαρμοσμένα χείλη(Norman et al, 1985,2001).....	45
3-4: Καμπύλες ελέγχου εισόδου(Norman et al, 1985,2001).....	46
3-5: Οχετός με ταπεινωμένη ποδιά και πτερυγότοιχους(Norman et al,1985, 2001).....	47
3-6: Οχετός με είσοδο σε σχήμα λεκάνης(Norman et al, 1985,2001).....	48
3-7: Τύποι συνθήκης ελέγχου εξόδου(Πρίνος 2009).....	49
3-8: Γραμμή ενέργειας και πιεζομετρική γραμμή, για ροή υπό πίεση(Norman et al, 1985,2001).....	54
3-9: Γραμμές ενέργειας και πιεζομετρικές γραμμές για έλεγχο εξόδου(Norman et al, 1985,2001).....	56
3-10: Περίπτωση κατά την οποία η στάθμη του νερού ξεπερνά τη στάθμη του δρόμου(Norman et al, 1985,2001).....	57

3-11: Συντελεστές παροχής για ροή πάνω από ανάχωμα δρόμου(Norman et al, 1985,2001).....	58
3-12: Καθορισμός μήκους στέψης υπερχειλιστή για υπέρβαση του δρόμου από τη ροή(Norman et al, 1985,2001).....	59
3-13: Ταχύτητα εξόδου–συνθήκη ελέγχου εισόδου(Norman et al,1985, 2001).....	60
3-14: Ταχύτητα εξόδου–συνθήκη ελέγχου εξόδου(Norman et al,1985, 2001).....	61
3-15: Καμπύλες απόδοσης και αντίστοιχες εξισώσεις,για υπερχειλιστές και στόμια(Norman et al, 1985,2001).....	62
3-16: Γενική καμπύλη απόδοσης οχετού(Norman et al, 1985,2001).....	64
3-17: Υπόδειγμα Φύλλου Σχεδιασμού Οχετού(Norman et al, 1985,2001).....	65
3-18: Νομογράφημα ελέγχου εισόδου(Norman et al, 1985,2001).....	67
3-19: Διάγραμμα κρίσιμου βάθους(Norman et al, 1985,2001).....	68
3-20: Νομογράφημα ελέγχου εξόδου(Norman et al, 1985,2001).....	70
3-21: Καμπύλες ελέγχου εισόδου – οχετοί κυκλικής και ελλειπτικής διατομής, φέρουσας πλάκας κατασκευής από μέταλλο με κυματώσεις(Norman et al, 1985,2001).....	73
3-22: Καμπύλες ελέγχου εισόδου – οχετοί υψηλού και χαμηλού τοξοειδούς προφίλ, με ενισχυμένη πλάκα κατασκευής(Norman et al, 1985,2001).	73
4-1: Είσοδος με μείωση του εύρους πλευρών(Norman et al, 1985,2001).....	78
4-2: Είσοδος με μείωση του εύρους των πλευρών, με ανάντη ταπείνωση μεταξύ των πτερυγότοιχων(Norman et al, 1985,2001).....	79
4-3: Είσοδος με μείωση του εύρους των πλευρών, με ανάντη κατασκευή λεκάνης(Norman et al, 1985,2001).....	80
4-4: Είσοδος μεταβαλλόμενης κλίσης με κατακόρυφη πρόσοψη(Norman et al, 1985,2001).....	81
4-5: Είσοδος μεταβαλλόμενης κλίσης,με προσαρμοσμένη πρόσοψη(Norman et al, 1985,2001).....	82
4-6: Καμπύλες στάθμης – παροχής (απόδοσης) για έλεγχο εισόδου(Norman et al, 1985,2001).....	83
4-7: Καμπύλη απόδοσης οχετού(Norman et al, 1985,2001).....	86
4-8: Καμπύλες απόδοσης για ορθογωνικούς οχετούς (6ft x 6ft) με πτερυγότοιχους 90 ⁰ (Norman et al, 1985,2001).....	87
4-9: Φύλλο Σχεδιασμού προσαρμοσμένων εισόδων(Norman et al, 1985,2001).....	89
4-10: Φύλλο Σχεδιασμού εισόδου μεταβαλλόμενης κλίσης με προσαρμοσμένη πρόσοψη(Norman et al, 1985,2001).....	89
4-11: Συνθήκες χείλους εισόδου, διατομή πρόσοψης, ορθογωνικές προσαρμοσμένες εισοδοί(Norman et al, 1985,2001).....	93
4-12: Προσαρμοσμένες εισοδοί για οχετούς κυκλικής διατομής(Norman et al, 1985,2001).....	95
4-13: Είσοδος μεταβλητής κλίσης σε οχετό κυκλικής διατομής(Norman et al, 1985,2001).....	97
5-1: Καρτέλα του προγράμματος όπου καθορίζουμε το όνομα του έργου μας (project), καινούργιο προσομοίωμα.....	99
5-2: Καρτέλα του προγράμματος όπου καθορίζουμε είτε την εξίσωση της έντασης βροχόπτωσης ή δεδομένα βροχόπτωσης για την περίοδο προσομοίωσης.....	99

5-3: Καρτέλα του προγράμματος όπου καθορίζουμε το σύστημα μονάδων που θα χρησιμοποιήσουμε κατά την επίλυση του προβλήματος.....	100
5-4: Καρτέλα του προγράμματος όπου εισάγουμε δεδομένα για την επίλυση του προβλήματος.....	101
5-5: Διατομή οχετού όπου έχουν τοποθετηθεί χαρακτηριστικά υψόμετρα για την υδραυλική λειτουργία του.....	102
5-6: Καρτέλα του προγράμματος όπου εισαχθεί τα δεδομένα του Προβλήματος.....	103

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Σελ.

1-1: Προκατασκευασμένος οχετός ορθογώνιας διατομής από σκυρόδεμα (Norman et al, 1985,2001).....	4
1-2: Οχετός τοξοειδούς διατομής από μέταλλο κυματοειδούς μορφής(Norman et al, 1985,2001).....	5
1-3: Τοποθέτηση σωληνωτού οχετού κατά τη φάση της κατασκευής (Διαδίκτυο2012) (http://www.larissanet.gr/el/june2012/thessalyΕπίβλεψη-Αγοραστού-σε-έργα-της-Αν-Αργιθέας.htm).....	7
1-4: Σωληνωτός μετά την κατασκευή κατά τη φάση λειτουργίας του έργου (Διαδίκτυο 2012) (http://www.larissanet.gr/el/june2012/thessalyΕπίβλεψη-Αγοραστού-σε-έργα-της-Αν-Αργιθέας.htm).....	7
1-5: Πλακοσπετεπείς οχετός κατά τη φάση κατασκευής(Μουρατίδης 2007).....	9
1-6: Κιβωτοειδής οχετός στη φάση τοποθέτησης του σιδηρού οπλισμού και της σκυροδέτησης δαπέδου(Μουρατίδης 2007).....	11
1-7: Κιβωτοειδής οχετός με τοίχους αντεπιστροφής(Μουρατίδης 2007).....	12
1-8: Κιβωτοειδής οχετός στην φάση κατασκευής όπου διακρίνεται η όπλιση (Διαδίκτυο 2012)(http://mcnelly.com/index.cfm?id=E0B862D9-A3B1-41F9-88A07C84ACE1A0C0)	12
1-9: Κιβωτοειδής οχετός στην φάση κατασκευής, με προκατασκευασμένα στοιχεία ορθογωνικής διατομής (Διαμορφωμένο από Διαδίκτυο 2012)(http://www.perrascompanies.com/gallery.php)....	13
1-10: Θολωτός οχετός (Διαδίκτυο 2012) (http://www.venizelosarchives.gr/treeres.asp?mynode=60635&afterroot=~Φάκελος%20208).....	14
1-11: Μεταλλικοί οχετοί(Μουρατίδης 2007).....	15
1-12: Πτερυγότοιχοι σε κιβωτοειδή οχετό(Διαδίκτυο 2012) (http://www.mandrakis.net/index.php?categoryid=12&p17_sectionid=6&p17_imageid=91).....	17

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

	Σελ.
1-1: Διαστάσεις κιβωτοειδών οχετών(Norman et al, 1985,2001).....	10
1-2: Παράγοντες που επηρεάζουν την λειτουργία και απόδοση του οχετού(Norman et al, 1985,2001).....	25
2-1: Μέθοδοι Προσδιορισμού Παροχών Αιχμής(Norman et al, 1985,2001)...	29
2-2: Δεδομένα απαιτούμενα για τον σχεδιασμό ενός οχετού(Τζούμας 2000).	39
3-1: Τιμές του συντελεστή Manning, n, για οχετούς(Πρίνος 2009).....	51
5.1: Αποτελέσματα υδραυλικής ανάλυσης οχετού.....	104

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΟΧΕΤΩΝ

Οχετοί είναι τα υδραυλικά τεχνικά έργα που χρησιμεύουν για αποκατάσταση φυσικών απορροών κάτω από οδικά επιχώματα. Αν και η εν γένει διαμόρφωσή τους είναι διαφορετική από εκείνη των γεφυρών, συχνά γίνεται μια διάκριση σε σχέση με το άνοιγμά τους. Θεωρείται ότι οι οχετοί έχουν άνοιγμα μικρότερο ή ίσο με 6,0 m, ενώ οι γέφυρες έχουν άνοιγμα μεγαλύτερο από 6,0 m. Για τον λόγο αυτόν, πολλές φορές στην ορολογία της οδοποιίας, ονομάζονται και **μικρά τεχνικά**, συμπεριλαμβάνοντας και έργα ανάλογης διατομής και διαμόρφωσης, συγκοινωνιακού χαρακτήρα. Τα μικρά αυτά τεχνικά κατασκευάζονται κατά κύριο λόγο για την αποκατάσταση φυσικών ροών που διακόπτονται από την παρεμβολή ενός οδικού έργου. Η χρήση τους, ενδεικτικά μπορεί να επεκταθεί για γεφύρωση ρεμάτων, χειμάρρων και γενικά για αποχέτευση ομβρίων, για κάτω διαβάσεις αγροτικών και μικρών οχημάτων, διαβάσεις πεζών η για μικτές χρήσεις.

Οι οχετοί είναι έργα πολύ συνηθισμένα στην οδοποιία. Κατασκευάζονται κάτω από το οδόστρωμα της οδού στις θέσεις μισγαγγειών και φυσικών υδάτινων αποθεμάτων ανά αποστάσεις 200m ως 400m. Η κατασκευή τους γίνεται εγκάρσια προς τον άξονα της οδού ή με μικρή λοξότητα, όταν επιλέγεται να διατηρηθεί η γραμμή ροής του νερού, αν και συνήθως προτιμάται η κάθετη προς τον άξονα της οδού διεύθυνση.

Η μελέτη ενός οχετού περιλαμβάνει την αποτύπωση της φυσικής κοίτης και της γύρω περιοχής σε κλίμακα 1:500 κατά το στάδιο της προμελέτης. Μετά τη λήψη των στοιχείων εδάφους ακολουθεί η σχεδίαση του χάρτη σε κλίμακα 1:500 στον οποίο μεταφέρονται τα στοιχεία από την κύρια οριζοντιογραφία, τα οποία είναι ο άξονας της οδού, το πλάτος καταστρώματος, το εύρος κατάληψης, διατομές στην περιοχή του έργου και ορισμένες χαρακτηριστικές αποστάσεις. Στη συνέχεια γίνεται επιλογή της διεύθυνσης του άξονα του τεχνικού καθώς επίσης του τύπου και της διατομής του τεχνικού, της διάταξης των πτερυγότοιχων, της μορφής των έργων αποστράγγισης, της διατομής της κοιτόστρωσης και της κορωνίδας. Η μελέτη ενός οχετού περιλαμβάνει ακόμα τους υδραυλικούς και στατικούς υπολογισμούς του κυρίως φορέα, των θεμελίων, καθώς και των τοίχων αντεπιστροφής. Όταν ένας οχετός ευρίσκεται ακριβώς κάτω από την επιφάνεια κυκλοφορίας ονομάζεται οχετός στέψης, διαφορετικά ονομάζεται υπό επίχωση. (Μουρατίδης 2007)

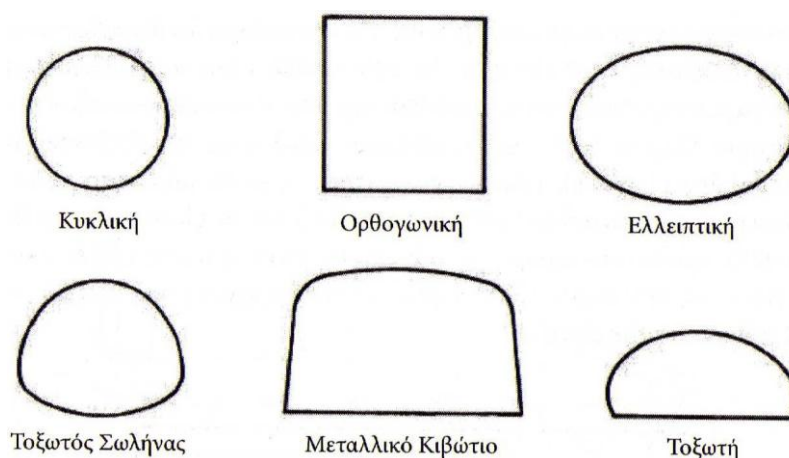
1.2 ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΧΕΤΩΝ

Υπάρχουν διάφορα είδη οχετών όσον αφορά τη διατομή τους(Σχήμα 1-1) που εφαρμόζονται στην οδοποιία. Το είδος του οχετού που είναι το περισσότερο κατάλληλο, καθορίζεται από την κατηγορία της οδού, το ύψος του επιχώματος, την κλίση της μισγάγγειας, τους οικονομικούς περιορισμούς και τους αισθητικούς λόγους. Πιο συγκεκριμένα, οι παράγοντες που διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην επιλογή του τύπου του οχετού και στην εν συνέχεια διαστασιολόγηση του τεχνικού που θα κατασκευαστεί είναι: (Μουρατίδης 2007)

1. Η υδραυλική παροχή σχεδιασμού Q_0 , που πρόκειται να παροχετευτεί
2. Τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της αντιπροσωπευτικής διατομής του οχετού και συγκεκριμένα ο συντελεστής τραχύτητας K , οι συντελεστές απωλειών, το σχήμα της διατομής. Σε μικρά βάθη ροής, για παράδειγμα, μια ορθογωνική διατομή αποχετεύει μεγαλύτερη ποσότητα νερού από μία κυκλική διατομή
3. Το πλάτος της κοίτης του φυσικού αποδέκτη που πρόκειται να κατασκευαστεί
4. Το διατιθέμενο μέγιστο ύψος του τεχνικού έργου
5. Οι συνθήκες θεμελίωσης
6. Οι συνθήκες εκτέλεσης του έργου, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα κατασκευής και χρησιμοποίησης προκατασκευασμένων στοιχείων
7. Η αντοχή σε χημικές επιδράσεις
8. Η αντοχή σε κρούσεις, κυρίως, φερτών υλικών χειμάρρων.

Με βάση τις παραπάνω ιδιαιτερότητες, μπορεί να γίνει επιλογή είτε σωληνωτού οχετού, είτε πλακοσκεπούς οχετού, είτε κιβωτοειδούς οχετού, είτε μεταλλικού οχετού. Ένα σημαντικό ζήτημα που τίθεται στην φάση επιλογής του είδους του τεχνικού είναι η συμβατότητα στην παραμορφωσιμότητα οχετού και γεωκατασκευής. Τεχνικά μεγάλης ακαμψίας πρέπει να κατασκευάζονται σε έργα όπου οι μετακινήσεις των γεωκατασκευών αναμένονται περιορισμένες. Γενικώς, οι οχετοί διακρίνονται σε: (Μουρατίδης, 2007)

- 1 **Σωληνωτούς οχετούς**, απλής κατασκευής, συνήθως από προκατασκευασμένα στοιχεία (τσιμεντοσωλήνες), κατάλληλους για μικρές παροχές
- 2 **Πλακοσκεπείς οχετούς**, που γνώρισαν ευρεία εφαρμογή στην Ελλάδα για πολλά χρόνια
- 3 **Κιβωτοειδής οχετούς**, που χρησιμοποιούνται σήμερα ευρύτατα στις εφαρμογές οδοποιίας, είτε πρόκειται για έργα αποκατάστασης ροών, είτε πρόκειται για έργα αποκατάστασης τοπικής κυκλοφορίας
- 4 **Θολωτούς οχετούς**, που κατασκευάζονται σε ειδικές περιπτώσεις, ιδιαίτερα όταν το ύψος του επιχώματος είναι μεγάλο
- 5 **Μεταλλικούς οχετούς**, από φύλλα κυματοειδούς λαμαρίνας, που παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της εύκολης μεταφοράς και τοποθέτησης.



Σχήμα 1-1: Μορφές οχετών που συνήθως χρησιμοποιούνται. (Πρίνος 2009)

1.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Γενικώς, η διάταξη των οχετών είναι τέτοια ώστε ο άξονάς τους να ακολουθεί τον άξονα του ρέματος. Η επιλογή αυτή διευκολύνει την κατασκευή λόγω του ότι η διαμόρφωση-διευθέτηση του ρέματος δεν απαιτεί ιδιαίτερα μέτρα και, κυρίως, δεν χρειάζεται να προηγηθεί έργο εκτροπής. Ωστόσο, η κατασκευή του τεχνικού έργου υπό γωνία δημιουργεί άλλα κατασκευαστικά ζητήματα. Όταν δε η γωνία του τεχνικού και, κατά συνέπεια, το κόστος αυξάνει σημαντικά. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι δυνατό να κριθεί σκόπιμη μια εκτροπή της κοίτης του ρέματος και διαμόρφωση του τεχνικού κάθετα προς τον άξονα της οδού. (Μουρατίδης 2007)

Τα στάδια κατασκευής ενός οχετού από σκυρόδεμα είναι τα εξής:

- Προσωρινή εκτροπή ή/και άντληση νερού του ρέματος προς την εκτέλεση των εργασιών θεμελίωσης
- Διαμόρφωση-εκσκαφή κοίτης ρέματος για δημιουργία χώρου κατασκευής του τεχνικού
- Γενικές εκσκαφές και εκσκαφές θεμελίωσης βάθρων, πλάκας θεμελίωσης και πτερυγοτοίχων. Σημειώνεται ότι, στις συνήθεις κατασκευές, οι εκσκαφές θα πρέπει να φθάσουν σε τέτοιο βάθος ώστε ο πυθμένας ροής να μην ευρίσκεται υψηλότερα από τη φυσική κοίτη του ρέματος
- Διάστρωση αμμοχάλικου και σκυροδέματος καθαριότητας
- Τοποθέτηση οπλισμών και σκυροδέτηση θεμελίων
- Ολοκλήρωση φορέα τεχνικού με παρεμβολή οριζόντιων και κατακόρυφων αρμών, καθώς και αντιστοίχων μεμβρανών υδατοστεγάνωσης
- Κατασκευή πτερυγοτοίχων ή τοίχων αντεπιστροφής
- Εκτέλεση περιμετρικής και επιφανειακής στεγάνωσης-αρμοπλήρωση
- Επίχωση με αδιαπέρατο αργιλικό υλικό προς δημιουργία υδραυλικής βαθμίδας με κατεύθυνση στους στραγγιστήριους σωλήνες
- Τοποθέτηση και συναρμολόγηση πλευρικών στραγγιστήριων σωλήνων
- Επίχωση με επίλεκτο αμμοχάλικο ή θραυστό λατομείου περιμετρικά του τεχνικού
- Συμπύκνωση μεταβατικού επιχώματος με οδοστρωτήρες μικρού (συνήθως) βάρους
- Κατασκευή (πιθανή) πλακών πρόσβασης
- Ολοκλήρωση κατασκευής επιχώματος και στρώσης έδρασης οδοστρώματος.

Μικρές παραλλαγές στην ανωτέρω τυπική διαδικασία μπορούν να προκύψουν ανάλογα με τη φύση του έργου και τα γεωμετρικά στοιχεία της διατομής.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι οχετοί κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται είναι κυρίως κατηγορίας C16/20 ή ανώτερης, ενώ η υδατοπερατότητά του είναι περιορισμένη. Οι έλεγχοι που πρέπει να γίνονται είναι αυτοί οι οποίοι προβλέπονται από τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος. Αντίστοιχες είναι και οι δοκιμές οι οποίες προβλέπονται για τα θραυστά και φυσικά αδρανή που συναποτελούν το σκυρόδεμα.

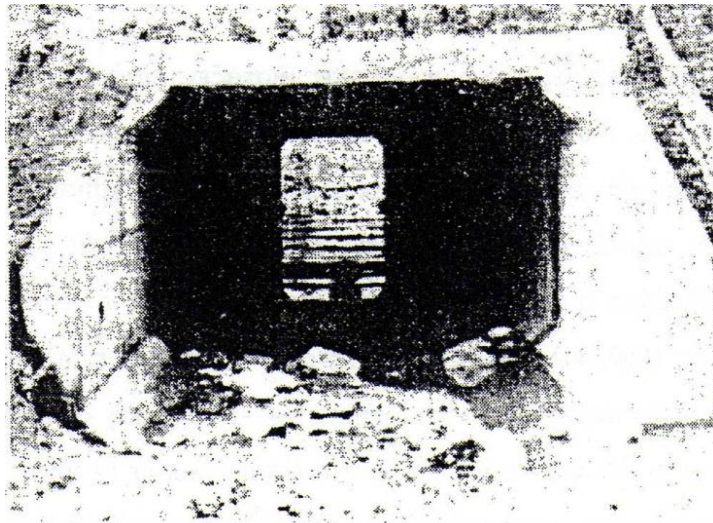
Η **ποιότητα του σκυροδέματος** που χρησιμοποιείται για τα έργα προστασίας της κοίτης των οχετών εξαρτάται από τη μέγιστη ταχύτητα ροής. Έτσι, για ταχύτητα $u < 6$ m/sec μπορεί να χρησιμοποιείται σκυρόδεμα C16/20, ενώ για ταχύτητα $u > 8$ m/sec σκυρόδεμα C30/37.

Για τον οπλισμό των στοιχείων που αποτελούν έναν οχετό χρησιμοποιείται χάλυβας S500 ή S400 με νευρώσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και λείος χάλυβας S220 για συνδετήρες καθώς και για στοιχεία που δεν συμμετέχουν στην στήριξη του τεχνικού.

Το **βάθος θεμελίωσης** των οχετών είναι οπωσδήποτε μεγαλύτερο από 1,0m (ανάλογα με την κλίση του εδάφους) και στα βραχώδη εδάφη περιορίζεται στα 0,50m. Σε μαλακά εδάφη, φρεατοπάσσαλοι χρησιμοποιούνται για θεμελίωση των μικρών τεχνικών. Αρμοί διαστολής του σκυροδέματος δημιουργούνται κάθε 8-10 m, περίπου, μήκους οχετού και πληρώνονται με κατάλληλα υλικά (ρητίνες, ασφαλτομαστίχες), αλλά και με στεγανωτικά πλαστικά παρεμβλήματα (υδατοστεγανωτικές μεμβράνες).

Τα **τοιχώματα ή τα βάθρα οχετών** κατασκευάζονται με χρήση πλευρικών ξυλοτύπων. Σε καμία περίπτωση δεν είναι ορθό να γίνεται σκυροδέτηση του τεχνικού σε επαφή με το μέτωπο της εκσκαφής.

Στα τεχνικά αυτού του τύπου, δηλαδή στα μικρά τεχνικά, συνήθως η σκυροδέτηση γίνεται επί τόπου. Αρκετά συχνά όμως χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένα στοιχεία. Η χρήση **προκατασκευασμένων σπονδύλων** σε οχετούς κλειστής διατομής (κιβωτοειδής, καμπυλόμορφους) στηρίζεται σε κάποιες προϋποθέσεις οι οποίες θα πρέπει να πληρούνται. Η χρήση προκατασκευασμένων σπονδύλων γίνεται υπό την προϋπόθεση ότι θα γίνει κατάλληλη διαμόρφωση αρμών που θα πληροί τις προδιαγραφόμενες απαιτήσεις στεγανότητας και συνεργασίας σπονδύλων. Παράλληλα θα πρέπει να γίνουν διαμορφώσεις κατάλληλων διατάξεων για την ανύψωση, μεταφορά και τοποθέτηση των σπονδύλων. Το μήκος των προκατασκευασμένων τεμαχίων δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 0,20 m.



Εικόνα 1-1: Προκατασκευασμένος οχετός ορθογώνιας διατομής από σκυρόδεμα.
(Norman et al, 1985,2001).



Εικόνα 1-2: Οχετός τοξοειδούς διατομής από μέταλλο κυματοειδούς μορφής (ARMCO) (Norman et al, 1985,2001).

Τέλος μεγάλη σημασία πρέπει να δίνεται στην αισθητική του τεχνικού. Η μορφή του πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μην προκαλεί αισθητική όχληση και να δένει αρμονικά με το περιβάλλον. (Μουρατίδης 2007)

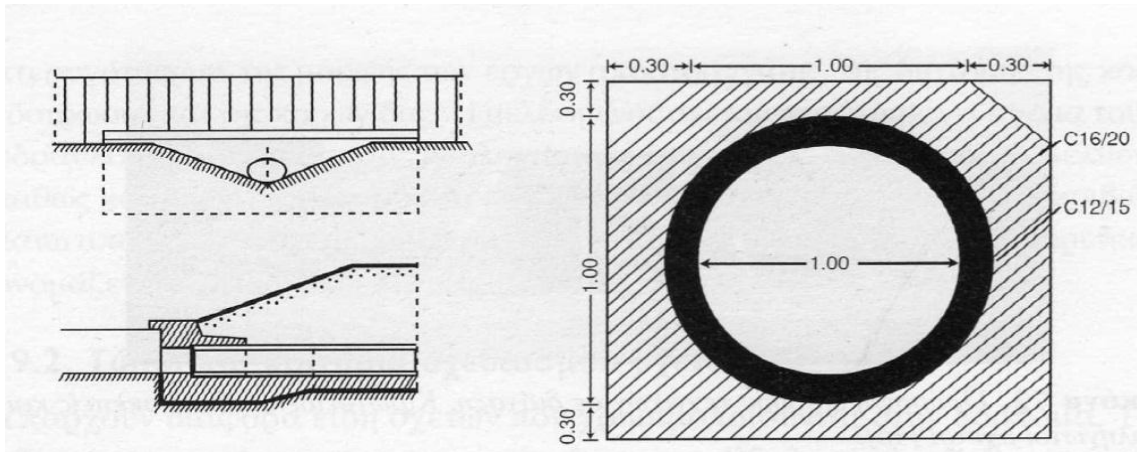
Ένας τυπικός οχετός ορθογωνικής διατομής από σκυρόδεμα και ένας τοξοειδούς διατομής από μέταλλο κυματοειδούς μορφής παρουσιάζονται παραπάνω στις Εικόνες 1-1 και 1-2 αντίστοιχα.

1.4 ΣΩΛΗΝΩΤΟΙ ΟΧΕΤΟΙ

Οι σωληνωτοί οχετοί (τσιμεντοσωλήνες) εφαρμόζονται όταν η προς παροχέτευση ποσότητα νερού είναι μικρή. Αποτελούν μία κατασκευή εύκολη και γρήγορη.

Οι σωλήνες είναι προκατασκευασμένοι, με εσωτερική διάμετρο 0,60 ως 1,00m από άοπλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι άοπλοι σωλήνες τοποθετούνται πάνω σε στρώση από σκυρόδεμα πάχους 20cm και εγκιβωτίζονται με σκυρόδεμα ελάχιστου πάχους 20cm (Σχήμα 1-2). Οι οπλισμένοι τοποθετούνται πάνω σε στρώση από άμμο πάχους 20cm και εγκιβωτίζονται με κοκκώδες υλικό (αμμοχάλικο) πάχους 20cm. Οι σωληνωτοί οχετοί δεν είναι επισκέψιμοι.

Ο πυθμένας προ της εισόδου του τεχνικού έργου και για μήκος περίπου ίσο με το διπλάσιο της διαμέτρου του σωλήνα του οχετού είναι καλό να έχει μία κλίση τουλάχιστον 10% ώστε να αποφεύγεται η διήθηση και η υποσκαφή. Το ίδιο συμβαίνει και για την έξοδο του τεχνικού όπου ο πυθμένας διαμορφώνεται με μία κλίση 5% για ένα μήκος περίπου ίσο με τη διάμετρο του σωλήνα του οχετού. (Μουρατίδης 2007)



Σχήμα 1-2: Διαμόρφωση στομίου σωληνωτού οχετού. Εγκάρσια και διαμήκης τομή. (Μουρατίδης 2007)

Σωληνωτοί αγωγοί δεν μπορούν να τοποθετούνται ως οχετοί για παροχέτευση σε έκταση λεκανών απορροής αλλά ούτε και σε κύριες οδικές αρτηρίες. Κατ'εξαιρέση με τα παραπάνω μπορεί να κατασκευαστεί σωληνωτός οχετός που αποχετεύει άμεσα εξωτερικές λεκάνες απορροής σε υπεραστικές οδούς τυπικής διατομής E και κατώτερης και σε αστικές οδούς λειτουργικής κατάταξης συλλεκτήριας οδού και κατώτερης υπό τις ακόλουθες προϋποθέσεις: (Μουρατίδης 2007)

- 1 Η ελάχιστη εσωτερική διάμετρος σωληνωτού οχετού δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 1,00m
- 2 Το μέγιστο μήκος του οχετού δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 20m
- 3 Δεν πρέπει να υπάρχει κίνδυνος έμφραξης από στερεοπαροχή.

Όσον αφορά τους ποιοτικούς ελέγχους των αγωγών από σκυρόδεμα πραγματοποιούνται δοκιμές θλίψεως, δοκιμές υδαταπορροφητικότητας και δοκιμές υδατοστεγανότητας (υδατοπερατότητας).

Όταν η παροχή σχεδιασμού είναι μεγάλη και η επιλογή της προκατασκευής μέσω σωληνωτών αγωγών παραμένει ισχυρή, είναι δυνατό να διαμορφωθεί το τεχνικό έργο από περισσότερους σωλήνες σκυροδέματος. Συνήθως το σύνολο των σωληνωτών κατασκευών τοποθετείται σε φάτνη σκυροδέματος C12/15 με απόσταση μεταξύ των σωλήνων $0,3D-0,6D$, όπου D η διάμετρος των προκατασκευασμένων στοιχείων.

Τυπικοί σωληνωτοί οχετοί κατά την φάση της κατασκευής και της περαιτέρω λειτουργίας του έργου δίνονται στις Εικόνες 1-3,1-4.



Εικόνα 1-3: Τοποθέτηση σωληνωτού οχετού κατά τη φάση της κατασκευής.
(Διαδίκτυο 2012) (http://www.larissanet.gr/el/june2012/thessaly_region/27744/Επιβλεψη-Αγοραστού-σε-έργα-της-Αν-Αργιθέας.htm)

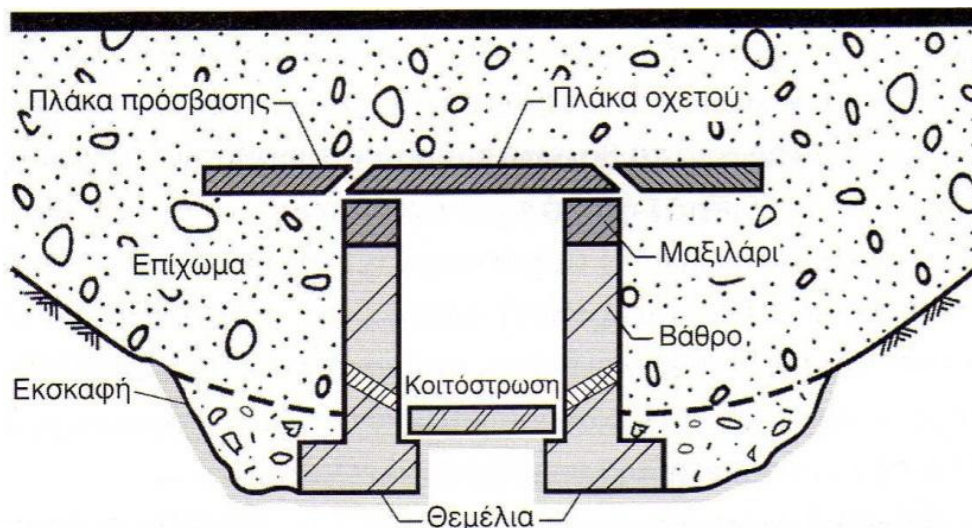


Εικόνα 1-4: Σωληνωτός μετά την κατασκευή κατά τη φάση λειτουργίας του έργου.
(Διαδίκτυο 2012) (http://www.larissanet.gr/el/june2012/thessaly_region/27744/Επιβλεψη-Αγοραστού-σε-έργα-της-Αν-Αργιθέας.htm)

1.5 ΠΛΑΚΟΣΚΕΠΕΙΣ ΟΧΕΤΟΙ

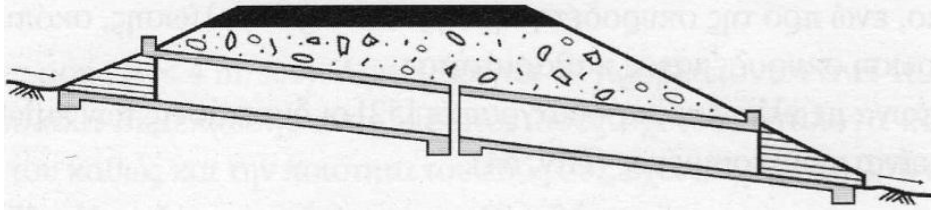
Οι πλακοσκεπέις οχετοί εμφανίζονται σε όλες τις συνηθισμένες περιπτώσεις έργων οδοποιίας, με τάση, ωστόσο, να παραχωρήσουν την πρώτη, από πλευράς εφαρμογής, θέση στους κιβωτοειδής οχετούς. Η εφαρμογή τους είναι συχνή σε συνήθεις περιπτώσεις έργων, όταν, δηλαδή υπάρχει κανονικό ύψος επιχωμάτωσης και σχετικά καλό έδαφος έδρασης. Ο φορέας αποτελείται από πλάκα οπλισμένη, που παραλαμβάνει τα φορτία των υπερκείμενων γαιών και τα φορτία κυκλοφορίας. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα C16/20.

Σε σχετικά μικρά μήκη οχετών και ήπιες κλίσεις φυσικού εδάφους, η πλάκα ακολουθεί την κλίση της κοιτόστρωσης και του ρέματος. Όταν όμως εμφανίζεται κίνδυνος ολίσθησης για μεγάλες κλίσεις εδάφους, $i > 10\%$, η πλάκα μπορεί να κατασκευάζεται οριζόντια. Η πλάκα εδράζεται σε μαξιλάρια από σκυρόδεμα C16/20 (Σχήμα 1-3). Υπάρχουν μεταλλικές βέργες χιαστί τοποθετημένες που δημιουργούν την άρθρωση με την πλάκα. Τα μαξιλάρια εδράζονται στα βάθρα από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Σχήμα 1-3: Τυπική τομή πλακοσκεπούς οχετού όπου διακρίνονται τα διάφορα τμήματα του έργου. (Μουρατίδης 2007)

Η **κοιτόστρωση** είναι συνήθως πλάκα από άοπλο σκυρόδεμα πάχους 10 έως 15 cm που αποτρέπει την διάβρωση του φυσικού εδάφους. Όταν η κλίση του εδάφους είναι μεγάλη, $i > 10\%$, η έδραση του τεχνικού διαμορφώνεται απαραίτητα με αναβαθμούς ή με **χαλινό** ούτως ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος μετατόπισής της από τη δράση του ύδατος (Σχήμα 1-4). Η κοιτόστρωση τοποθετείται εκτός από τους πλακοσκεπέις και στους θολωτούς οχετούς. Οι επιφάνειες της πλάκας και των μαξιλαριών που έρχονται σε επαφή με το έδαφος καλύπτονται με τσιμεντοκονία για προστασία από τη δράση του νερού.



Σχήμα 1-4: Πλακοσκεπέις οχετός, κατά μήκος τομή.(Μουρατίδης 2007)

Σημαντικό είναι το θέμα της αποστράγγισης του μεταβατικού επιχώματος. Διατάξεις φίλτρου πρέπει να οδηγούν τα στραγγίσματα σε διάτρητους σωλήνες στην εξωτερική παρειά των βάθρων, ώστε να αποτραπεί η ανάπτυξη υδροστατικών πιέσεων και η διάβρωση του φορέα.

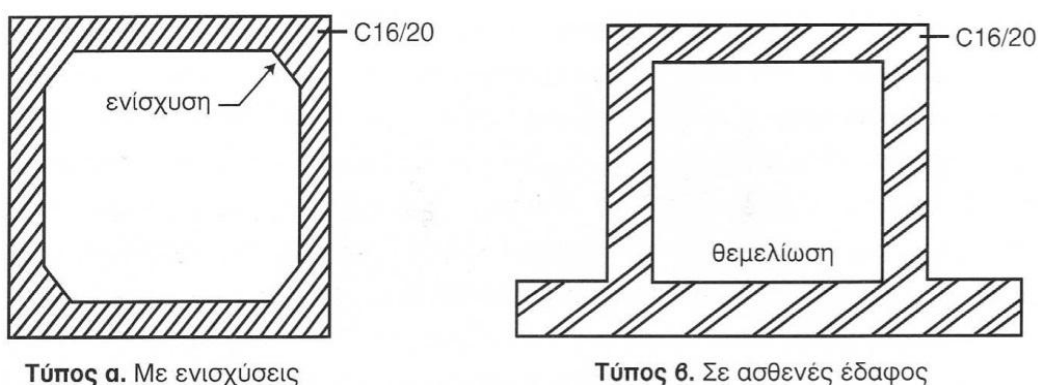
Στους πλακοσκεπέις οχετούς και προς αποτροπή διάβρωσης και υποσκαφής, η κοιτόστρωση συχνά εκτείνεται εκτός της κλειστής διατομής του τεχνικού μέχρι την απόληξη των πτερυγότοιχων. Για ενίσχυση και σωστή θεμελίωση της κοιτόστρωσης, είναι σκόπιμο να τοποθετούνται χαλινοί κατά μήκος του τεχνικού εν είδη αγκυρώσεων στο υποκείμενο έδαφος, ειδικά όταν η μέση κλίση του υδατορέματος είναι σημαντική ($i > 5\%$) και απαραίτητο όταν η κλίση είναι μεγάλη ($i > 10\%$). (Μουρατίδης 2007)



Εικόνα 1-5: Πλακοσκεπέις οχετός κατά τη φάση κατασκευής.(Μουρατίδης 2007)

1.6 ΚΙΒΩΤΟΕΙΔΗΣ ΟΧΕΤΟΙ

Οι κιβωτοειδής οχετοί ή ορθότερα κιβωτοειδής οχετοί από οπλισμένο σκυρόδεμα. Φέρουν πλήρη οπλισμό στην πλάκα, στα βάρη και στην έδραση και εφαρμόζονται συνήθως όταν συναντώνται κακής ποιότητας εδάφη. Κατασκευάζονται από σκυρόδεμα C16/20 ή και ισχυρότερο. Στις θέσεις συνάντησης πλάκας/βάρων και βάρων/θεμελίων διαμορφώνονται τριγωνικές ενισχύσεις (Σχήμα 1-5). Λόγω στατικής αορίστου συστήματος, προς αποφυγή καθίζησης, εξυγιαίνεται το έδαφος έδρασης με θραυστό υλικό ή αμμοχάλικο, ενώ προ της σκυροδέτησης της πλάκας θεμελίωσης, σκόπιμη είναι η διάστρωση σκυροδέματος καθαριότητας.



Σχήμα 1-5: Τυπικές διατομές κιβωτοειδούς οχετού (τύποι α και β). (Μουρατίδης 2007)

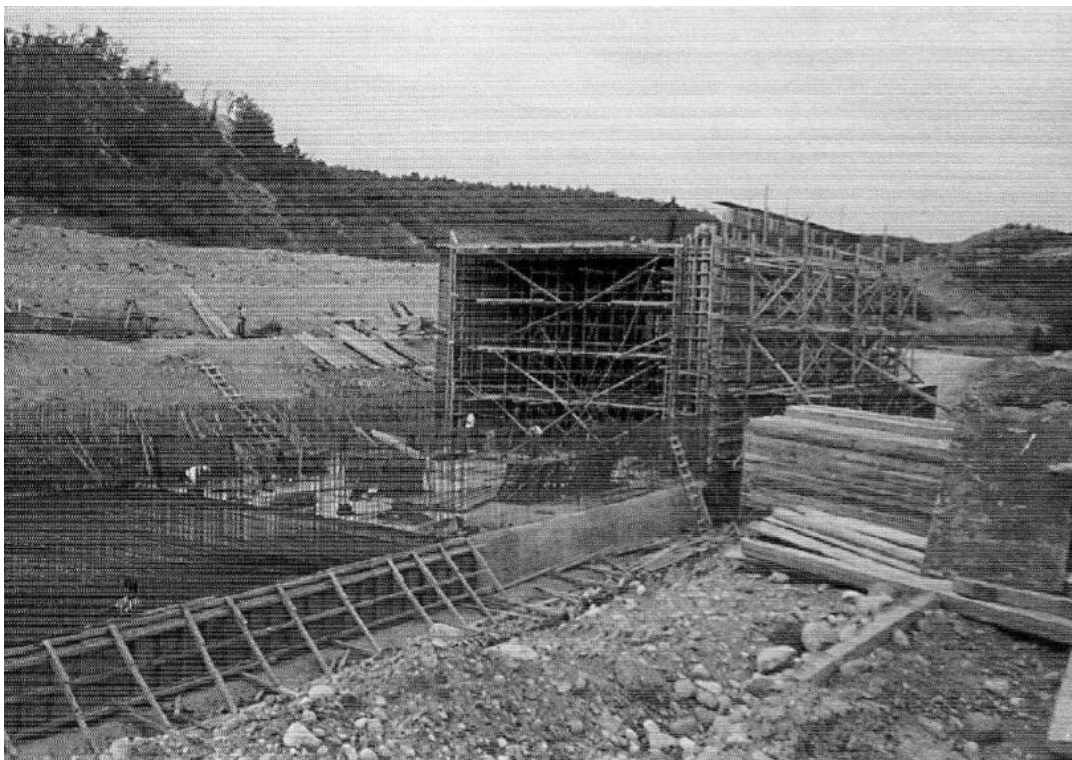
Σύμφωνα με ελληνικές προδιαγραφές οι διαστάσεις των κιβωτοειδών οχετών είναι τυποποιημένες και δίνονται στον Πίνακα 1-1.

Ελεύθερο ύψος οχετού	Άνοιγμα οχετού					
	[m]	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00
4,00				4×4	4×5	4×6
3,50				3,5×4	3,5×5	3,5×6
3,00			3×3	3×4	3×5	3×6
2,50			2,5×3	2,5×4	2,5×5	2,5×6
2,00	2×2	2×3	2×4	2×5	2×6	
1,50	1,5×2	1,5×3	1,5×4	1,5×5	1,5×6	
1,00	1×2					

Πίνακας 1-1: Διαστάσεις κιβωτοειδών οχετών. (Μουρατίδης 2007)

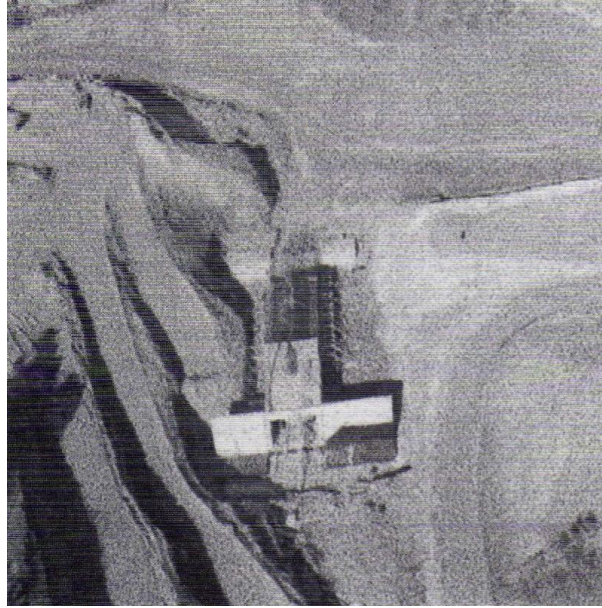
Κιβωτοειδής και πλακοσκεπείς οχετοί διαμορφώνονται κατά τμήματα (σπονδύλους), ως προς την έννοια του μήκους, ακολουθώντας την κλίση του φυσικού εδάφους συνήθως με ευθύγραμμη χάραξη χωρίς καμπύλες. Τεθλασμένη χάραξη είναι δυνατή για μικρές παροχές ($Q_0 < 20 \text{ m}^3/\text{sec}$) και μικρές ταχύτητες ροής ($v < 4 \text{ m/sec}$). Η πλάκα θεμελίωσης ενός κιβωτοειδούς οχετού, ανάλογα και με το άνοιγμά του καθώς και την ποιότητα του εδάφους, έχει πάχος από 0,70 έως 1,00 m. Η ανάγκη αγκύρωσης της θεμελίωσης του οχετού για αποφυγή ολίσθησης είναι σαφώς μικρότερη από εκείνη της κοιτόστρωσης του πλακοσκεπούς οχετού. Σκόπιμη, ωστόσο, είναι και στους κιβωτοειδής οχετούς η **δημιουργία χαλινών** για κλίση $i > 7,5\%$ και απαραίτητη για κλίση $i > 10\%$. Σημαντικά, επίσης, είναι τα θέματα υγρομόνωσης και προστασίας της εξωτερικής επιφάνειας του οχετού προ της επανεπίχωσης. Ωστόσο η κατασκευή μεταβατικών επιχωμάτων επιβάλλει ακόμη αυστηρότερες συνθήκες κατασκευαστικής διαδικασίας και διασφάλισης ποιότητας του έργου.

Στη σύγχρονη πρακτική της οδοποιίας στην Ελλάδα, οι κιβωτοειδής οχετοί τείνουν να εκτοπίσουν όλους τους άλλους τύπους μικρών τεχνικών και να αποτελέσουν τον κανόνα για υδραυλικά έργα αποκατάστασης φυσικών ροών. (Μουρατίδης 2007)



Εικόνα 1-6: Κιβωτοειδής οχετός στη φάση τοποθέτησης του σιδηρού οπλισμού και της σκυροδέτησης δαπέδου. (Μουρατίδης 2007)

Επιπλέον, τυπικές περιπτώσεις κιβωτοειδών οχετών κατά τη φάση της κατασκευής δίνονται στις Εικόνες 1-7, 1-8 και 1-9.



Εικόνα 1-7: Κιβωτοειδής οχετός με τοίχους αντεπιστροφής.(Μουρατίδης 2007)



Εικόνα 1-8: Κιβωτοειδής οχετός στην φάση κατασκευής όπου διακρίνεται η όπλιση.
(Διαδίκτυο 2012)

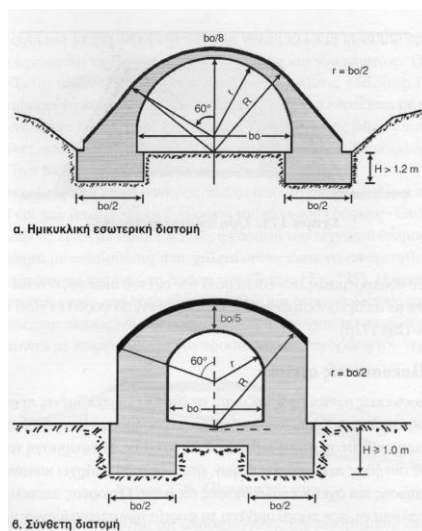
(<http://mcnelly.com/index.cfm?id=E0B862D9-A3B1-41F9-88A07C84ACE1A0C0>)



Εικόνα 1-9: Κιβωτοειδής οχετός στην φάση κατασκευής, με προκατασκευασμένα στοιχεία ορθογωνικής διατομής. (Διαμορφωμένο από Διαδίκτυο 2012)
<http://www.perrascompanies.com/gallery.php>

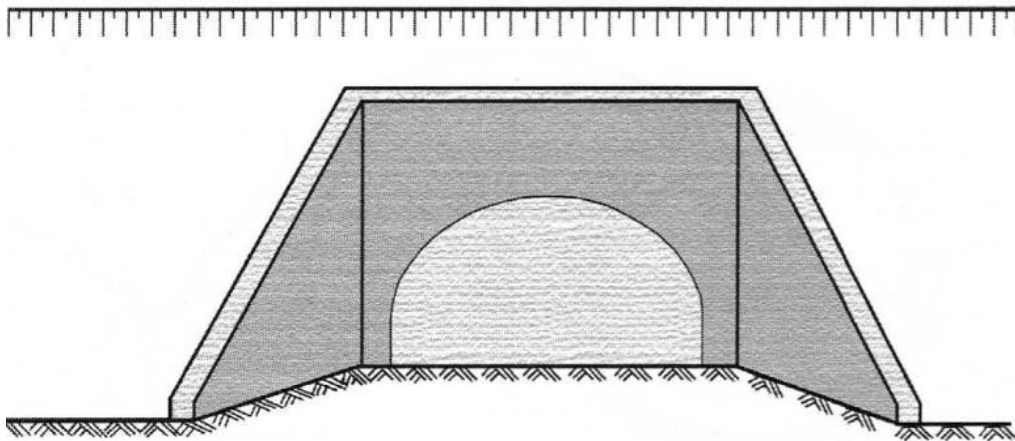
1.7 ΘΟΛΩΤΟΙ ΟΧΕΤΟΙ

Οι θολωτοί οχετοί (Σχήμα 1-6) εμφανίζονται όταν υπάρχουν υψηλά επιχώματα και αντίστοιχα μεγάλα κατακόρυφα φορτία. Με τον τύπο αυτόν των οχετών επιτυγχάνεται θλιπτική μόνον επιπόνηση του φορέα και αποφεύγονται οι μεγάλες ροπές κάμψεως και τάσεις εφελκυσμού στην πλάκα του οχετού.

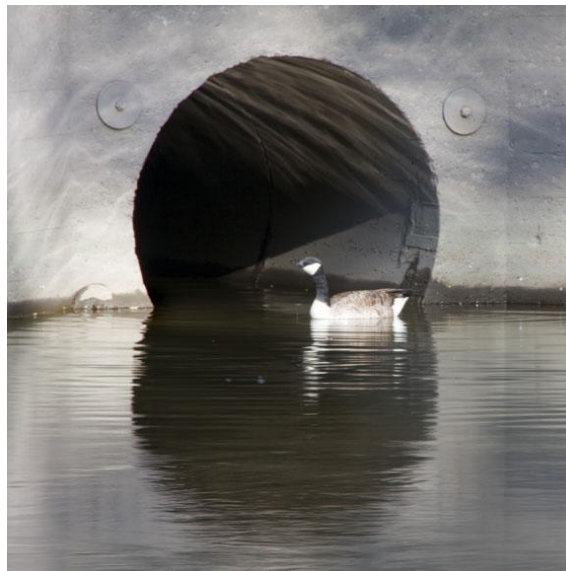


Σχήμα 1-6: Διατομές θολωτών οχετών. (Μουρατίδης 2007)

Κατασκευάζονται από λιθοδομή, που αποτελεί την παραδοσιακή τεχνική η οποία και έχει εγκαταλειφθεί, ή από οπλισμένο σκυρόδεμα συνήθως τύπου C16/20. Μπορεί κάτω από το θολωτό τμήμα να τοποθετηθούν απευθείας τα θεμέλια (μεγάλα ανοίγματα) νή μετά το θολωτό τμήμα να τοποθετηθούν βάθρα (μικρά ανοίγματα). Το θολωτό τμήμα μορφώνεται βασικά από δύο μη ομόκεντρα κυκλικά τόξα με διαφορετικές ακτίνες (Σχήμα 1-6). Το μικρό τόξο μορφώνει την εσωτερική πλευρά του θόλου, ενώ το μεγάλο την εξωτερική. Η θέση από την οποία αρχίζει ο θόλος ονομάζεται **γένεση**, ενώ η ανώτερη θέση του θόλου στον άξονα συμμετρίας ονομάζεται **κλείδα**.



Σχήμα 1-7: Όψη θολωτού οχετού. (Μουρατίδης 2007)



Εικόνα 1-10: Θολωτός οχετός (Διαδίκτυο 2012)
(<http://www.venizelosarchives.gr/treeres.asp?mynode=60635&afterroot=~Φάκελος%20208>)

Οδηγίες από ελληνικούς φορείς έργων οδοποιίας προσδιορίζουν τη διατομή του οχετού ανάλογα με τη γεωμετρία και το ύψος του επιχώματος. Η κοίτη του υδατορέματος στο εσωτερικού του οχετού διαμορφώνεται με απλή επένδυση, με απλή κοιτόστρωση ή με ενιαίο φορέα εν είδει κλειστού κιβωτίου. (Μουρατίδης 2007)

1.8 ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ ΟΧΕΤΟΙ

Οι μεταλλικοί οχετοί (corrugated metal pipe) έχουν συνήθως καμπύλη κυκλική ή ωοειδή διατομή. Τοποθετούνται σε εδάφη που χαρακτηρίζονται από υψηλή φέρουσα αντοχή. Σε αντίθετη περίπτωση, επί ισχνών εδαφών, πριν από την τοποθέτησή τους προηγείται ειδική προετοιμασία και εξυγίανση του εδάφους έδρασης. Βασικό πλεονέκτημα του τύπου αυτού των οχετών είναι η ευκολία μεταφοράς και τοποθέτησής τους. Στην Ελλάδα δεν είναι ευρέως διαδεδομένοι και χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις οδικών έργων. Όταν όμως επιλέγεται αυτός ο τύπος τεχνικών, προτιμάται ένας οχετός από κυματοειδή χαλύβδινα ελάσματα. Τέτοιοι οχετοί χρησιμοποιούνται σε οδικά έργα τοπικού ή επαρχιακού δικτύου, όπου παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της γρήγορης και απλής τοποθέτησης, ακόμη και για σημαντικές διατομές τεχνικών. Η διάμετρος των προκατασκευασμένων στοιχείων φθάνει τα 3m και το πάχος της λαμαρίνας τα 5mm, ενώ ο διαμορφωμένος φορέας παρουσιάζει ικανοποιητική παραμορφωσιμότητα και προσαρμόζεται εύκολα στις επί τόπου συνθήκες.

Ακόμη, σε περιπτώσεις όπου αναμένονται μετακινήσεις ή καθιζήσεις του υπεδάφους, οι μεταλλικοί οχετοί προσφέρουν το πλεονέκτημα της παραμορφωσιμότητας σε σχέση με τα άκαμπτα στοιχεία του σκυροδέματος.

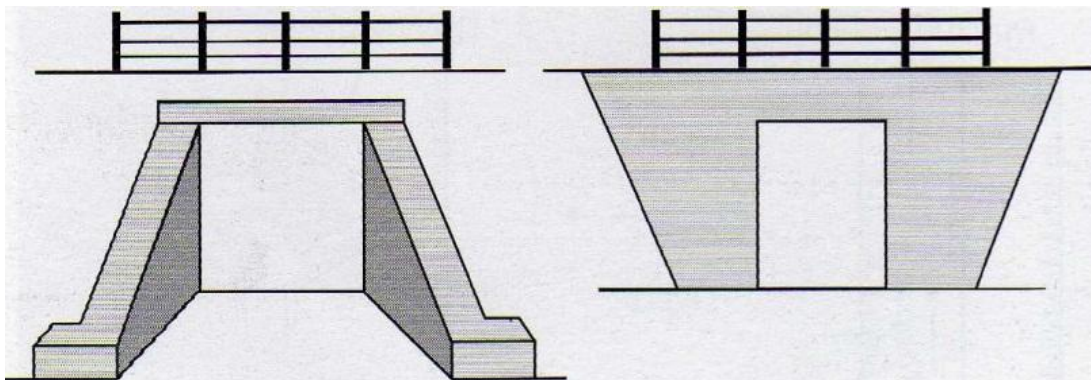
Ειδική περίπτωση αποτελούν οι μεταλλικές ημιδιατομές εν σειρά που μπορούν να παροχετεύσουν μεγάλες ποσότητες ύδατος. (Μουρατίδης 2007)



Εικόνα 1-11: Μεταλλικοί οχετοί. (Μουρατίδης 2007)

1.9 ΕΡΓΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΕΞΟΔΟΥ ΤΩΝ ΟΧΕΤΩΝ

Η διαμόρφωση της εισόδου και της εξόδου των οχετών γίνεται με πτερυγότοιχους ή τοίχους αντεπιστροφής οι οποίοι συγκρατούν τα υλικά του επιχώματος και προστατεύουν τα στόμια του τεχνικού από κινδύνους έμφραξης.



Σχήμα 1-8: τυπική διαμόρφωση της εισόδου και της εξόδου των οχετών.
(Μουρατίδης 2007)

Οι **πτερυγότοιχοι** είναι τοίχοι που κατασκευάζονται στην είσοδο και στην έξοδο του οχετού σε συνέχεια με τα βάθρα και σχηματίζουν μικρή γωνία προς το εξωτερικό με την ευθεία που ορίζουν τα βάθρα. Η γωνία που σχηματίζουν οι πτερυγότοιχοι με τον άξονα του οχετού κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 15 και 45 μοιρών. Η στέψη τους ακολουθεί την επιφάνεια του επιχώματος και διατάσσεται 30-40 cm πάνω από αυτήν, ενώ το ύψος τους μειώνεται σταδιακά προς το εξωτερικό της οδού. Όταν η στέψη του πτερυγότοιχου φθάσει σε ύψος 40cm από το έδαφος, η κατασκευή διακόπτεται ή συνεχίζεται με ένα τμήμα παράλληλο προς τον άξονα της οδού. Οι πτερυγότοιχοι αποτελούν τη συνήθη λύση έργων εισόδου και εξόδου στα μικρά τεχνικά, και ιδιαίτερα για σημαντικό ύψος επιχώματος. Βοηθούν να κατευθυνθούν τα νερά του ρέματος προς τον οχετό εμποδίζοντας έτσι τη διάβρωση του επιχώματος. Κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα ποιότητας C16/20 ή ανώτερης και διαστασιολογούνται ως τοίχοι αντιστήριξης μεταβλητού ύψους με την κατάλληλη θεμελίωση και, ενδεχομένως, τις απαραίτητες αντηρίδες.

Οι **τοίχοι αντεπιστροφής** είναι τοίχοι που κατασκευάζονται στην είσοδο και στην έξοδο του οχετού σε διεύθυνση κάθετη προς τα βάθρα και παράλληλη προς τον άξονα της οδού. Η κατασκευή των τοίχων αντεπιστροφής είναι πιο εύκολη και γρήγορη και προτιμώνται όταν το ύψος του επιχώματος είναι μικρό. Ακόμη, η κατασκευή τοίχων αντεπιστροφής ενδείκνυται όταν η κλίση του φυσικού εδάφους είναι ελάχιστα ηπιότερη από την κλίση του πρανούς του επιχώματος, ουσιαστικά, δηλαδή, όταν η κλίση του εδάφους είναι πιο ισχυρή. Στην περίπτωση αυτήν, οι πτερυγότοιχοι που, ενδεχομένως θα κατασκευασθούν, θα έχουν υπερβολικά μεγάλο μήκος και κρίνονται τεχνικά και οικονομικά ασύμφοροι. Οι τοίχοι αντεπιστροφής κατασκευάζονται από σκυρόδεμα ποιότητας C16/20 ή ανώτερης. Στην περίπτωση όπου τα στόμια των οχετών διαμορφώνονται με τοίχους αντεπιστροφής, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε οι τοίχοι να έχουν επαρκές

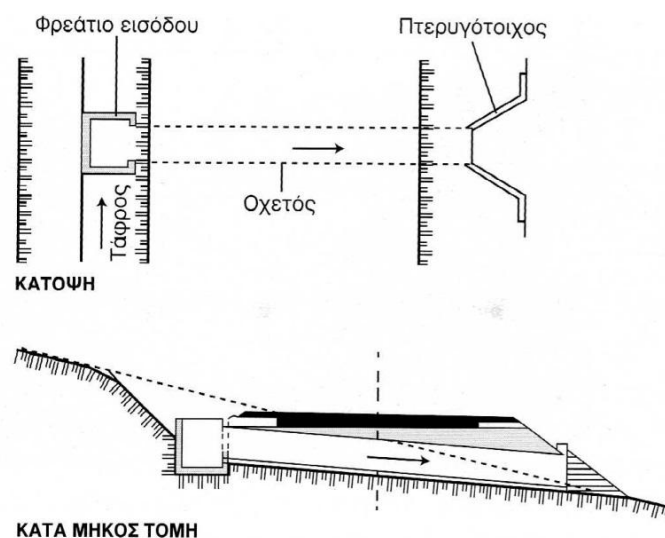
μήκος για να μη δημιουργείται κίνδυνος έμφραξης της εισόδου και εξόδου από τα τεταρτοκώνια των γαιών. Όσον αφορά τα κατασκευαστικά τους στοιχεία, διαμορφώνονται και διαστασιολογούνται ως τοίχοι αντιστήριξης. (Μουρατίδης 2007)



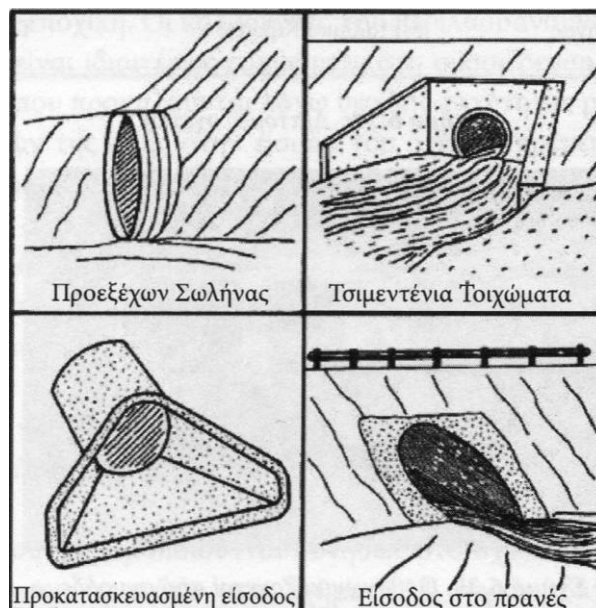
Εικόνα 1-12: Πτερυγότοιχοι σε κιβωτοειδή οχετό. (Διαδίκτυο 2012) (http://www.mandrakis.net/index.php?categoryid=12&p17_sectionid=6&p17_imageid=91)

Φρεάτια εισόδου κατασκευάζονται σε μικτές διατομές στις θέσεις απόληξης των τάφρων της οδού στον πόδα του πρσανούς ορύγματος, όπου παραλαμβάνονται τα όμβρια και οδηγούνται κατόντη.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 1-9) φαίνεται μία γενική διάταξη οχετού με φρεάτιο εισόδου.



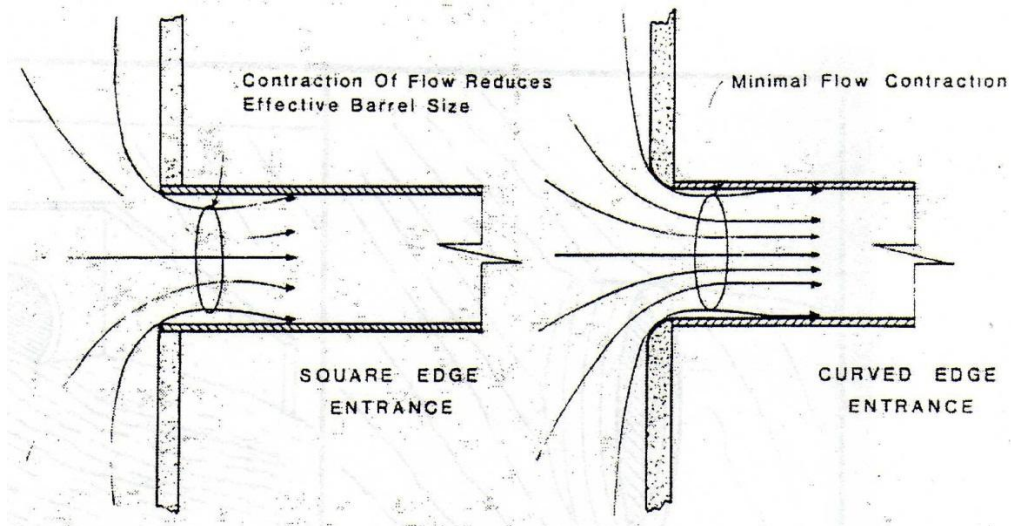
Σχήμα 1-9: Γενική διάταξη οχετού με φρεάτιο εισόδου. (Μουρατίδης 2007)



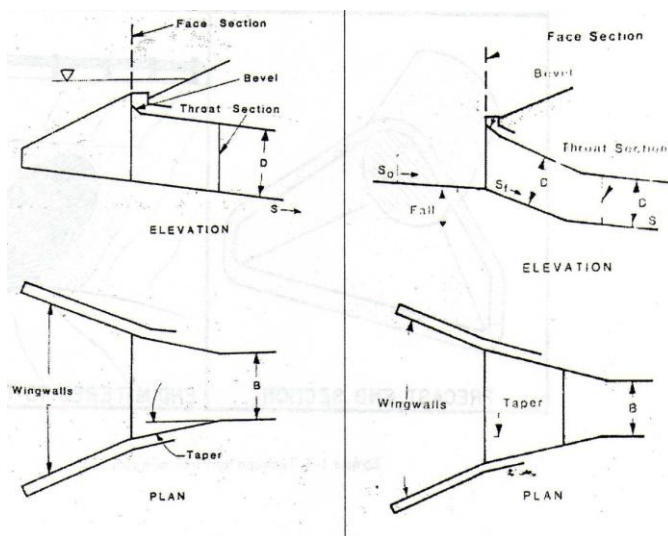
Σχήμα 1-10: Τέσσερα πρότυπα είδη εισόδου οχετών. (Πρίνος 2009).

1.10 ΕΙΣΟΔΟΙ ΟΧΕΤΩΝ

Η υδραυλική χωρητικότητα ενός οχετού μπορεί να βελτιωθεί μέσω της κατάλληλης επιλογής εισόδου. Από τη στιγμή που το φυσικό κανάλι ροής είναι, συνήθως, πλατύτερο από το εμβαδόν διατομής του οχετού, το χείλος εισόδου αντιπροσωπεύει μία συστολή της ροής και μπορεί να αποτελεί την βασική συνθήκη ελέγχου της ροής (Σχήμα 1-11). Η ύπαρξη μίας βαθμιαίως αυξανόμενης ροής θα μειώσει τις απώλειες ενέργειας και συνεπώς θα δημιουργήσει μία περισσότερο υδραυλικώς αποδοτική συνθήκη εισόδου. Οι εισοδοί με κωνικά προσαρμοσμένο χείλος είναι για το λόγο αυτό πιο αποτελεσματικές από τις τετραγωνισμένες. Οι εισοδοί με σταδιακή μείωση της επιφάνειας των πλευρών τους και σταδιακή μείωση της κλίσης τους, αναφέρονται συχνά ως βελτιωμένες εισοδοί, οι οποίες προάγουν τη μείωση της συστολής στην οποία υπόκειται η ροή. Οι εισοδοί μειωμένου ύψους όπως και οι εισοδοί με σταδιακή μείωση της επιφάνειας των πλευρών τους, αυξάνουν την δραστηριότητα του υδραυλικού φορτίου πάνω στη διατομή ελέγχου της ροής και με τον τρόπο αυτό αυξάνουν την αποδοτικότητα του οχετού. Στο σχήμα 1.12 παρουσιάζεται μία είσοδος με σταδιακή μείωση της επιφάνειας των πλευρών της και μία με σταδιακή μείωση της κλίσης της, αντιστοίχως.



Σχήμα 1-11: Η συστολή στην είσοδο. (Norman et al, 1985, 2001).



(α)

(β)

Σχήμα 1-12:(α) Είσοδος με σταδιακή μείωση της επιφάνειας των πλευρών της.
 (β) Είσοδος με σταδιακή μείωση της κλίσης της.
 (Norman et al, 1985, 2001).

1.11 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΟΧΕΤΩΝ

Μια ολοκληρωμένη θεωρητική ανάλυση της υδραυλικής συμπεριφοράς μιας συγκεκριμένης εγκατάστασης οχετού είναι χρονοβόρα και αρκετά δύσκολη. Οι συνθήκες ροής ποικίλουν από οχετό σε οχετό και επίσης συναρτῆσει του χρόνου για ένα δοσμένο οχετό. Κάθε διατομή κατά μήκος αυτού μπορεί να είναι μερικώς ή πλήρως γεμάτη με νερό, γεγονός που εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν ανάντη και κατάντη, τα χαρακτηριστικά του οχετού και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της εισόδου.

Μια έρευνα που έγινε από το National Bureau of Standards (NBS), χορηγός και υποστηρικτής της οποίας ήταν η Federal Highway Administration (FHWA), ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1950 και κατέληξε στη συγγραφή επτά τεχνικών εκθέσεων. Οι εκθέσεις αυτές παρέχουν μια περιεκτική ανάλυση της υδραυλικής συμπεριφοράς των οχετών, κάτω από διάφορες συνθήκες ροής. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιήθηκαν από το Bureau of Public Roads (BPR) – προκάτοχο του FHWA – για να βοηθήσουν στην ανάπτυξη του σχεδιασμού των οχετών και κατέληξαν στη δημιουργία *νομογραφημάτων*. Τα νομογραφήματα αυτά αποτελούν τη βάση στη διαδικασία σχεδιασμού για τα τεχνικά εγχειρίδια “Hydraulic Engineering Circular” (HEC) Αρ.5 και Αρ.13.

Η προσέγγιση που παρουσιάστηκε στο HEC Αρ.5 είχε σκοπό την ανάλυση ενός οχετού για διάφορους τύπους ελέγχου ροής και στη συνέχεια τη σχεδίαση για τη συνθήκη ελέγχου που παρουσιάζει την ελάχιστη απόδοση. Ο σχεδιασμός στην ελάχιστη απόδοση αγνοεί μεταβατικές συνθήκες οι οποίες κατά περιόδους μπορεί να παρουσιάζουν καλύτερες αποδόσεις. Τα οφέλη της συγκεκριμένης περίπτωσης είναι ο απλός τρόπος σχεδιασμού και η εξασφάλιση μιας ικανοποιητικής απόδοσης κάτω από τις ελαχίστως ευνοϊκές υδραυλικές συνθήκες.

1.12 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΡΟΗΣ

Ένας οχετός μπορεί να ρέει πλήρης καθ’ όλο το μήκος του ή μερικώς γεμάτος. Η ροή σε πλήρη οχετό είναι ένα σπάνιο είδος. Γενικά, σε μικρό τμήμα αυτού η ροή είναι μερικώς πλήρης. Ο υπολογισμός του προφίλ της επιφάνειας του νερού είναι ο μόνος τρόπος για να καθορίσουμε κατά πόσο ο οχετός ρέει πλήρως ή όχι.

1.12.1 ΡΟΗ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ

Η υδραυλική κατάσταση σε οχετό όπου το νερό καλύπτει πλήρως το εμβαδόν της διατομής αυτού, ονομάζεται *ροή υπό πίεση*. Εάν αυξηθεί το εμβαδόν της διατομής του οχετού σε ροή υπό πίεση, τότε θα αυξηθεί και το εμβαδόν ροής. Μια κατάσταση που μπορεί να δημιουργήσει ροή υπό πίεση, είναι ένα κύμα πίεσεως που μεταφέρεται ανάντη και προκαλείται από μία υψηλή στάθμη επιφάνειας νερού κατάντη. Μια υψηλή στάθμη επιφάνειας νερού ανάντη μπορεί, επίσης, να προκαλέσει το ίδιο φαινόμενο. Ανεξάρτητα από την αιτία, η χωρητικότητα ενός οχετού που λειτουργεί υπό πίεση επηρεάζεται από τις ανάντη και κατάντη συνθήκες και από τα υδραυτικά χαρακτηριστικά αυτού.

1.12.2 ΡΟΗ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

Η ροή με ελεύθερη επιφάνεια ή ροή σε ανοιχτό αγωγό μπορεί να χωρισθεί στις κατηγορίες: υποκρίσιμη, κρίσιμη και υπερκρίσιμη. Ο κατάλληλος καθορισμός του τύπου της ροής γίνεται μέσω του αδιάστατου αριθμού Froude:

$$Fr = \frac{V}{(gy_h)^{0.5}}$$

Στην παραπάνω εξίσωση, V είναι μέση ταχύτητα ροής, g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας και y_h είναι το υδραυλικό βάθος. Το υδραυλικό βάθος υπολογίζεται διαιρώντας το εμβαδόν της ροής, A , με το πλάτος της ελεύθερης επιφάνειας του νερού, B , δηλαδή $y_h = \frac{A}{B}$

Όταν $Fr > 1,0$, η ροή είναι υπερκρίσιμη και χαρακτηρίζεται ως <<χειμαρρώδης>>. Όταν $Fr < 1,0$, η ροή είναι υποκρίσιμη και χαρακτηρίζεται ως <<ποτάμια>>. Τέλος, όταν $Fr = 1,0$, η ροή είναι κρίσιμη (συνθήκη κρίσιμου ροής).

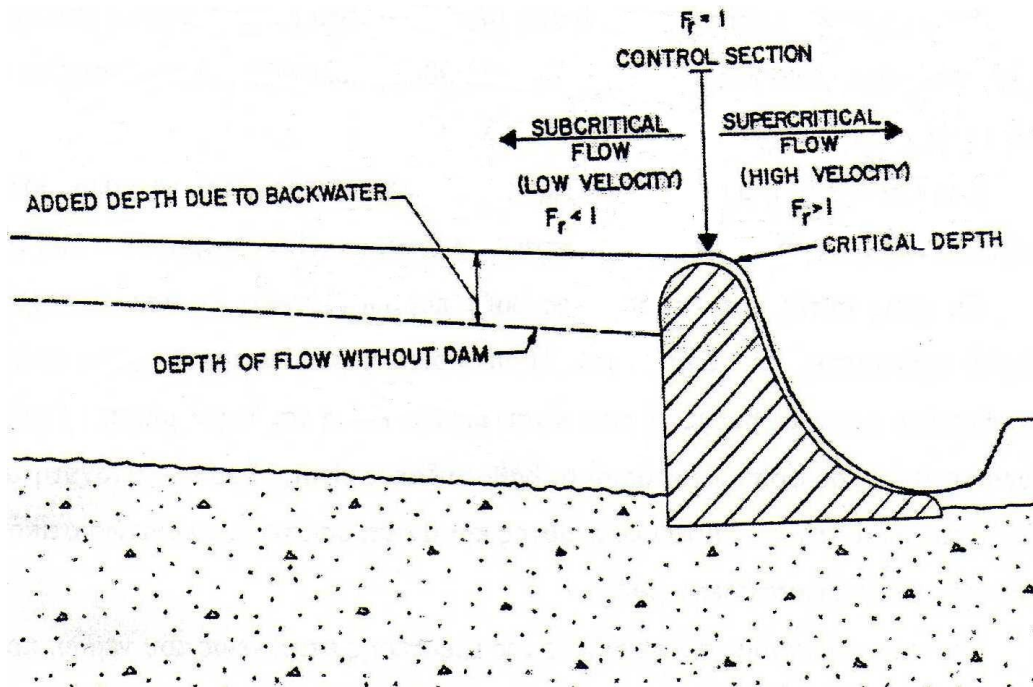
Οι τρεις αυτές καταστάσεις της ροής παρουσιάζονται σε απεικόνιση της ροής υπεράνω ενός μικρού φράγματος, στο σχ. 1-13. Η υποκρίσιμη ροή λαμβάνει χώρα ανάντη του φράγματος και τοποθετείται όπου το βάθος ύδατος είναι μεγάλο και η ταχύτητα μεγάλη. Η κρίσιμη ροή λαμβάνει χώρα στη στέψη του φράγματος και αντιπροσωπεύει το διαχωριστικό σημείο μεταξύ των δύο προηγούμενων καταστάσεων ροής.

Για να αναλύσουμε τις συνθήκες της ελεύθερης επιφάνειας του νερού, πρέπει να προσδιορίσουμε αρχικά μια διατομή γνωστού βάθους και ροής (διατομή ελέγχου) υπάρχει μία προσδιοριστέα συνθήκη μεταξύ κρίσιμου βάθους και κρίσιμης ροής στη στέψη του φράγματος, που την καθιστά ως μια <<εύκολη>> διατομή ελέγχου.

Η αναγνώριση της υπερκρίσιμης ή υποκρίσιμης ροής απαιτείται για τη συνέχιση της διαδικασίας ανάλυσης των συνθηκών της ελεύθερης επιφάνειας. Το παράδειγμα του σχ. 1-14 αναπαριστά και τις δύο καταστάσεις της ροής. Τα χαρακτηριστικά της υποκρίσιμης ροής, όπως το βάθος και η ταχύτητα, μπορούν να επηρεαστούμε από διαταράξεις ή περιορισμούς κατάντη. Αν για παράδειγμα τοποθετηθεί κάποιο εμπόδιο στην περιοχή της στέψης (τομέας ελέγχου), η στάθμη του νερού ανάντη θα ανυψωθεί (μεταφέρεται δηλαδή η «πληροφορία» προς τα ανάντη). Στην κατάσταση της υπερκρίσιμης ροής, τα χαρακτηριστικά της δεν επηρεάζονται από κατάντη διαταράξεις. Αν για παράδειγμα τοποθετηθεί κάποιο εμπόδιο στην κάτω μεριά του φράγματος, αυτό δεν θα έχει καμία επίδραση στο επίπεδο του νερού ανάντη. (δεν μεταφέρεται η όποια «πληροφορία»)

Οι ίδιοι τύποι ροής που παρουσιάστηκαν για ένα μικρό φράγμα μπορούν να λάβουν χώρα σε έναν απότομο οχετό ο οποίος ρέει μερικώς γεμάτος. Σε αυτήν την περίπτωση, μπορεί να έχουμε κρίσιμο βάθος στην είσοδο του οχετού, η υποκρίσιμη ροή θα λάβει χώρα στο ανάντη κανάλι και η υπερκρίσιμη ροή μέσα στον οχετό.

Ένας ειδικός τύπος ροής ελεύθερης επιφάνειας ονομάζεται <<σχεδόν-πλήρης ροή>>. Αυτή είναι μια ειδική περίπτωση στην οποία έχουμε πλήρη ροή σε έναν αγωγό, χωρίς πίεση. Η επιφάνεια του νερού μόλις που ακουμπά την κορωνίδα του σωλήνα (δηλαδή το εσωράχιο του). Η διαδικασία ανάλυσης αυτού του τύπου είναι η ίδια όπως και για τη ροή ελεύθερης επιφάνειας.

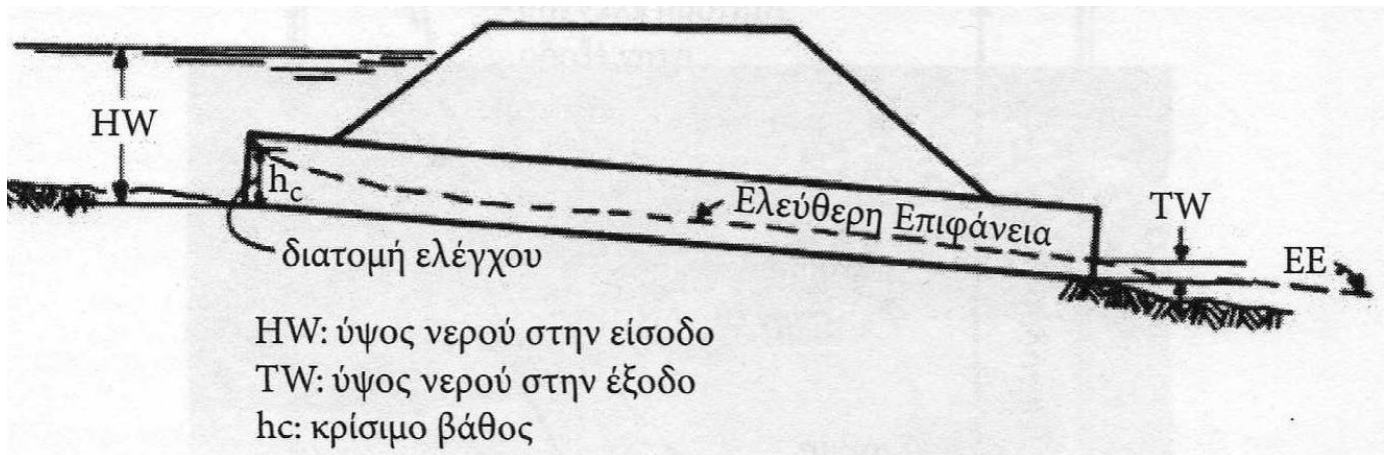


Σχήμα 1-13: Ροή υπεράνω ενός μικρού φράγματος. (Norman et al, 1985,2001).

1.13 ΤΥΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΟΗΣ

1.13.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ

Ο συγκεκριμένος τύπος ελέγχου λαμβάνει χώρα όταν ο οχετός έχει τη δυνατότητα να μεταβιβάσει μεγαλύτερη ροή από αυτή που δέχεται η είσοδος του. Η **διατομή ελέγχου** του οχετού που λειτουργεί κάτω από συνθήκη ελέγχου εισόδου τοποθετείται ακριβώς στο μέσα μέρος της εισόδου. Στο σημείο αυτό ή κοντά σε αυτό έχουμε κρίσιμο βάθος και η ροή αμέσως κατάντη είναι υπερκρίσιμη. Στο σχ. 1-14 φαίνεται μια τυπική συνθήκη ελέγχου ροής εισόδου. Τα υδραυλικά χαρακτηριστικά κατάντη της διατομής εισόδου δεν επηρεάζουν την χωρητικότητα του οχετού. Το επίπεδο της στάθμης του νερού ανάντη και η γεωμετρία της εισόδου, αντιπροσωπεύουν τον βασικό έλεγχο της ροής. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της εισόδου περιλαμβάνουν το σχήμα, το εμβαδόν της διατομής και τη γωνία εισόδου (πίνακας 1-2).



Σχήμα 1-14: Τυπική συνθήκη ελέγχου ροής εισόδου, με διαμόρφωση διατομής ελέγχου ροής στην είσοδο. (Πρίνος 2009).

1.13.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΞΟΔΟΥ

Ο συγκεκριμένος τύπος ελέγχου λαμβάνει χώρα όταν ο οχετός δεν έχει τη δυνατότητα να μεταβιβάσει τη ροή που θα δεχτεί η είσοδός του. Η διατομή ελέγχου του οχετού που λειτουργεί κάτω από συνθήκη ελέγχου εξόδου τοποθετείται ακριβώς στην έξοδο αυτού ή πιο πέρα (κατάντη). Κάτω από αυτή τη συνθήκη μπορεί να λάβει χώρα και υποκρίσιμη ροή και ροή υπό πίεση. Στο σχ. 1-15 φαίνονται δύο τυπικές συνθήκες ελέγχου ροής εξόδου. Και τα γεωμετρικά αλλά και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του οχετού παίζουν το ρόλο τους στον καθορισμό της χωρητικότητας αυτού. Τα χαρακτηριστικά αυτά περιλαμβάνουν όλους τους βασικούς παράγοντες του ελέγχου εισόδου, το επίπεδο της επιφάνειας του νερού στην έξοδο, την αντίστοιχη κλίση, το μήκος και την τραχύτητα του οχετού (πίν. 1-2).

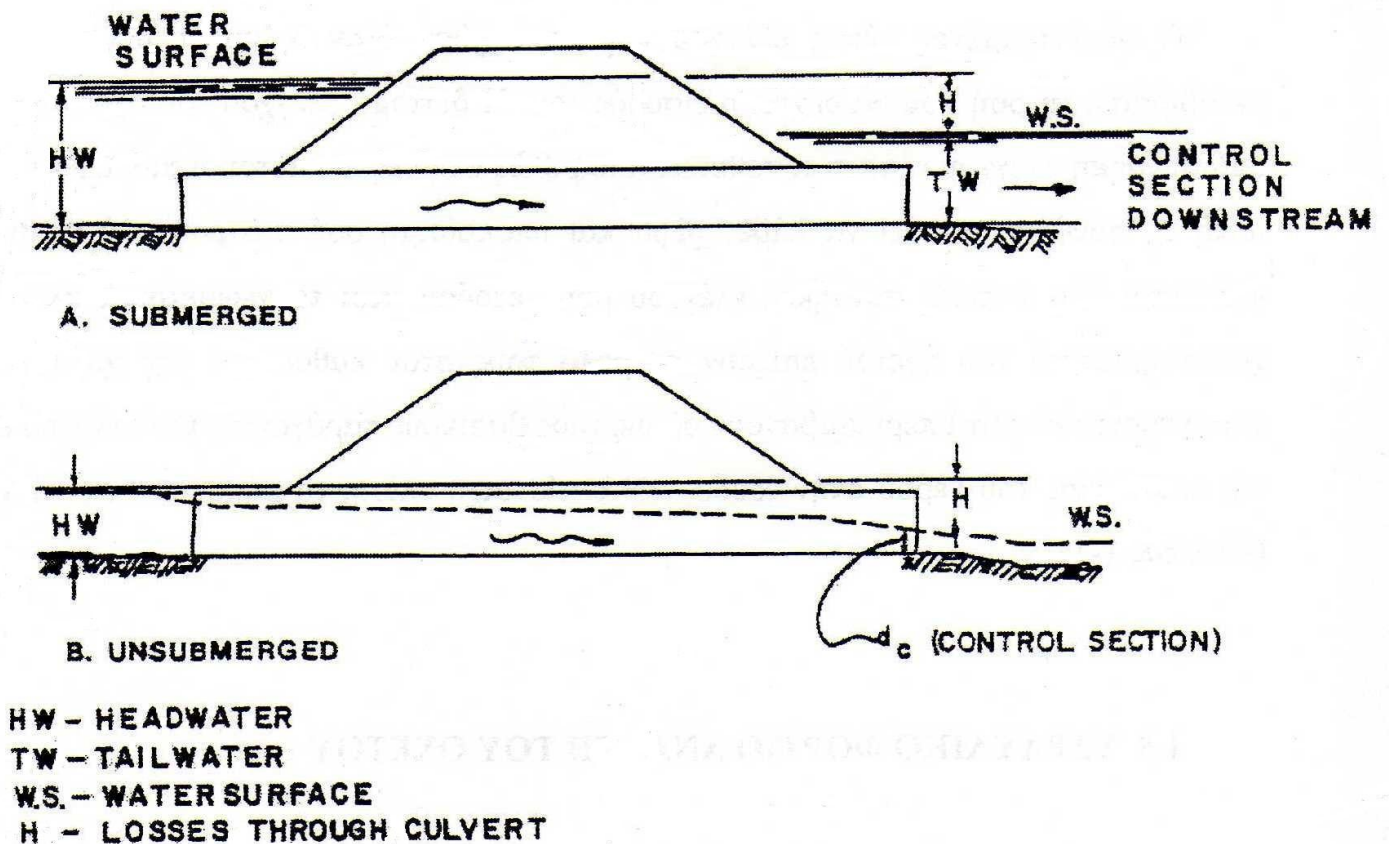
1.14 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΑΝΑΝΤΗ ΤΟΥ ΟΧΕΤΟΥ

Για να μεταβιβασθεί η ροή διαμέσου ενός οχετού, απαιτείται ενέργεια. Η ενέργεια αυτή παίρνει τη μορφή μιας αυξημένης στάθμης νερού (υδραυλικού φορτίου) στην ανάντη μεριά του οχετού. Το αντίστοιχο βάθος μετρείται από το ρείθρο της εισόδου και, γενικά, αναφέρεται ως υδραυλικό φορτίο (σχ. 1-14 και 1-15).

Ένας αξιοσημείωτος όγκος νερού μπορεί να συσσωρευτεί ανάντη της εγκατάστασης ενός οχετού, σε επίπεδες, κυρίως, περιοχές. Η συσσώρευση αυτή μπορεί να έχει ως επακόλουθο την εξασθένηση των αιχμών ροής και η εξασθένηση των αιχμών της παροχής προκαλεί μείωση του απαιτούμενου μεγέθους του οχετού.

1.15 ΒΑΘΟΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΤΑΝΤΗ ΤΟΥ ΟΧΕΤΟΥ

Αυτό καθορίζεται ως το βάθος του νερού κατάντη του οχετού και μετριέται από το ρείθρο της εξόδου (σχ. 1-15). Αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα στον καθορισμό της χωρητικότητας του οχετού κάτω από συνθήκη ελέγχου εξόδου. Η συσσώρευση του νερού κατάντη μπορεί να προκληθεί από κάποιο κώλυμα στο κατάντη κανάλι ή από την υδραυλική αντίσταση του καναλιού. Και στις δύο περιπτώσεις απαιτούνται υπολογισμοί τύπου ανάντη προφίλ (M1) από τη διατομή ελέγχου κατάντη, για να καθορισθεί επακριβώς η στάθμη του νερού κατάντη. Όταν είναι αναγκαίο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και διαδικασία προσέγγισης κανονικού βάθους αντί των υπολογισμών τύπου ανάντη προφίλ.



Σχήμα 1-15: Τυπικές συνθήκες ελέγχου ροής εξόδου. (Norman et al, 1985,2001).

Παράγοντες	Έλεγχος Εισόδου	Έλεγχος Εξόδου
Υψόμετρο Υδραυλικού Φορτίου	X	X
Εμβαδόν Διατομής Εισόδου	X	X
Τμηματική Διάταξη Χείλους Εισόδου	X	X
Σχήμα Εισόδου	X	X
Τραχύτητα του Κυρίως Σώματος του Οχετού		X
Εμβαδόν Διατομής του Κυρίως Σώματος του Οχετού		X
Σχήμα του Κυρίως Σώματος του Οχετού		X
Μήκος του Κυρίως Σώματος του Οχετού		X
Κλίση του Κυρίως Σώματος του Οχετού	Σε μικρό βαθμό, Παραλείπεται	X
Υψόμετρο Συσσωρευμένου Νερού Κατάντη		X

Πίνακας 1-2: Παράγοντες που επηρεάζουν την λειτουργία και απόδοση του οχετού. (Norman et al, 1985,2001 και Τζούμας 2000).

1.16 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΞΟΔΟΥ

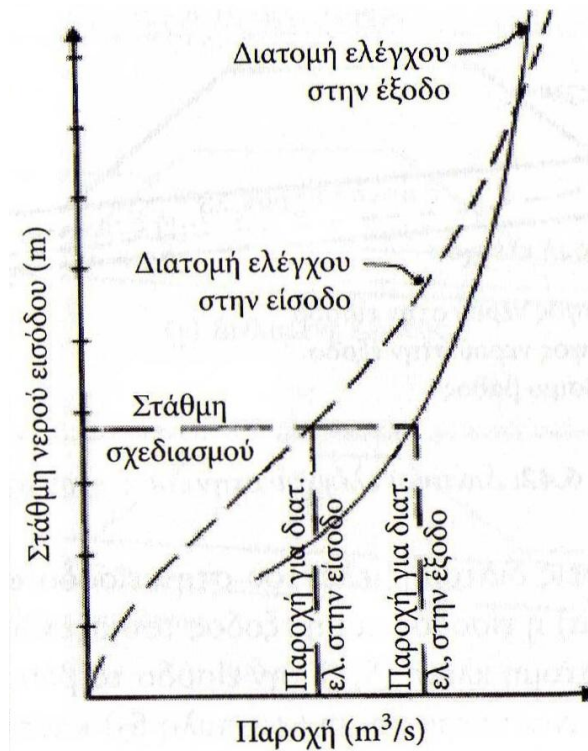
Από τη στιγμή που ο οχετός <<συμπιέζει>>, συνήθως, τη διαθέσιμη επιφάνεια του καναλιού, οι ταχύτητες ροής στον οχετό είναι πολύ πιθανό να είναι μεγαλύτερες από αυτές του καναλιού (π.χ. φυσικό υδατόρρεμα). Οι αυξημένες αυτές ταχύτητες μπορεί να προκαλέσουν τη διάβρωση της κοίτης (βλάβες λόγω τριβής) και τη διάβρωση του αναχώματος στη γεινιάζουσα περιοχή της εξόδου του οχετού. Τα τοπικά προβλήματα μπορεί να αποφεύγονται, ενίοτε, αυξάνοντας την τραχύτητα των τοιχωμάτων του οχετού. Μερικές φορές απαιτούνται απώλειες ενέργειας και συσκευές προστασίας εξόδου για να αποφεύγονται οι υπερβολικές βλάβες λόγω τριβών και η διάβρωση στην έξοδο του οχετού.

Εάν ο οχετός λειτουργεί υπό συνθήκη ελέγχου εισόδου αλλά η ροή δεν καλύπτει όλη την χωρητικότητά του, είναι συχνά ωφέλιμο να μικραίνουμε την κλίση του (έως και επίπεδος) ή να προσθέτουμε ένα τμήμα μεγάλης τραχύτητας για τη μείωση των ταχυτήτων εξόδου. (Τζούμας 2000)

1.17 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΣΤΑΘΜΗΣ- ΠΑΡΟΧΗΣ (ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)

Η καμπύλη απόδοσης είναι ένα διάγραμμα του υδραυλικού φορτίου (βάθος ανάντη του οχετού) συναρτήσει της παροχής. Το αποτέλεσμα της γραφικής απεικόνισης μιας τέτοιας καμπύλης είναι χρήσιμο στον υπολογισμό της υδραυλικής χωρητικότητας ενός οχετού για διαφορετικά υδραυλικά φορτία. Μεταξύ των χρήσεών τους, επιδεικνύουν τις συνέπειες υψηλότερων παροχών και τα οφέλη βελτιώσεως των εισόδων των οχετών. Κατά την ανάπτυξη των καμπύλων απόδοσης, πρέπει να σχεδιάζονται και η καμπύλη ελέγχου εισόδου και η καμπύλη ελέγχου εξόδου. Αυτό

είναι απαραίτητο, λόγω του ότι είναι δύσκολο να προβλεφθεί ο επικρατών έλεγχος για κάποιο δοσμένο υδραυλικό φορτίο. Ο έλεγχος, επίσης, πρέπει να μεταφέρεται από την είσοδο στην έξοδο ή αντίστροφα γύρω από ένα σύνολο τιμών παροχών. Στο σχ. 1-16 φαίνεται μια τυπική καμπύλη απόδοσης οχετού. Στο υδραυλικό φορτίο σχεδιασμού, ο οχετός λειτουργεί υπό συνθήκη ελέγχου εισόδου. Με βελτιώσεις της εισόδου μπορεί να αυξηθεί η απόδοση του οχετού. (Τζούμας 2000)



Σχήμα 1-16: Καμπύλη απόδοσης για τον προσδιορισμό διατομής ελέγχου στην είσοδο ή την έξοδο. (Πρίνος 2009).

1.18 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ

Ο υδραυλικός σχεδιασμός μίας εγκατάστασης οχετού περιλαμβάνει πάντα και οικονομικές αποτιμήσεις. Ένα ευρύ φάσμα πολύ μεγάλων παροχών που σχετίζονται με πιθανότητες, είναι σίγουρο ότι θα λάβει χώρα κατά τον χρόνο ζωής του οχετού. Τα πλεονεκτήματα από την κατασκευή ενός οχετού μεγάλης χωρητικότητας για να διευκολύνει όλα αυτά τα φαινόμενα, χωρίς καταστροφικές συνέπειες από παροχές πλημμυρών, υπερέχει φυσιολογικά σε αξία από τις αρχικές δαπάνες κατασκευής. Έτσι, θα πρέπει να διενεργείται μια οικονομική ανάλυση εξισορρόπησης όλων των παραγόντων αυτών.

1.18.1 Κόστος και Οφέλη

Ο σκοπός ενός οχετού (αυτοκινητοδρόμου ή σιδηροδρομικής γραμμής) είναι να παροχετεύει τη πλεονάζουσα παροχή (τη ροή) από τη μια μεριά του αναχώματος στην άλλη. Τα μείζονα οφέλη του οχετού είναι η μείωση του χρόνου παρακώλυσης της κυκλοφορίας σε περιόδους πλημμυρών και η αύξηση στην ασφάλεια οδήγησης. Οι μείζονες δαπάνες σχετίζονται με την κατασκευή του αναχώματος και του οχετού. Οι ευκολίες, λοιπόν, που προσφέρονται και το δυναμικό των ζημιών λόγω πλημμυρών θα πρέπει να υπεισέρχονται και αυτές μέσα στην ανάλυση κόστους.

1.18.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Διάφορες παραδοσιακές μέθοδοι οικονομικών αποτιμήσεων έχουν υπεραπλουστευθεί. Οι παροχές σχεδιασμού των οχετών βασίζονται στη σημαντικότητα της εξυπηρέτησης από πλευράς αυτοκινητοδρόμου και με μικρή συμμετοχή άλλων παραγόντων, όπως το οικονομικό μέρος κ.λ.π. Μια πιο ακριβής έρευνα, εκφρασμένη σε όρους ανάλυσης επικινδυνότητας, διενεργείται ορισμένες φορές για μεγάλες εγκαταστάσεις οχετών. Ο αντικειμενικός σκοπός της ανάλυσης επικινδυνότητας είναι να καθορίσει τη βέλτιστη χωρητικότητα του οχετού και βασίζεται στη σύγκριση ωφελειών- δαπανών. Ο μηχανικός θα πρέπει να γνωρίζει τη διαδικασία της ανάλυσης αυτής και να τη λαμβάνει υπόψη για την ανάλυση και εναλλακτικών λύσεων (προτάσεων) όπου οι επιπτώσεις λόγω πλημμύρας είναι μεγάλες ή το κόστος του οχετού είναι σημαντικό. (Τζούμας 2000)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

2.1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η υδρολογική ανάλυση περιλαμβάνει την εκτίμηση μιας παροχής σχεδιασμού η οποία βασίζεται σε κλιματολογικά χαρακτηριστικά και στα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής. Η ανάλυση αυτή αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές φάσεις στο σχεδιασμό των οχετών. Από τη στιγμή που οι στατιστικές αβεβαιότητες είναι έμφυτες στην υδρολογία, τα αποτελέσματά της δεν είναι τόσο ακριβή όσο αυτά της υδραυλικής ανάλυσης του οχετού. Παρόλα αυτά, απαιτούνται και οι δύο αναλύσεις, με την υδρολογική να προηγείται της υδραυλικής.

Ένα στατιστικό μέγεθος, το οποίο συνδέεται με την υδρολογική ανάλυση είναι η *περίοδος επαναφοράς*. Κατά την μαθητική έννοια η περίοδος επαναφοράς είναι το αντίστροφο της συχνότητας. Μια πλημμύρα, για παράδειγμα, η οποία έχει 5% πιθανότητα να συμβεί (συχνότητα) σε κάποιο συγκεκριμένο έτος, έχει επίσης μια περίοδος επαναφοράς 20 ετών, δηλαδή $1/0.05=20$ έτη. για το λόγο αυτό, είναι πολύ πιθανό να γίνει υπέρβαση του εικοσαετούς φαινομένου της πλημμύρας πέντε φορές κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 100 ετών. Τα φαινόμενα αυτά θα λάβουν χώρα τυχαία μέσα στο διάστημα των 100 ετών.

Οι μεγάλες και ακριβές εγκαταστάσεις οχετών απαιτούν εκτεταμένες υδρολογικές αναλύσεις. Το αυξημένο επίπεδο προσπάθειας μπορεί να είναι αναγκαίο για να εκτελεστεί ανάλυση επικινδυνότητας και/ή οι υπολογισμοί της διόδευσης του όγκου αποθήκευσης. Η ανάλυση επικινδυνότητας απαιτεί τους υπολογισμούς ροών για διαφορετικές περιόδους σχεδιασμού. Οι υπολογισμοί της διόδευσης του όγκου αποθήκευσης απαιτούν τον καθορισμό του υδρογραφήματος της πλημμύρας.

Τις τρεις τελευταίες δεκαετίες έχουν διεξαχθεί αξιόλογες μελέτες, για τη χρησιμότητα της ανάλυσης επικινδυνότητας στο σχεδιασμό των οχετών. Η ανάλυση αυτή εξισορροπεί το κόστος της εγκατάστασης του οχετού με τις φθορές που σχετίζονται με την ανεπαρκή λειτουργία του οχετού. Οι μελέτες αυτές απέβησαν καρποφόρες όσον αφορά το σωστό σχεδιασμό σε σχέση με το κόστος και τις οικονομικές συνέπειες που σχετίζονται με την υπερδιαστασιολόγηση και την υποδιαστασιολόγηση του οχετού. Οι περιορισμοί που προκύπτουν στο σχεδιασμό από την περίοδο επαναφοράς συμπεριλαμβάνονται στη διαδικασία αυτή.

Η διόδευση του όγκου αποθήκευσης συνεπάγεται τη μείωση της μέγιστης παροχής, εξαιτίας του αποθηκευμένου όγκου ανάντη του οχετού. Οι μελέτες ανάλυσης επικινδυνότητας περιλαμβάνουν, συχνά, τη διόδευση του όγκου αποθήκευσης ως ένα ολοκληρωμένο κομμάτι της διαδικασίας διαστασιολόγησης των οχετών. Η διόδευση του όγκου που αποθηκεύεται ανάντη του οχετού έχει, συχνά, ως επακόλουθο τη μείωση των διαστάσεων σχεδιασμού του οχετού. (Τζούμας 2000)

2.1.2 ΠΑΡΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ

Όταν ένα υδρογράφημα πλημμύρας περάσει από τη μία διατομή ενός υδατορρέυματος, η ροή θα αυξηθεί στο μέγιστο και στη συνέχεια θα υποχωρήσει. Η μέγιστη παροχή ονομάζεται παροχή αιχμής. Η παροχή αιχμής είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες στη διαδικασία σχεδιασμού των οχετών.

Στον παραδοσιακό σχεδιασμό οχετών, η κατασκευή διαστασιολογείται ώστε να μπορεί να περάσει η αιχμή από τα ανάντη του αναχώματος στα κατάντη, με κάποιο αποδεκτό ανάντη υψόμετρο στάθμης νερού (υδραυλικό φορτίο). Το μέγεθος της αιχμής εξαρτάται από την επιλογή της περιόδου επαναφοράς. Ο καθορισμός της περιόδου επαναφοράς βασίζεται, γενικά, στην πιθανή φθορά που θα προκαλέσει η πλημμύρα στον αυτοκινητόδρομο.

Για τοποθεσίες με υδρομετρικό σταθμό, μπορεί να διενεργηθούν στατιστικές αναλύσεις επί των καταγεγραμμένων παροχών του υδατορρέυματος, έτσι ώστε να προκύψει μια εκτίμηση για την παροχή σχεδιασμού (για μια δοσμένη περίοδο σχεδιασμού). Η ακρίβεια της εκτίμησης αυτής αυξάνει όσο μεγαλύτερο είναι το αρχείο της καταγραφής (των παροχών). Για θέσεις οχετών σημαντικά απομακρυσμένες από τον υδρομετρικό σταθμό, θα πρέπει να προσαρμοσθούν και οι παροχές σχεδιασμού.

Τα δεδομένα των υδρομετρικών σταθμών έχουν αξιοποιηθεί για την ανάπτυξη εξισώσεων παλινδρόμησης, για τις περισσότερες περιοχές των ΗΠΑ. Οι εξισώσεις αυτές απαιτούν βασικές παραμέτρους λεκανών απορροής όπως είναι η επιφάνεια απορροής και η μέση κλίση του υδατορρέυματος. Χρησιμοποιώντας τα απαραίτητα δεδομένα μπορούν να προσδιορισθούν οι παροχές σχεδιασμού και για περιοχές χωρίς υδρομετρικούς σταθμούς, οι οποίες βρίσκονται στη γειτονιά αυτών που έχουν. Είναι, επίσης, διαθέσιμες και άλλες προσδιοριστικές (αιτιοκρατικές) μέθοδοι οι οποίες προσπαθούν να μοντελοποιήσουν τη διαδικασία βροχόπτωσης-απορροής. Η βασική παράμετρος των μεθόδων αυτών είναι η βροχόπτωση, η οποία πρέπει να σχετίζεται με την περίοδο επαναφοράς. Το σύνολο των δεδομένων της λεκάνης απορροής που απαιτείται, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του μοντέλου. Στον πίν. 2-1 φαίνονται μερικές από τις συνήθως χρησιμοποιούμενες μεθόδους δημιουργίας παροχών αιχμής, για τις περιοχές οι οποίες έχουν και για αυτές που δεν έχουν υδρομετρικούς σταθμούς. (Τζούμας 2000)

Περιοχές οι οποίες έχουν Υδρομετρικούς Σταθμούς	Περιοχές οι οποίες δεν έχουν Υδρομετρικούς Σταθμούς
1) Normal Distribution	1) USGS Regression Equations
2) Log-Normal Distribution	2) FHWA Regression Equations
3) Gumbel Extreme Value Distribution	3) Regional Peak Flow Methods
4) Log- Pearson Type III Distribution	4) SCS Peak Discharge Methods
	5) Rational Method

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-1: Μέθοδοι Προσδιορισμού Παροχών Αιχμής. (Norman et al, 1985,2001)

2.1.3 ΠΑΡΟΧΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Η λειτουργία του οχετού πρέπει να προσδιορίζεται και για παροχές διαφορετικές από την μέγιστη παροχή σχεδιασμού, διότι: (Τζούμας 2000)

(1) είναι καλή πρακτική σχεδιασμού να ελέγχουμε την απόδοση του οχετού μέσω μιας ευρείας κλίμακας παροχών, με στόχο τον καθορισμό των κατάλληλων συνθηκών λειτουργίας

(2) ο καθορισμός του πλημμυρικού πεδίου απαιτεί τον προσδιορισμό της περιοχής που περικλείεται από την ισοϋψή πλημμύρας 100 ετών και

(3) η εκτέλεση αναλύσεων επικινδυνότητας, προϋποθέτει τον υπολογισμό πιθανών ζημιών που θα προκληθούν από επίπεδα υδραυλικού φορτίου διαφορετικών περιόδων επαναφοράς.

Οι παροχές ελέγχου καθορίζονται με παρόμοιο τρόπο όπως οι παροχές σχεδιασμού. Οι υδρολογικές διαδικασίες που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι σύμφωνες, εκτός και αν δεν το επιτρέπουν άλλες απρόοπτες καταστάσεις. Μια, για παράδειγμα, περιοχή η οποία διαθέτει υδρομετρικό σταθμό και την οποία διασχίζει κάποιο υδατόρρευμα, μπορεί να διαθέτει ένα αρκετά ικανοποιητικό αρχείο για την εκτίμηση μιας παροχής σχεδιασμού 10 ετών, αλλά να μην είναι αρκετό για να προσδιορισθεί η παροχή ελέγχου 100 ετών. Υπό αυτές τις συνθήκες η παροχή ελέγχου πρέπει να υπολογίζεται από άλλες μεθόδους.

2.1.4 ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Θα πρέπει να προσδιορίζεται το υδρογράφημα της πλημμύρας στην περιοχή του οχετού, εάν η ανάντη αποθήκευση πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό αυτού. Όταν η παροχή σχεδιασμού χρησιμοποιείται στον σχεδιασμό του οχετού, τότε αμελούνται οι μειωτικές επιδράσεις της ανάντη αποθήκευσης. Εάν έχει ληφθεί υπόψη η αποθήκευση αυτή, θα πρέπει να μειωθεί σημαντικά το μέγεθος του οχετού. Από τη στιγμή που υπεισέρχεται στην ανάλυση και η έννοια του όγκου, το υδρογράφημα της πλημμύρας παίζει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία του σχεδιασμού.

Το υδρογράφημα είναι μια απεικόνιση της παροχής συναρτήσεως του χρόνου. Μπορούμε να κατασκευάσουμε πραγματικά υδρογραφήματα, χρησιμοποιώντας αρχεία υδρομετρικών σταθμών. Η έλλειψη δεδομένων οδήγησε στην ανάπτυξη εμπειρικών μεθόδων κατασκευής υδρογραφημάτων, όπως τη μέθοδο Snyder και το Συνθετικό Υδρογράφημα της Soil Conservation Service (SCS).

Η χρήση του μοναδιαίου υδρογραφήματος είναι μια κλασσική διαδικασία για τον προσδιορισμό της απόκρισης μιας λεκάνης απορροής σε μια συγκεκριμένη βροχόπτωση σχεδιασμού. Το μοναδιαίο υδρογράφημα αντιπροσωπεύει την απόκριση της απορροής μιας λεκάνης σε περίσσειμα ομοιόμορφης βροχόπτωσης 1cm για δοσμένη διάρκεια. Αυτό το υδρογράφημα μπορεί να δημιουργηθεί από τα δεδομένα μιας λεκάνης απορροής η οποία διαθέτει υδρομετρικό σταθμό ή να συντεθεί από τις παραμέτρους βροχόπτωσης και λεκάνης απορροής για μια λεκάνη η οποία δεν διαθέτει σταθμό.

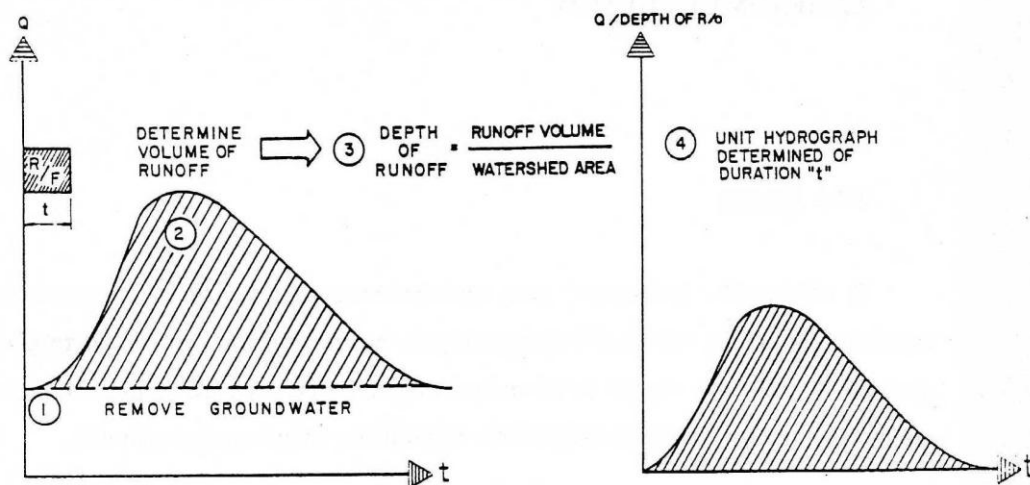
Οι παραδοσιακές μέθοδοι κατασκευής υδρογραφημάτων είναι δύο.

- Η πρώτη αναφέρεται στην ύπαρξη καταγεγραμμένων στοιχείων λεκανών απορροής και ονομάζεται *Κατασκευή Μοναδιαίου Υδρογραφήματος Σε Λεκάνη Απορροής-Με Υδρομέτρηση*. Για την ανάπτυξη ενός τέτοιου υδρογραφήματος, ο μελετητής θα πρέπει να έχει στη διάθεσή του αρχεία δεδομένων για τη ροή του υδατορρέυματος και τις βροχοπτώσεις για έναν μεγάλο αριθμό συμβάντων. Η δημιουργία του περιλαμβάνει τέσσερα βήματα και παρουσιάζεται στο Σχ. 2-1. όπως ελέχθη, το περίσσειμα βροχόπτωσης που δημιουργεί το υδρογράφημα αυτό είναι της τάξεως του ενός εκατοστού. Εάν, τώρα, ακολουθήσει αμέσως και δεύτερη βροχόπτωση της ίδιας έντασης (1cm) και της ίδιας διάρκειας, η απόκριση της λεκάνης θα είναι η συγκέντρωση των δύο μεμονωμένων γεγονότων.
- Η δεύτερη κατηγορία ανάπτυξης υδρογραφημάτων βασίζεται στις μεθόδους Snyder και SCS (που αναφέρθηκαν και παραπάνω). Αυτές δημιουργούν το *Συνθετικό Μοναδιαίο Υδρογράφημα* το οποίο μπορεί να αναπτυχθεί ελλείψει δεδομένων. Οι μέθοδοι αυτές είναι εμπειρικές και στηρίζονται σε διάφορες παραμέτρους όπως το μέγεθος της λεκάνης, η κλίση της, η χρήση γης και ο τύπος του εδάφους.

Την τελευταία δεκαετία έχουν γίνει πολύ δημοφιλή μοντέλα ηλεκτρονικών υπολογιστών τα οποία αναπτύσσουν υδρογραφήματα. Τα μοντέλα αυτά επιλύουν τις εμπειρικές μεθόδους πολύ γρηγορότερα από τον παραδοσιακό τρόπο. Άλλα μοντέλα είναι θεωρητικά και αντιμετωπίζουν τον υδρολογικό κύκλο απορροής στην ολότητά του, χρησιμοποιώντας συνεχή προσομοίωση για μικρό χρονικό βήμα.

Στα περισσότερα μοντέλα προσομοίωσης, η επιφάνεια της λεκάνης χωρίζεται σε υποπεριοχές με παρόμοια υδρολογικά χαρακτηριστικά. Για κάθε μία από αυτές συντίθεται βροχόπτωση σχεδιασμού και αφαιρούνται οι ποσότητες της επιφανειακής ανάσχεσης και της διήθησης. Μια ρουτίνα επιφανειακής απορροής προσομοιώνει την κίνηση του εναπομείναντος επιφανειακού νερού. Γειτονικά κανάλια δέχονται την επιφανειακή αυτή ροή από τις υποπεριοχές. Τα κανάλια αυτά διασυνδέονται και η ροή διοδεύεται μέσω αυτών, για να ολοκληρωθεί η απόκριση της λεκάνης στη βροχόπτωση σχεδιασμού.

Όλα τα μοντέλα προσομοίωσης απαιτούν βαθμονόμηση των παραμέτρων μοντελοποίησης, χρησιμοποιώντας καταμετρημένα ιστορικά γεγονότα για την επαύξηση της αξιοπιστίας τους. Τα περισσότερα από τα μοντέλα αυτά απαιτούν σημαντικό όγκο δεδομένων εισόδου και εμπειρία από τον χρήστη για την εξασφάλιση αξιόπιστων αποτελεσμάτων. (Τζούμας 2000)



Σχήμα 2-1: Διαδικασία Προσδιορισμού του Μοναδιαίου Διαγράμματος. (Norman et al, 1985,2001)

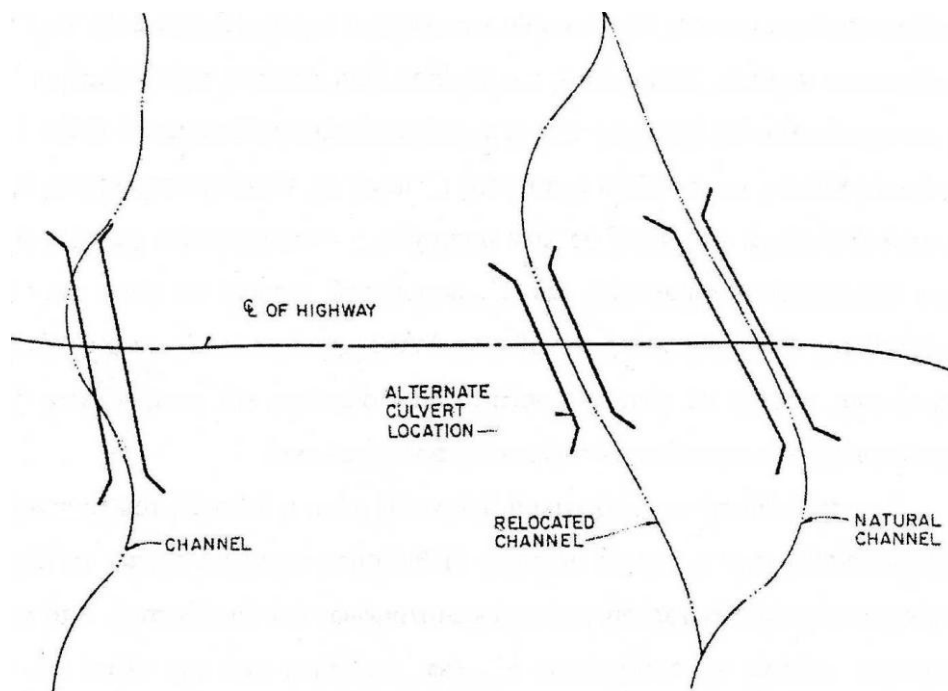
2.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΔΙΟΥ

2.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο υδραυλικός σχεδιασμός μιας εγκατάστασης οχετού ή ενός συστήματος οχετών απαιτεί την αποτίμηση ενός μεγάλου συνόλου δεδομένων, περιλαμβάνοντας στοιχεία για τη θέση του οχετού, για το κανάλι του νερού, για τον αυτοκινητόδρομο και για το υδραυλικό φορτίο σχεδιασμού. Κάθε μια από τις παραμέτρους αυτές και η σημαντικότητά τους θα συζητηθούν στις αμέσως επόμενες παραγράφους.

2.2.2 ΘΕΣΗ ΟΧΕΤΟΥ

Ιδανικά, ο οχετός θα πρέπει να τοποθετηθεί πάνω στην υπάρχουσα θέση του φυσικού καναλιού, για την ελαχιστοποίηση των δαπανών που σχετίζονται με τις εργασίες κατασκευής της εγκατάστασης όπως είναι οι εκσκαφές κ.λ.π. αυτό όμως δεν είναι πάντα εφικτό μερικά υδατορρέυματα είναι περίπλοκα και εμποδίζουν την τοποθέτηση ενός ευθυγραμμισμένου οχετού. Σε άλλες περιπτώσεις, ένα φυσικό κανάλι θα πρέπει να εκτραπεί σε νέα θέση ώστε να αποφευχθεί η εγκατάσταση ενός υπερβολικά μεγάλου οχετού. Όταν εκτρέπουμε ένα φυσικό κανάλι, το καλύτερο θα ήταν να αποφευχθεί η απότομη καμπύλωση του άξονα ροής και από τα δύο άκρα του οχετού. Στο Σχ. 2-2 απεικονίζονται δύο παραδείγματα τοποθέτησης οχετών. Στην πρώτη περίπτωση ο οχετός τοποθετείται κατά τον άξονα της ροής του καναλιού. Στη δεύτερη περίπτωση το κανάλι έχει εκτραπεί για τη μείωση του μήκους του οχετού. Ο Brice (1981), "Stability of Relocated Stream Channels", κατέληξε στο συμπέρασμα ότι μικρές εκτροπές καναλιών ήταν πολύ επιτυχείς και βοήθησαν στο έργο της εγκατάστασης, εκτός των περιπτώσεων που το φυσικό κανάλι ήταν ήδη πολύ ασταθές. (Τζούμας 2000)



Σχήμα 2-2: Μέθοδοι Τοποθέτησης Οχετών. (Norman et al, 1985,2001)

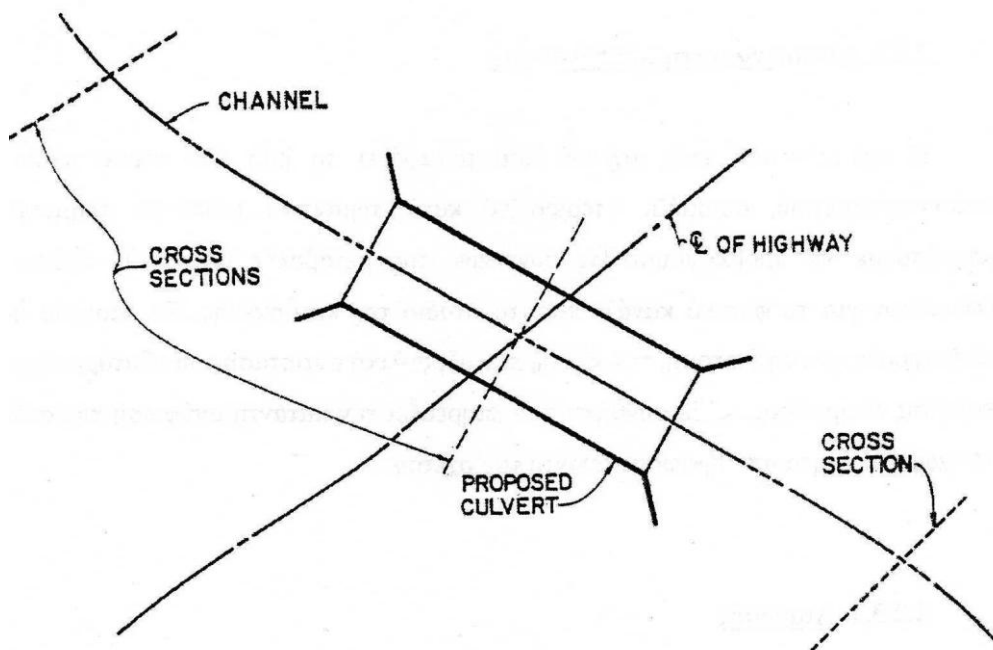
2.2.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ

Η εγκατάσταση ενός οχετού που μεταφέρει τη ροή του νερού μέσω ενός αναχώματος αυτοκινητοδρόμου, περιορίζει κατά σημαντικό το πλημμυρικό πεδίο. Για να μπορέσουμε να προβλέψουμε τις συνέπειες της μεταβολής αυτής, θα πρέπει να γίνει συλλογή δεδομένων για το φυσικό κανάλι πριν το στάδιο της κατασκευής. Τα στοιχεία αυτά περιλαμβάνουν πληροφορίες για τη διατομή, την κλίση, την υδραυλική αντίσταση του υδατορρέυματος και της φυσικής ροής της πλημμύρας, κάθε συνθήκη που επηρεάζει την κατάντη ανύψωση της στάθμης του νερού και την χωρητικότητα αποθήκευσης ανάντη του οχετού.

2.2.3.1 ΔΙΑΤΟΜΕΣ

Τα δεδομένα (πληροφορίες) των διατομών του φυσικού καναλιού που αποκτώνται από τη διεύρυνση του πεδίου είναι πολύ σημαντικά. Για την εκτίμηση της κλίσης του υδατορρέυματος θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τρεις τουλάχιστον διατομές: μία μετά την έξοδο του οχετού, μία πριν την είσοδο αυτού και μια θέση που θα καταλάβει ο οχετός (Σχήμα 2-3). Τα τμήματα αυτά θα πρέπει να λαμβάνονται περίπου 30m ανάντη και 30m κατάντη της διασταύρωσης του άξονα του δρόμου με τον οχετό. Από τις διατομές αυτές μπορούμε να εξασφαλίσουμε το πλάτος του φυσικού καναλιού, τις πλευρικές κλίσεις και το πλάτος ροής της πλημμύρας. Οι πληροφορίες των διατομών βοηθούν, επίσης, να επαληθεύσουμε την ακρίβεια των υπάρχοντων τοπογραφικών χαρτών. Αν υπάρχουν και τμήματα όπου παρατηρείται

σημαντική αποθήκευση νερού, μπορεί να είναι απαραίτητο να εισάγουμε και επιπρόσθετες διατομές για τον καθορισμό της αποθηκευτικής χωρητικότητας ανάντη του οχετού. Παρομοίως, μπορεί να είναι απαραίτητο να εισάγουμε και επιπρόσθετες διατομές κατόντη για τον προσδιορισμό του επιπέδου συσσώρευσης του νερού εκεί. Αν στη διάθεση του μηχανικού βρίσκεται μόνο η διατομή του φυσικού καναλιού, τότε αυτή θα χρησιμοποιηθεί σαν η τυπική διατομή. Η θεώρηση αυτή θα πρέπει να ελεγχθεί με τη βοήθεια της χρήσης τοπογραφικών χαρτών και αεροφωτογραφιών (αν διατίθενται). Από τους τοπογραφικούς χάρτες μπορούμε, επίσης, να αντλήσουμε πληροφορίες γύρω από την κλίση του υδατορρέυματος και την αποθηκευτική ικανότητα ανάντη της κατασκευής. (Τζούμας 2000)



Σχήμα 2-3: Θέσεις Διατομών Σχεδιασμού. (Norman et al, 1985,2001)

2.2.3.2 ΚΛΙΣΗ ΤΟΥ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑΤΟΣ

Θα πρέπει να καθορίζεται η διαμήκης κλίση του υπάρχοντος καναλιού στη γειτονιά του προτεινόμενου οχετού, με σκοπό την κατάλληλη τοποθέτηση του πυθμένα αυτού. Συχνά, ο προτεινόμενος οχετός τοποθετείται στην ίδια διαμήκη κλίση του υδατορρέυματος. Οι διατομές (βλέπε προηγούμενη παράγραφο) μας παρέχουν το υψόμετρο του νερού στα βαθύτερα σημεία του υδατορρέυματος. Από τα υψόμετρα αυτά και τις αποστάσεις μεταξύ των διατομών μπορεί να υπολογισθεί η κλίση του καναλιού.

2.2.3.3 ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Ο συντελεστής της υδραυλικής αντίστασης του φυσικού καναλιού μπορεί να αποτιμηθεί με σκοπό τον υπολογισμό των προεπεξεργασμένων συνθηκών ροής.

Ο συντελεστής αυτός λαμβάνεται, συνήθως, ως συντελεστής τραχύτητας Manning, n . Είναι διαθέσιμες διάφορες μέθοδοι για την εκτίμηση των συντελεστών της υδραυλικής αντίστασης για τα φυσικά κανάλια. Αυτές περιλαμβάνουν συγκρίσεις με φωτογραφίες υδατορρευμάτων με γνωστές τιμές αντίστασης ή πινακοποιημένες μεθόδους βασισμένες στα χαρακτηριστικά του υδατορρεύματος.

2.2.3.4 ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΤΑΝΤΗ

Η απόδοση του οχετού είναι πολύ πιθανό να επηρεάζεται από την ανύψωση της επιφάνειας του νερού κατάντη. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να ερευνώνται λεπτομερώς οι συνθήκες οι οποίες μπορεί να προάγουν μεγάλες ανυψώσεις κατά τη διάρκεια των πλημμυρίδων. Θα πρέπει, επίσης, να ερευνώνται φαινόμενα συσσώρευσης κατάντη, εμπόδια στη ροή του νερού, διάφορα φαινόμενα συστολής, παλιρροϊκά φαινόμενα και συμβολές άλλων υδατορρευμάτων, με τη βοήθεια παρατηρήσεων πεδίου και χαρτών, με σκοπό την αποτίμηση των επιδράσεών τους στην προκύπτουσα ανύψωση της επιφάνειας του νερού κατάντη. Στερούμενων των παραπάνω συνθηκών, τα υψόμετρα του νερού κατάντη θα βασίζονται μόνο στην ανύψωση της επιφάνειας του νερού του φυσικού καναλιού.

Τα υψόμετρα αυτά μπορούν να καθορισθούν με ακρίβεια μέσω υπολογισμών της επιφάνειας του νερού ή αποτιμήσεων που χρησιμοποιούν απλοποιημένες προσεγγιστικές διαδικασίες υπολογισμού βαθών του νερού. Για τις περισσότερες εγκαταστάσεις οχετών αρκεί μια προσεγγιστική διαδικασία υπολογισμού βαθών.

2.2.3.5 ΑΝΑΝΤΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

Η διαθέσιμη αποθηκευτική χωρητικότητα ανάντη ενός οχετού, μπορεί να έχει επίδραση στο σχεδιασμό αυτού. Η αποθηκευτική χωρητικότητα ανάντη μπορεί να εξαχθεί από τοπογραφικούς χάρτες μεγάλης κλίμακας. Εάν δεν διατίθενται τέτοιου είδους χάρτες, τότε πρέπει να εξασφαλίσουμε στοιχεία για έναν επαρκή αριθμό διατομών ανάντη του προτεινόμενου οχετού. Το μήκος ανάντη του οχετού για το οποίο πρέπει να καθορισθούν διατομές, θα εξαρτάται από το υδραυλικό φορτίο (υψόμετρο στάθμης νερού ανάντη) που αναμένεται να αντιστοιχεί στην κλίση του υδατορρεύματος.

Οι προαναφερόμενες διατομές μπορεί να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη τοπογραφικών χαρτών ή τα εμβαδά των διατομών μπορεί να βοηθήσουν στον υπολογισμό της αποθήκευσης. Οι τοπογραφικές πληροφορίες στην περιοχή ανάντη του οχετού, θα πρέπει να εκτείνονται από την είσοδο του οχετού έως ένα υψόμετρο ανάντη, τουλάχιστον ίσο με το υδραυλικό φορτίο σχεδιασμού.

2.2.4 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ

Ο προτεινόμενος ή ο ήδη υπάρχων αυτοκινητόδρομος επιδρά και αυτός στο κόστος κατασκευής του οχετού, στην υδραυλική χωρητικότητα και στη μορφή αυτού.

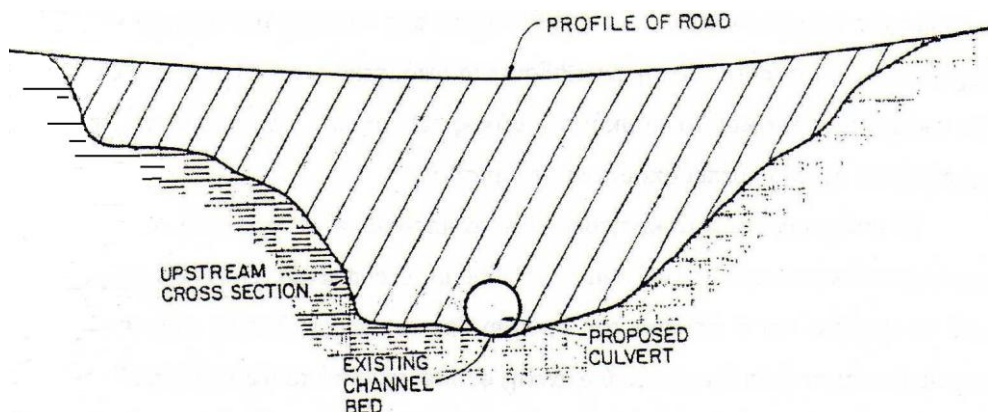
Το προφίλ του δρόμου και πληροφορίες για τις διατομές αυτού μπορούν να παρατηρηθούν από προκαταρκτικά σχέδια ή από πρότυπες λεπτομερείς καταγραφές διατομών αυτοκινητοδρόμων.

Εάν ο οχετός θα πρέπει να σχεδιασθεί πρώτος, για την ανάπτυξη προκαταρκτικών σχεδίων, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία πολύ καλή εκτίμηση της διατομής του αυτοκινητοδρόμου αλλά στη συνέχεια αφού ολοκληρωθούν τα σχέδια του δρόμου θα πρέπει να επανελεγχθεί ο σχεδιασμός του οχετού.

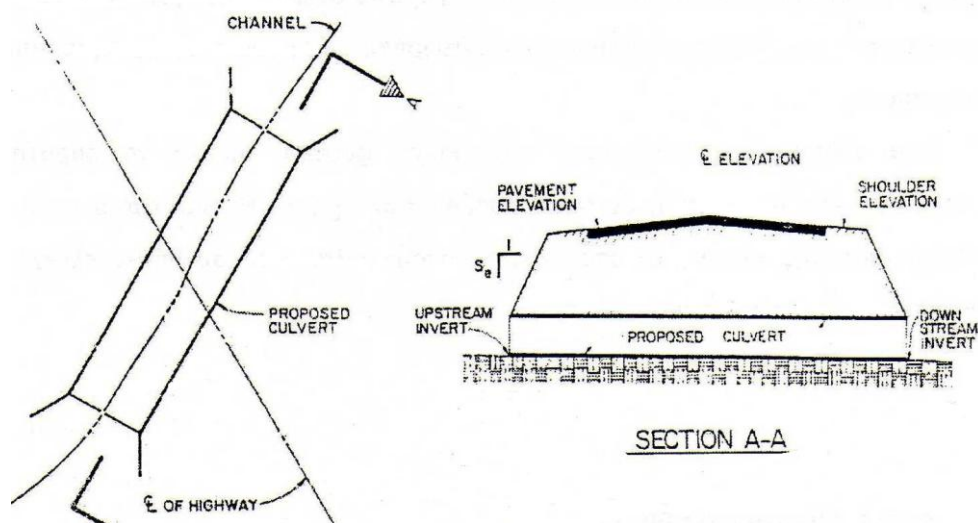
Όταν μετρηθεί ή εγκατασταθεί η επιθυμητή διατομή του αυτοκινητοδρόμου, τότε αποκτά ο μηχανικός σημαντικά στοιχεία για τις διαστάσεις και τα χαρακτηριστικά του οχετού. Οι διαστάσεις προκύπτουν υπερθέτοντας τον υποψήφιο οχετό στη διατομή του δρόμου και στο προφίλ του ρέματος (Σχ. 2-4). Η υπέρθεση αυτή εγκαθιδρύει τα υψόμετρα των ρειθρών της διατομής εξόδου και εισόδου. Τα υψόμετρα αυτά και το προκύπτων μήκος του οχετού είναι μόνο προσεγγιστικά, αφού το τελικό μέγεθος του οχετού πρέπει ακόμα να καθορισθεί.

Το ανάχωμα του αυτοκινητοδρόμου αντιπροσωπεύει το εμπόδιο που συναντά απρόσμενα η ροή του φυσικού καναλιού. Το ανάχωμα αυτό δρα ως ένα φράγμα. Ο αγωγός δρα ως αγωγός απελευθέρωσης από το εμπόδιο και η στάθμη του δρόμου δρα ως υπερχειλιστής στην περίπτωση που το υδραυλικό φορτίο (υψόμετρο στάθμης νερού ανάντη) φτάσει σε αυτό το ύψος (βλέπε Σχ.2-5).

Η διαμήκης τομή που περιλαμβάνεται στους σχεδιασμούς των αυτοκινητοδρόμων, αντιπροσωπεύει γενικά τον άξονα (ερυθρά) του δρόμου. Τα υψόμετρα αυτά μπορεί να μην αντιπροσωπεύουν το υψηλότερο σημείο της διατομής του δρόμου. Ο μηχανικός θα πρέπει να εξαγάγει το προφίλ εκείνο του δρόμου (από τα διαθέσιμα στοιχεία του σχεδιασμού) το οποίο θα καλύπτει τα υψόμετρα της στάθμης πλημμύρας και της υπερχείλισης. Το κατώτερο σημείο του προφίλ έχει και αυτό κρίσιμη σημασία, αφού από αυτό θα ξεκινήσει το φαινόμενο της υπερύψωσης του νερού και κατά συνέπεια και της υπερχείλισης. (Τζούμας 2000)



Σχήμα 2-4: Διαμήκης τομή δρόμου και προτεινόμενος οχετός. (Norman et al, 1985,2001)



Σχήμα 2-5: Διατομή δρόμου και μήκους οχετού. (Norman et al, 1985,2001)

2.2.5 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Η πιο οικονομική εγκατάσταση οχετού είναι αυτή η οποία θα αξιοποιήσει όλα τα διαθέσιμα υδραυλικά φορτία για την απορροή της παροχής σχεδιασμού. Από τη στιγμή που ο όγκος της παροχής αυξάνει με κάθε αύξηση του φορτίου, θα πρέπει να καθορισθεί το διαθέσιμο υψόμετρο υδραυλικού φορτίου. Το υψόμετρο αυτό του υδραυλικού φορτίου σχεδιασμού, γενικά συνδέεται με έναν από τους παρακάτω τρεις παράγοντες: (Τζούμας 2000)

- α) οικονομικές θεωρήσεις
- β) ρυθμιστικούς περιορισμούς ή
- γ) αυθαίρετους περιορισμούς.

Μια αύξηση του διαθέσιμου υδραυλικού φορτίου μπορεί να παρατηρηθεί σε ορισμένες περιπτώσεις, εάν συσταλεί η διατομή εισόδου του οχετού. Η διαδικασία αυτή είναι ευεργετική για οχετούς απότομης κλίσης, οι οποίοι λειτουργούν κάτω από συνθήκες ελέγχου εισόδου.

2.2.5.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ

Καθώς τα υψόμετρα του αποθηκευμένου νερού ανάντη του οχετού αυξάνουν, μπορούν να επέλθουν οικονομικά επιζήμιες επιπτώσεις. Για το λόγο αυτό, σε περιπτώσεις κατασκευών μεγάλης σημασίας θα αποτελούσε μεγάλο πλεονέκτημα η εκτέλεση ανάλυσης επικινδυνότητας, ενώ υιοθετείται μερικές φορές η αρχή της αποδοχής ειδικών περιορισμών για την τοποθεσία του οχετού, αντί της εκτέλεσης πλήρους επικινδυνότητας. Τέτοιου είδους περιορισμοί βασίζονται σε κάποιο χαρακτηριστικό υψόμετρο, το οποίο δεν πρέπει να υπερβεί η στάθμη του νερού κατά

τη διάρκεια μιας προκαθορισμένης περιόδου επαναφοράς. Το υψόμετρο αυτό ενδέχεται να αντιστοιχεί σε κάποια κρίσιμα σημεία του δρόμου, όπως είναι η άκρη αυτού ή το σημείο υψομέτρου υπέρβασης αυτού. Ένα άλλο κριτήριο μπορεί να είναι ζημιογόνο υψόμετρο (υψόμετρο το οποίο αν ξεπεράσει το πλημμυρικό συμβάν θα προξενήσει ζημιές σε πιθανή κατασκευή ανάντη). Λαμβάνονται υπόψη, επίσης, πιθανές απώλειες από το διάστημα του χρόνου ζωής του έργου και η σημαντικότητα του δρόμου.

Ενώ όλοι οι παραπάνω παράγοντες σχετίζονται με μία ανάλυση επικινδυνότητας, σε γενικές γραμμές στην πράξη δεν εκτελείται ποτέ μια λεπτομερής ανάλυση αυτού του τύπου.

2.2.5.2 ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Ο περιορισμός των έργων για την ανεμπόδιστη διέλευση μιας πλημμύρας, καθώς αυτός επηρεάζει το βασικό υψόμετρο στάθμης του πλημμυρικού πεδίου (100 έτη), έχει πρωταρχική σημασία. Εξαρτάται από την θέση του οχετού, τους υπάρχοντες περιορισμούς της ελεύθερης ροής και στην περίπτωση που υπάρχει καθορισμένος <<δρόμος>> απορροής, από την επιτρεπτή ανύψωση της επιφάνειας του νερού που μπορεί να μεταβάλλεται μεταξύ των τιμών 0ft έως 1ft(0.3m).

Ανεξάρτητα από το εάν γίνεται ή όχι χρήση της περιόδου επαναφοράς στο σχεδιασμό ενός οχετού ενός συγκεκριμένου δρόμου, θα πρέπει να γίνεται έλεγχος πλημμύρας περιόδου 100 ετών για να μπορούν να εξακριβωθούν οι επιδράσεις στο πλημμυρικό πεδίο.

2.2.5.3 ΑΥΘΑΙΡΕΤΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Μερικές κρατικές ή τοπικές αρμόδιες αρχές, θέτουν κατά το στάδιο του σχεδιασμού αυθαίρετους περιορισμούς στο υδραυλικό φορτίο σχεδιασμού το οποίο προκαλεί ένας οχετός. Το ανάντη βάθος του νερού, για παράδειγμα, μπορεί να μην επιτρέπεται να υπερβεί το ύψος της διατομής του οχετού ή κάποιο πολλαπλάσιο αυτού. Παρόλα αυτά, οι περιορισμοί αυτοί ανακόπτουν την εγγενή ευκαμψία στο σχεδιασμό των οχετών και θα πρέπει να ακολουθούνται μόνο στην περίπτωση που αναμφισβήτητα αποτελούν βοήθημα στα χέρια του σχεδιαστή ή τα αναγκαία σχεδιαστικά δεδομένα (βλέπε προηγούμενες παραγράφους) δεν είναι επαρκή.

2.2.6 ΣΥΝΟΨΗ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στον Πίνακα 2-2 συνοψίζονται τα διάφορα απαιτούμενα δεδομένα για το σχεδιασμό ενός οχετού. (Τζούμας 2000)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΠΗΓΗ
<p style="text-align: center;">ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ</p> <p>Παροχή Αιχμής</p> <p>Παροχές Ελέγχου</p> <p>Υδρογραφήματα (εάν γίνεται χρήση διόδευσης του όγκου αποθήκευσης)</p>	<p>Ανάλυση μέσω ειδικών συσκευών μέτρησης ή χρήση ορθολογιστικών τύπων, μέθοδος SCS, εξισώσεις παλινδρόμησης κ.λ.π.</p> <p>Ομοίως με Αιχμής.</p> <p>Από πληροφορίες που προκύπτουν μέσω υδρομετρήσεων ή συνθετικές μέθοδοι ανάπτυξης όπως η μέθοδος SCS και η μέθοδος Snyder ή μοντέλα ηλεκτρονικών υπολογιστών.</p>
<p style="text-align: center;">ΠΕΔΙΟΥ</p> <p>Θέση Οχετού</p> <p>Δεδομένα Φυσικού Καναλιού</p> <p>Διατομές</p> <p>Διαμήκης Κλίση</p> <p>Υδραυλική Αντίσταση</p> <p>Συσσωρευση του Νερού Κατάντη</p> <p>Ανάντη Αποθήκευση</p> <p>Δεδομένα Δρόμου</p> <p>Διατομή</p> <p>Προφίλ</p> <p>Μήκος Οχετού</p> <p>Υδραυλικό Φορτίο Σχεδιασμού</p> <p>Κρίσιμα σημεία του δρόμου</p> <p>Γειτνιάζοντα κτίρια ή άλλες κατασκευές.</p> <p>Κανονιστικοί Περιορισμοί</p> <p>Αυθαίρετοι Περιορισμοί</p>	<p>Βασίζεται σε χαρακτηριστικά του πεδίου, περιλαμβάνοντας φυσικές διατομές, κλίσεις και άξονα του υδατορρέυματος.</p> <p>Τοπογραφικοί χάρτες ή επιτόπου αποτύπωση.</p> <p>Τοπογραφικοί χάρτες ή επιτόπου αποτύπωση.</p> <p>Παρατήρηση, φωτογραφίες ή υπολογιστικές μέθοδοι.</p> <p>Τοπογραφικοί χάρτες ή επιτόπου αποτύπωση.</p> <p>Τοπογραφικοί χάρτες ή επιτόπου αποτύπωση.</p> <p>Από σχέδια δρόμου.</p> <p>Από σχέδια δρόμου.</p> <p>Από σχέδια δρόμου.</p> <p>Από σχέδια δρόμου.</p> <p>Αεροφωτογραφίες, επιτόπου αποτύπωση ή τοπογραφικοί χάρτες.</p> <p>Κανονισμοί που αφορούν το πλημμυρικό πεδίο.</p> <p>Κρατικοί ή Τοπικοί περιορισμοί για τις εγκαταστάσεις των οχετών.</p>

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-2: Δεδομένα απαιτούμενα για τον σχεδιασμό ενός οχετού. (Τζούμας 2000)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΧΕΤΩΝ

3.1 ΡΟΗ ΣΕ ΟΧΕΤΟ

3.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Μια μεθοδική, θεωρητική ανάλυση ροής σε οχετό είναι εξαιρετικά πολύπλοκη, εξαιτίας του γεγονότος ότι η ροή είναι συνήθως ανομοιόμορφη με πεδία στα οποία επικρατεί ταυτόχρονα και βαθμιαίως μεταβαλλόμενη αλλά και η απότομα μεταβαλλόμενη ροή. Η μεθοδική ανάλυση περιλαμβάνει υπολογισμούς ανάντη προφίλ (προφίλ τύπου M1) και προφίλ που πέφτει στα κατάντη (προφίλ τύπου M2), ισοζύγιο ενέργειας και ορμής και εφαρμογές από υδραυλικά μοντέλα. Η United States Geological Survey (USGS), για παράδειγμα, καθόρισε **18 διαφορετικούς** τύπους ροών οι οποίες βασίζονται στο ποσοστό βύθισης των διατομών εισόδου και εξόδου του οχετού, στο καθεστώς ροής μέσα στον οχετό και στο βάθος νερού στο κατάντη άκρο του οχετού. Συχνά, δημιουργούνται υδραυλικά άλματα στο εσωτερικό ή κατάντη του οχετού. Επιπρόσθετα, οι τύποι ροής μεταβάλλονται σε έναν δοσμένο οχετό, ανάλογα με τη μεταβολή της παροχής και τη μεταβολή της στάθμης ύδατος κατάντη.

Έχοντας σκοπό τη συστηματοποίηση της ανάλυσης των ροών σε οχετούς, στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται διαδικασίες, στις οποίες οι διάφοροι τύποι των ροών κατηγοριοποιούνται και αναλύονται με βάση τις διατομές ελέγχου.

Η *διατομή ελέγχου* είναι μια θέση στην οποία υπάρχει μια μοναδική σχέση μεταξύ της παροχής και του υψομέτρου της στάθμης ανάντη του οχετού.

Για κάποιο χρονικό διάστημα μπορεί να επικρατούν πολλές διαφορετικές συνθήκες ροής, αλλά σε κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή η ροή, ούτως ή άλλως, ελέγχεται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διατομής εισόδου (έλεγχος εισόδου) ή από έναν συνδυασμό της διάταξης των τμημάτων της εισόδου του οχετού, τα χαρακτηριστικά του κυρίως << σώματος >> του οχετού και τη κατάντη συσσώρευση του νερού (έλεγχος εξόδου). Ο έλεγχος μπορεί να μεταβάλλεται από την είσοδο στην έξοδο αλλά παρόλα αυτά, στην παρούσα μελέτη θα εφαρμοσθεί η αρχή της <<ελάχιστης απόδοσης>>. Ενώ, δηλαδή, ο οχετός μπορεί να λειτουργεί περισσότερο αποτελεσματικά κατά διαστήματα (μεγαλύτερη ροή για ένα δοσμένο επίπεδο υδραυλικού φορτίου), δεν θα λειτουργεί ποτέ σε χαμηλότερα επίπεδα απόδοσης από το υπολογισμένο.

Η μέθοδος σχεδιασμού οχετών που παρουσιάζεται στο παρόν κεφάλαιο, βασίζεται στη χρήση σχεδιαστικών διαγραμμάτων και νομογραφημάτων. Τα διαγράμματα και τα νομογραφήματα αυτά, με τη σειρά τους, βασίζονται σε δεδομένα πολυάριθμων υδραυλικών δοκιμών και σε θεωρητικούς υπολογισμούς. Σε κάθε βήμα της διαδικασίας εισάγονται κάποια λάθη. Για παράδειγμα, υπάρχει σκεδασμός στα δεδομένα που προκύπτουν από τις δοκιμές και έτσι η επιλογή της βέλτιστης προσαρμογής της εξίσωσης σχεδιασμού περιλαμβάνει κάποιο λάθος. Η συσχέτιση, επίσης, μεταξύ των εξισώσεων σχεδιασμού και των νομογραφημάτων σχεδιασμού δεν είναι ακριβής. Η αναπαραγωγή των σχεδιαστικών διαγραμμάτων εισάγει επιπρόσθετο λάθος. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι τα

αποτελέσματα της διαδικασίας είναι ακριβή μέσα σε ένα πλαίσιο (διόρθωσης) συν-πλην 10% σε όρους φορτίου.

Στον Πίνακα 1-2 του 1^{ου} κεφαλαίου επισημαίνονται οι παράγοντες οι οποίοι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό των οχετών, ανάλογα με τη λειτουργία αυτών υπό έλεγχο εισόδου ή εξόδου.

Σε συνθήκη ελέγχου εισόδου, τη λειτουργία του οχετού για κάποιο δοσμένο υδραυλικό φορτίο επηρεάζουν μόνο το εμβαδό και η μορφή της εισόδου, καθώς και η τμηματική διάταξη της εισόδου. Το υψόμετρο του υδραυλικού φορτίου υπολογίζεται με σημείο αναφοράς το ρείθρο της διατομής εισόδου, ενώ το υψόμετρο της στάθμης του συσσωρευμένου νερού κατάντη του οχετού δεν έχει καμία επιρροή στη λειτουργία αυτού.

Σε συνθήκη ελέγχου εξόδου, τη λειτουργία του οχετού επηρεάζουν όλοι εκείνοι οι παράγοντες που αναφέρονται στον Πίνακα 1-2. το υδραυλικό φορτίο υπολογίζεται με σημείο αναφοράς το ρείθρο της διατομής εξόδου και η διαφορά μεταξύ των υψομέτρων των σταθμών του υδραυλικού φορτίου και του συσσωρευμένου νερού κατάντη αντιπροσωπεύει την ενέργεια την οποία ωθεί τη ροή κατά μήκος του οχετού.

3.2 ΤΥΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

Μια γενική περιγραφή των χαρακτηριστικών των συνθηκών ελέγχου εισόδου και εξόδου της ροής, δίνεται παρακάτω. Στον οχετό ο οποίος λειτουργεί υπό συνθήκη ελέγχου εισόδου η ροή είναι αβαθής, έχει υψηλή τραχύτητα και κατηγοριοποιείται ως υπερκρίσιμη. Για την περίπτωση της υπερκρίσιμης ροής, η διατομή ελέγχου είναι στο ανάντη άκρο της εγκατάστασης (τη διατομή εισόδου του οχετού). Αντιστρόφως, στον οχετό ο οποίος λειτουργεί υπό συνθήκη ελέγχου εξόδου η ροή θα είναι σχετικά βαθιά, θα έχει χαμηλή ταχύτητα και κατηγοριοποιείται ως υποκρίσιμη. Για την περίπτωση της υποκρίσιμης ροής, η διατομή ελέγχου είναι στο κατάντη άκρο της εγκατάστασης (τη διατομή εξόδου του οχετού). Το βάθος του νερού στην έξοδο του οχετού ή το βάθος του νερού στο κατάντη κανάλι είναι το κρίσιμο βάθος, ανάλογα με το πιο είναι πιο μεγάλο. Για έναν δοσμένο οχετό, ο τύπος της ροής εξαρτάται από όλους τους παράγοντες οι οποίοι παρατίθενται στον Πίνακα 1-2.

3.2.1 ΣΥΝΘΗΚΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΙΣΟΔΟΥ

3.2.1.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΙΣΟΔΟΥ

Στο Σχ. 3-1 απεικονίζονται διάφορες περιπτώσεις συνθηκών ελέγχου εισόδου. Ο τύπος της ροής εξαρτάται από το ποσοστό βύθισης των διατομών των άκρων του οχετού (εισόδου και εξόδου). Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, η διατομή ελέγχου βρίσκεται στο άκρο εισόδου του οχετού. Ανάλογα με τη στάθμη του νερού κατάντη του οχετού, μπορεί να λάβει χώρα υδραυλικό άλμα κατάντη της διατομής εισόδου.

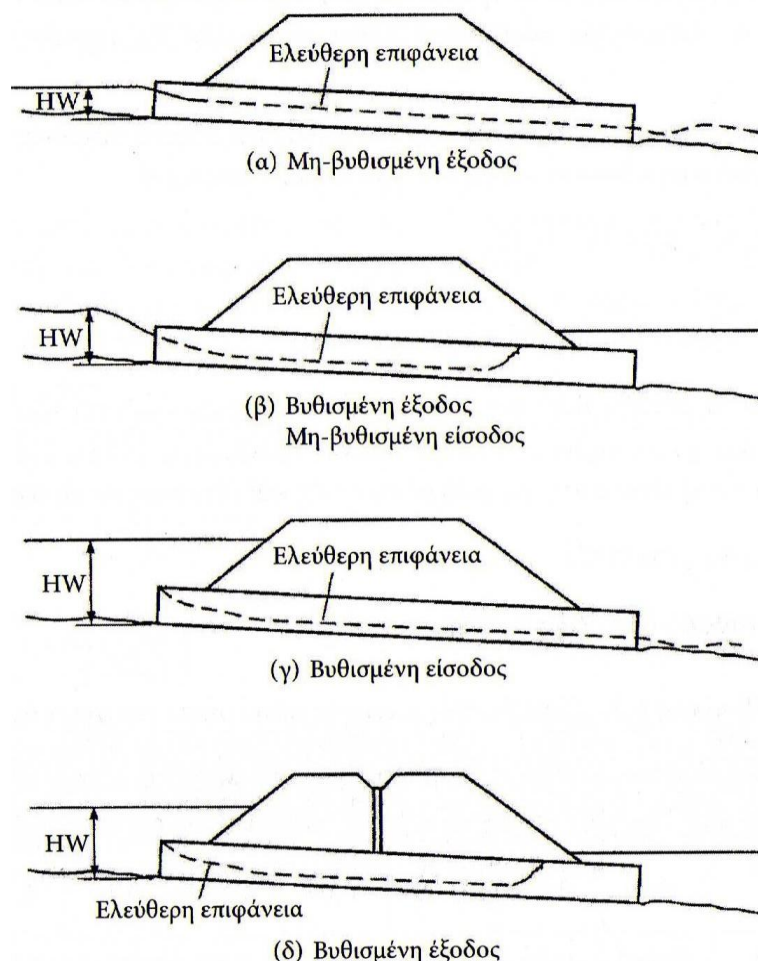
Στο Σχ. 3-1-A απεικονίζεται μια κατάσταση στην οποία ούτε η διατομή εισόδου αλλά και ούτε και διατομή εξόδου είναι βυθισμένες. Η ροή μεταβιβάζεται μέσω κρίσιμου βάθους μόνο κατάντη της εισόδου του οχετού και η κατηγορία αυτής στο κυρίως σώμα του οχετού είναι υπερκρίσιμη. Η ροή κατά μήκος του οχετού είναι πλήρης και προσεγγίζει το κανονικό βάθος στο κατάντη άκρο εξόδου.

Το Σχ.3-1-B δείχνει ότι η πλήρης βύθιση του άκρου εξόδου του οχετού δεν εξασφαλίζει συνθήκη ελέγχου εξόδου. Στην περίπτωση αυτή, μόνο ακριβώς κατάντη της διατομής εισόδου η ροή είναι υπερκρίσιμη και μέσα στον οχετό λαμβάνει χώρα υδραυλικό άλμα.

Το Σχ.3-1-Γ παριστά μια πιο τυπικά κατάσταση. Η διατομή εισόδου είναι βυθισμένη και στο άκρο εξόδου η ροή είναι ελεύθερη. Και στην περίπτωση αυτή η ροή είναι υπερκρίσιμη και το σώμα του οχετού είναι μερικώς πλήρες. Το κρίσιμο βάθος τοποθετείται ακριβώς κατάντη της διατομής εισόδου και η ροή προσεγγίζει το κανονικό βάθος στο κατάντη άκρο του οχετού.

Το Σχ.3-1-Δ απεικονίζει μια ασυνήθιστη κατάσταση, δείχνοντας ότι η βύθιση και της διατομής εισόδου αλλά και της διατομής εξόδου δεν εξασφαλίζει πλήρη ροή (περίπτωση ροής σε κλειστό αγωγό). Στην περίπτωση αυτή, θα λάβει χώρα υδραυλικό άλμα μέσα στον οχετό. Το φρεάτιο αερισμού (median drain) εξασφαλίζει την κυκλοφορία του αέρα μέσα στον οχετό. Εάν στον οχετό δεν λάμβανε χώρα κυκλοφορία αέρα, θα μπορούσαν να αναπτυχθούν υποπιέσεις και υπερπιέσεις, οι οποίες ενδέχεται να δημιουργήσουν μια ασταθή κατάσταση. (Τζούμας 2000)

Οι παραπάνω αποτελούν χαρακτηριστικές περιπτώσεις ως προς την υδραυλική συμπεριφορά και λειτουργία οχετών.



Σχήμα 3-1: Τύποι συνθήκης ελέγχου εισόδου. (Πρίνος 2009).

3.2.1.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΕΙΣΟΔΟΥ

Από τη στιγμή που ο έλεγχος «ανήκει» στο ανάντη άκρο, μόνο το υδραυλικό φορτίο και η σχετική διάταξη των τμημάτων της εισόδου επηρεάζουν τη λειτουργία του οχετού (Πίνακας 1-2). Το υδραυλικό φορτίο μετράται με σημείο αναφοράς το ρείθρο της διατομής εισόδου (από το κατώτερο σημείο της εισόδου έως την επιφάνεια του νερού ανάντη). Το εμβαδόν της εισόδου είναι η επιφάνεια της διατομής της πρόσοψης του οχετού. Γενικά, η επιφάνεια αυτή είναι ίδια με το εμβαδόν της διατομής του κυρίως σώματος του οχετού αλλά για *προσαρμοσμένες* εισόδους, η επιφάνεια της πρόσοψης μεγεθύνεται και η διατομή ελέγχου τοποθετείται στο πέρασ της εισόδου (λάρυγγας – σημείο ένωσης με το κυρίως σώμα του οχετού). Η τμηματικά διάταξη του χείλους της εισόδου περιγράφει τον τύπο της εισόδου. Μερικές περιπτώσεις χείλους εισόδου αποτελούν οι προεξέχουσες εισοδοί λεπτού χείλους, τα προσαρμοσμένα (μιτροειδή) χείλη, τα τετραγωνικά (απότομα) χείλη στο τοιχίο εισόδου και τα κωνικά προσαρμοσμένα χείλη. Η μορφή της διατομής εισόδου είναι συνήθως η ίδια με αυτή του κυρίως σώματος του οχετού. Παρόλα αυτά πιθανόν να πρέπει να μεγεθυνθεί όπως στην περίπτωση της προσαρμοσμένης εισόδου. Τυπικές μορφές είναι η ορθογωνική, η κυκλική και η ελλειπτική. Οσάκις η διατομή εισόδου είναι διαφορετική (μέγεθος ή σχήμα) από αυτή του οχετού, υπάρχει η πιθανότητα τοποθέτησης μιας επιπρόσθετης διατομής ελέγχου μέσα στον οχετό.

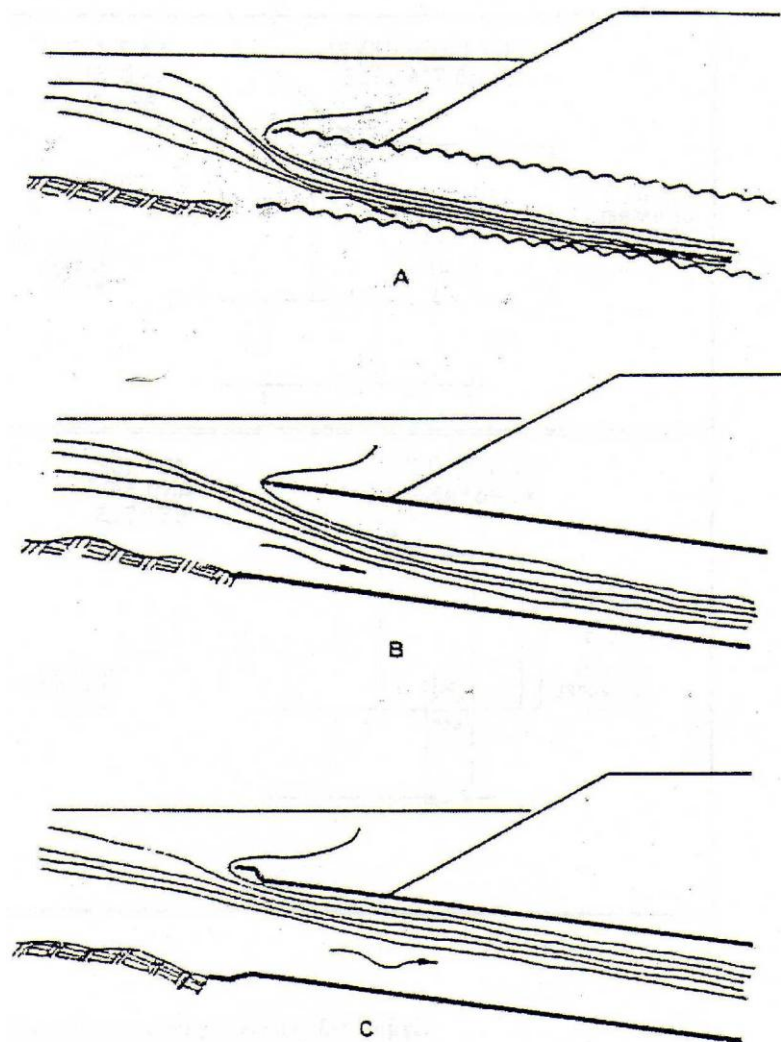
Ένας επιπρόσθετος παράγοντας ο οποίος επηρεάζει τη λειτουργία ελέγχου εισόδου είναι η κλίση του οχετού. Η επιρροή αυτής είναι, ούτως ή άλλως, μικρή και μπορεί να αγνοηθεί ή μπορεί να εισαχθεί στις εξισώσεις ελέγχου εισόδου, ένας διορθωτικός συντελεστής κλίσεως.

Η διαμόρφωση του χείλους της εισόδου αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα για την λειτουργία ελέγχου εισόδου και μπορεί να τροποποιηθεί για την βελτίωση της λειτουργίας. Στο Σχ. 3-2 φαίνονται διάφορες περιπτώσεις χείλους εισόδου. Στο Σχ. 3-2-A παρουσιάζεται μια προεξέχουσα είσοδος λεπτού χείλους, τυπική για μεταλλικούς αγωγούς. Στο Σχ. 3-2-B φαίνεται μια προεξέχουσα είσοδος με παχιά τοιχώματα (περίπου η ίδια λειτουργία όπως στην περίπτωση τετραγωνικού χείλους στο τοιχίο εισόδου), τυπική για αγωγούς σκυροδέματος με άκρα χωρίς εγκοπές. Στο Σχ. 3-2-C, τέλος, παρουσιάζεται μια είσοδος με χείλος το οποίο έχει εγκοπές ή εισόδους τύπου κώδωνος μείωσης της διαμέτρου, η οποία είναι τυπική για αγωγούς σκυροδέματος με αρμούς.

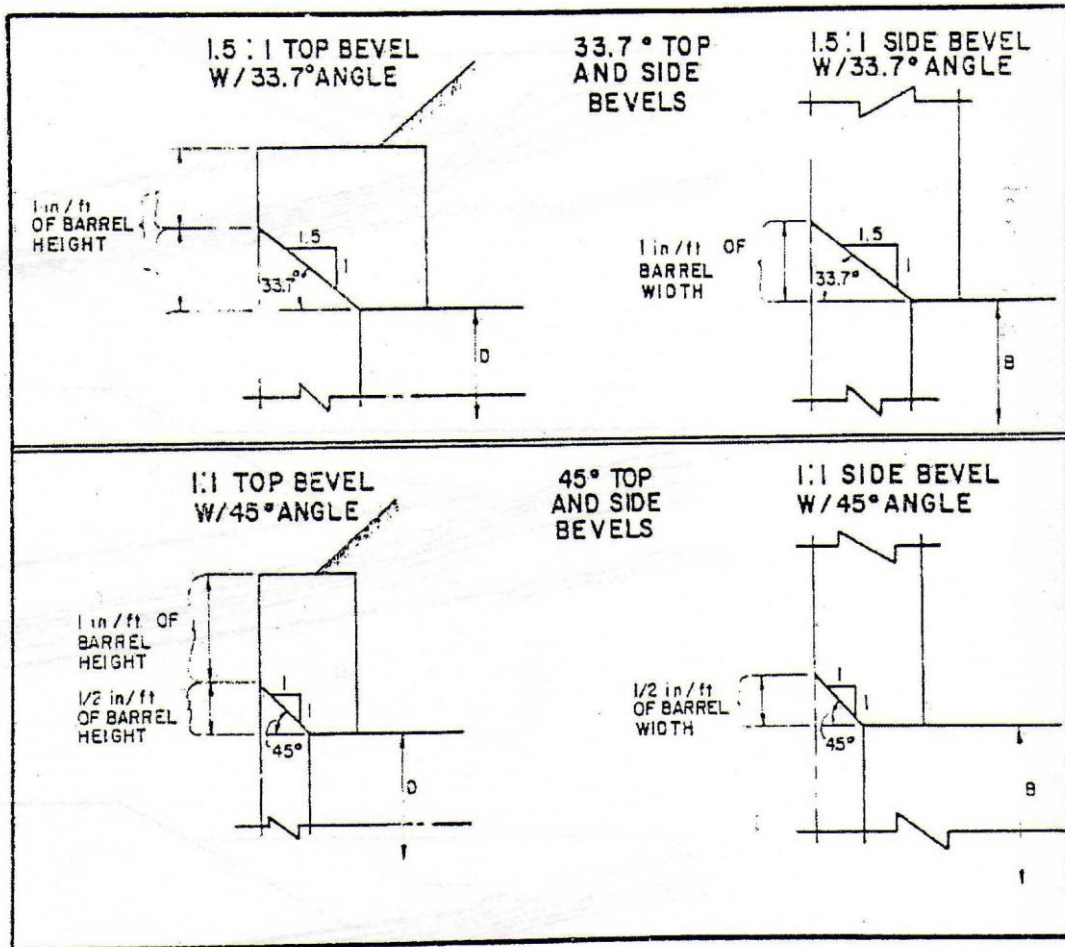
Ας σημειωθεί ότι καθώς βελτιώνουμε τις συνθήκες του χείλους της εισόδου (από το Σχ. 3-2-A στο Σχ. 3-2-C), μειώνεται η συστολή της εισόδου και μεταβίβαση μεγαλύτερου όγκου αυτής μέσα στον οχετό για το ίδιο υδραυλικό φορτίο. Μια μέθοδος για την αύξηση της απόδοσης της εισόδου, είναι η χρήση κωνικά προσαρμοσμένων χείλων στην είσοδο του οχετού. Ο τύπος εισόδου αυτής μειώνει τη συστολή της ροής μεγεθύνοντας αποτελεσματικά την πρόσοψη του οχετού. Αν και κάθε κωνική προσαρμογή βοηθά στον υδραυλικό σχεδιασμό, στην πράξη διατίθενται σχεδιαστικά διαγράμματα για χείλη με διπλή προσαρμογή κατά την κατακόρυφη και οριζόντια διεύθυνση, 45 και 33.7, όπως φαίνονται στο Σχ. 3-3.

Οι μεγαλύτερου μήκους κλίσεις των 33.7 απαιτούν κάποιες κατασκευαστικές μετατροπές αλλά παρέχουν, ελαφρώς, καλύτερη απόδοση για τη λειτουργία εισόδου του οχετού από αυτές των 45. οι κλίσεις των 45 απαιτούν ελάχιστες κατασκευαστικές τροποποιήσεις για τον τοίχο του οχετού και παρέχουν αύξηση στην απόδοση και για συνθήκη ελέγχου εισόδου και εξόδου. Για το λόγο αυτό προτείνεται η κλίση 45 σε όλους τους οχετούς. Είτε αυτοί λειτουργούν με συνθήκη ελέγχου εισόδου είτε συνθήκη ελέγχου εξόδου, εκτός και αν ο οχετός έχει άκρα με εγκοπές (οι εγκοπές

παρέχουν την ίδια απόδοση όπως και το κωνικά προσαρμοσμένο χείλος). (Τζούμας 2000)



Σχήμα 3-2: Συστολή της ροής, για διάφορες διατομές εισόδου των οχετών. (Norman et al, 1985,2001)



Σχήμα 3-3: Κωνικά προσαρμοσμένα χείλη. (Norman et al, 1985,2001).

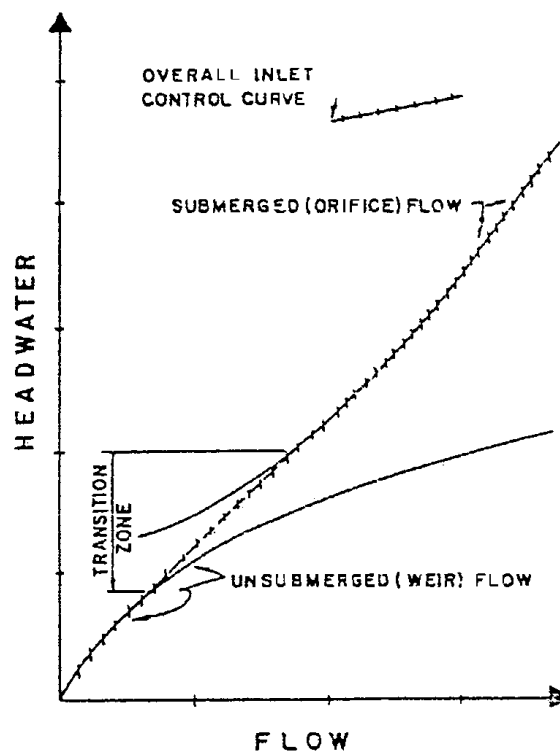
3.2.1.3 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΙΣΟΔΟΥ

Η απόδοση λόγω συνθήκης ελέγχου εισόδου καθορίζεται από τις τρεις περιοχές στις οποίες μπορεί να ανήκει η ροή, όπως φαίνονται στο Σχήμα 3-4, δηλαδή αβύθιστη, μεταβατική και βυθισμένη.

Για συνθήκες χαμηλού υδραυλικού φορτίου, όπως φαίνεται και στα Σχήματα 3-1-A και 3-1-B, η είσοδος του οχετού λειτουργεί σαν υπερχειλιστής. Ένας υπερχειλιστής είναι μια αβύθιστη διατομή ελέγχου της ροής, όπου το ανάντη υψόμετρο της επιφάνειας του νερού μπορεί να προβλεφθεί για κάποια δοσμένη τιμή παροχής. Η σχέση μεταξύ του υψομέτρου της επιφάνειας του νερού και της ροής θα πρέπει να καθορισθεί μέσω μοντέλων δοκιμών της γεωμετρίας του υπερχειλιστή ή από μετρήσεις προτύπων παροχών. Στη συνέχεια οι δοκιμές ή οι μετρήσεις αυτές, χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη εξισώσεων για αβύθιστες συνθήκες ελέγχου εισόδου της ροής.

Για υδραυλικά φορτία τα οποία προκαλούν τη βύθιση της εισόδου του οχετού, όπως φαίνεται και στα Σχήματα 3-1-γ και 3-1-δ, η είσοδος λειτουργεί σαν στόμιο. Το στόμιο είναι ένα άνοιγμα, βυθισμένο από την ανάντη πλευρά, το οποίο επιτρέπει την ελεύθερη ροή από την κατάντη πλευρά και βυθισμένο από την ανάντη πλευρά. Το

οποίο επιτρέπει την ελεύθερη ροή από την κατάντη πλευρά και λειτουργεί ως διατομή ελέγχου. Η σχέση μεταξύ της παροχής και του υδραυλικού φορτίου μπορεί να καθορισθεί βάση των αποτελεσμάτων δοκιμαστικών μοντέλων.



Σχήμα 3-4: Καμπύλες ελέγχου εισόδου. (Norman et al, 1985,2001).

Η μεταβατική ζώνη της ροής, μεταξύ χαμηλού (έλεγχος υπερχειλιστή) και υψηλού (έλεγχος στομίου) υδραυλικού φορτίου, δεν καθορίζεται με σαφή τρόπο. Η ζώνη αυτή μπορεί να προσεγγιστεί, σχεδιάζοντας τις εξισώσεις αβύθιστης και βυθισμένης ροής και συνδέοντας αυτές με μια εφαπτόμενη γραμμή και στις δύο καμπύλες, όπως φαίνονται στο Σχήμα 3-4.

Τα διαγράμματα της ροής (παροχής) σε συνθήκες ελέγχου εισόδου συναρτήσεως καμπυλών υδραυλικών φορτίων, των οποίων η διαδικασία δημιουργίας παρουσιάστηκε παραπάνω, αποτελούν τη βάση για την κατασκευή των σχεδιαστικών νομογραφημάτων για συνθήκη ελέγχου εισόδου. Ας σημειωθεί ότι το φορτίο ταχύτητας προσπέλασης μπορεί να συμπεριληφθεί ως ένα τμήμα του διαθέσιμου υδραυλικού φορτίου στις σχέσεις ελέγχου εισόδου. (Τζούμας 2000)

3.2.1.4 ΤΑΠΕΙΝΩΣΗ ΤΟΥ ΡΕΙΘΡΟΥ ΕΙΣΟΔΟΥ

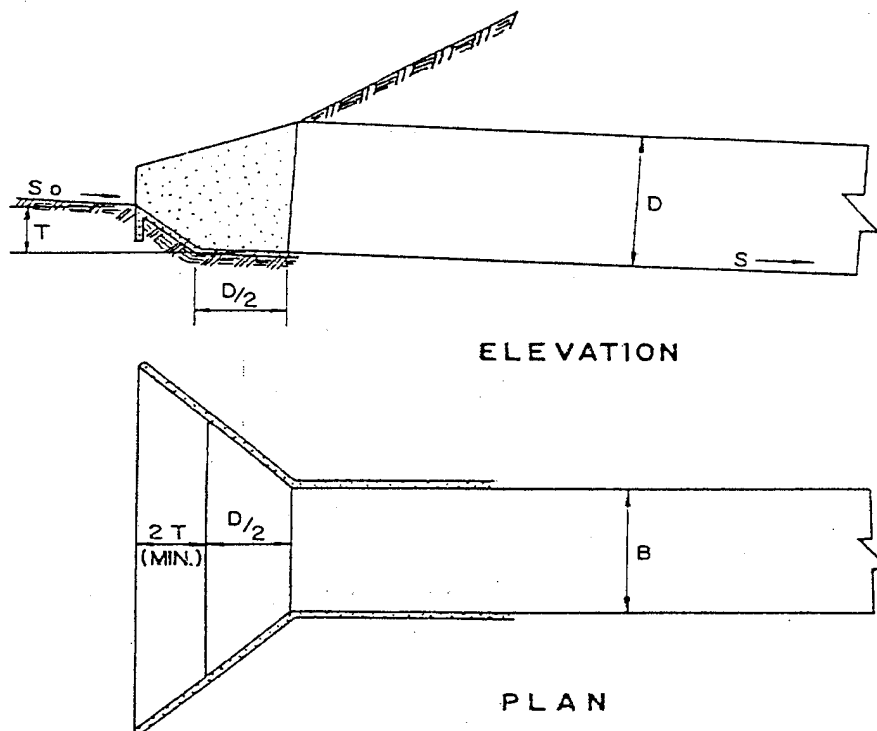
Οι εξισώσεις ελέγχου εισόδου ή τα αντίστοιχα νομογραφήματα, μας παρέχουν το βάθος του υδραυλικού φορτίου πάνω από το ρείθρο της εισόδου, το οποίο απαιτείται για τη διέλευση μιας δοσμένης τιμής παροχής μέσω της εισόδου. Η σχέση αυτή παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από το υψόμετρο του ρείθρου της εισόδου. Εάν το άκρο της εισόδου του οχετού χαμηλωθεί κάτω από τον πυθμένα του ρεύματος,

τότε θα μπορέσει να μεταβιβαστεί μεγαλύτερο φορτίο από την είσοδο, για το ίδιο υψόμετρο υδραυλικού φορτίου.

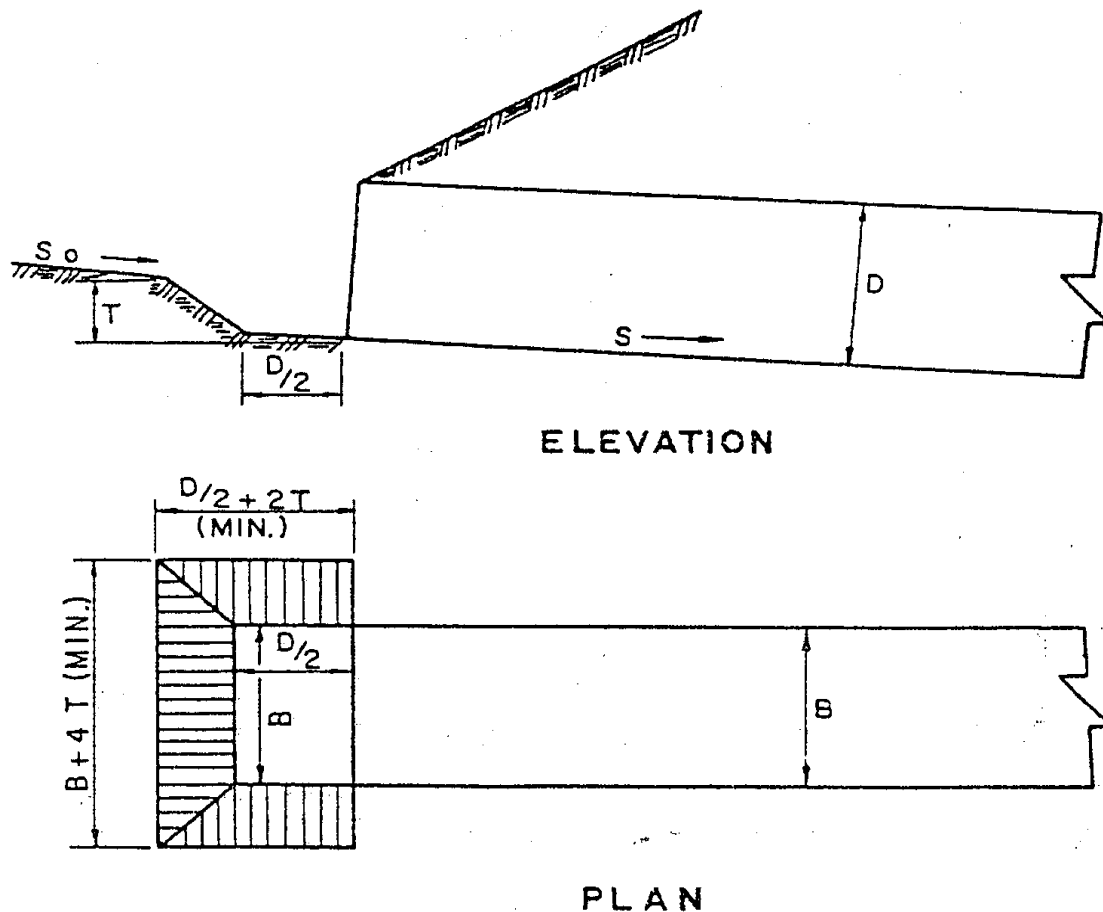
Στα Σχήματα 3-5 και 3-6 παρουσιάζονται δυο μέθοδοι ταπείνωσης των ρείθρων εισόδου των οχετών. Το Σχήμα 3-5 παριστά τη χρήση <<ποδιάς>> στην προσέγγιση της ταπείνωσης και συγκράτηση του υλικού πλήρωσης με πτερυγότοιχους. Επιθυμητή θα ήταν και η λιθόστρωση της ποδιάς.

Στο Σχήμα 3-6 φαίνεται η κατασκευή μιας χαμηλωμένης λεκάνης ανάντη της πρόσοψης του οχετού. Η λεκάνη αυτή, συνήθως, πλακοστρώνεται αλλά για μικρό χαμήλωμα μπορεί να είναι επαρκής και μια εκσκαφή χωρίς πλακόστρωση.

Όταν ένας οχετός χαμηλώνεται στην πλευρά της εισόδου του κάτω από τον πυθμένα του φυσικού καναλιού, τότε η ταπείνωση αυτή ονομάζεται *πτώση*. Για οχετούς χωρίς σταδιακά ελαττούμενες εισόδους, η *πτώση* καθορίζεται ως το βάθος από τον πυθμένα του φυσικού ρέματος έως το ρείθρο της εισόδου στην πρόσοψη του οχετού. Για οχετούς με προσαρμοσμένες εισόδους, η ΠΤΩΣΗ καθορίζεται ως το βάθος από τον πυθμένα του φυσικού ρέματος έως το ρείθρο του λάρυγγα. (Τζούμας 2000)



Σχήμα 3-5: Οχετός με ταπεινωμένη ποδιά και πτερυγότοιχους. (Norman et al, 1985,2001).



Σχήμα 3-6: Οχετός με είσοδο σε σχήμα λεκάνης. (Norman et al, 1985,2001).

3.2.2 ΣΥΝΘΗΚΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΞΟΔΟΥ

3.2.2.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΞΟΔΟΥ

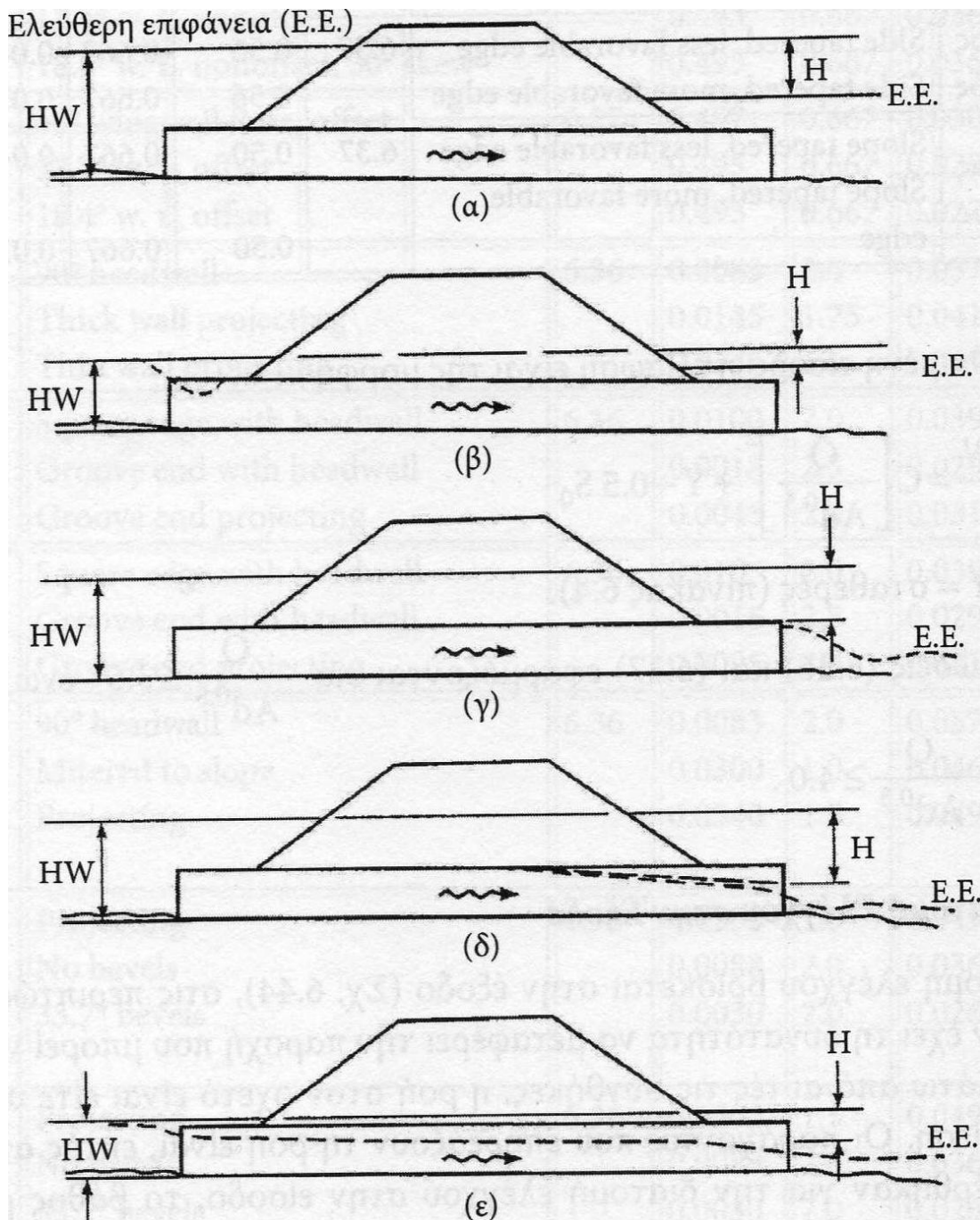
Σε όλες τις περιπτώσεις, η διατομή ελέγχου βρίσκεται στο άκρο εξόδου του οχετού ή πιο πέρα κατάντη αυτού. Για περιπτώσεις μερικώς πλήρους ροής, η ροή στον οχετό είναι υποκρίσιμη.

Στο Σχήμα 3-7 φαίνονται διάφορες περιπτώσεις συνθηκών ελέγχου εξόδου. Η περίπτωση 3-7-α αντιπροσωπεύει την κλασική συνθήκη πλήρους ροής, στην οποία είναι η είσοδος και η έξοδος του οχετού βυθισμένες. Η ροή κατά μήκος του οχετού βρίσκεται υπό πίεση. Η κατάσταση αυτή λαμβάνεται συχνά υπόψη στους υπολογισμούς αλλά στην πράξη πολύ σπάνια πραγματοποιείται.

Η περίπτωση 3-7-β απεικονίζει τη βύθιση της διατομής εξόδου με αβύθιστη τη διατομή εισόδου. Στην περίπτωση αυτή το υψόμετρο του υδραυλικού φορτίου είναι χαμηλό, έτσι ώστε η κορωνίδα αποκαλύπτεται καθώς η ροή συστέλλεται κατευθυνόμενη προς το κυρίως σώμα του οχετού.

Η περίπτωση 3-7-γ δείχνει τη βύθιση της εισόδου σε τέτοιο βαθμό, ώστε η ροή είναι πλήρης σε όλο το μήκος του οχετού ενώ ταυτόχρονα η έξοδος είναι αβύθιστη. Αυτή είναι μια σπάνια κατάσταση. Απαιτείται ένα εξαιρετικά μεγάλο υδραυλικό φορτίο

το οποίο θα συντηρεί την πλήρη ροή στον οχετό, χωρίς να έχουμε συσσώρευση του νερού κατάντη του οχετού. Οι ταχύτητες εξόδου είναι συνήθως υψηλές κάτω από αυτές τις συνθήκες.



Σχήμα 3-7: Τύποι συνθήκης ελέγχου εξόδου. (Πρίνος 2009).

Η περίπτωση 3-7-δ είναι η περισσότερο τυπική. Η είσοδος του οχετού είναι βυθισμένη λόγω του υψομέτρου του υδραυλικού φορτίου και στην έξοδο έχουμε

ελεύθερη ροή με χαμηλή συσσώρευση του νερού κατάντη. Για την περίπτωση αυτή, η ροή στο τελευταίο τμήμα του οχετού είναι μερικώς πλήρης (υποκρίσιμη ροή) και διέρχεται με κρίσιμο βάθος ακριβώς ανάντη της εξόδου.

Η περίπτωση 3-7-ε είναι και αυτή συνηθισμένη, χωρίς να είναι βυθισμένες ούτε η είσοδος αλλά ούτε και η έξοδος του οχετού. Σε όλο το μήκος έχουμε ροή ελεύθερης επιφάνειας και η ροή είναι υποκρίσιμη.

3.2.2.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΕΞΟΔΟΥ

Όλοι αυτοί οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την απόδοση ενός οχετού κάτω από συνθήκη ελέγχου εισόδου, επηρεάζουν και στην περίπτωση ελέγχου εξόδου. Επιπρόσθετα, η απόδοση σε συνθήκη ελέγχου εξόδου εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του οχετού (τραχύτητα, εμβαδόν διατομής, σχήμα, μήκος και κλίση) και από το υψόμετρο του συσσωρευμένου νερού κατάντη (Πίνακας 1-2).

Η τραχύτητα του οχετού είναι συνάρτηση του υλικού που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των τοιχωμάτων του οχετού. Τυπικά υλικά είναι το σκυρόδεμα και το μέταλλο με κυματώσεις. Η τραχύτητα αντιπροσωπεύεται από έναν συντελεστή υδραυλικής αντίστασης όπως τον συντελεστή του Manning, n . Τυπικές τιμές του συντελεστή Manning για οχετούς παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-1.

Το εμβαδόν της διατομής του οχετού και το σχήμα αυτής είναι αυτονόητα. Το μήκος του κυρίως σώματος του οχετού είναι το συνολικό μήκος του οχετού, από την είσοδο έως την έξοδο αυτού. Εξαιτίας του ότι το σχεδιαστικό ύψος του οχετού και η κλίση του επηρεάζουν το πραγματικό μήκος, είναι συνήθως σκόπιμο να ξεκινάμε τη διαδικασία σχεδιασμού με μια αρχική προσέγγιση του μήκους του οχετού.

Η κλίση του κυρίως σώματος του οχετού (ίδια με την κλίση του οχετού) είναι συνήθως ίση με την κλίση του φυσικού καναλιού. Στην περίπτωση, όμως που η είσοδος του οχετού υπερυψώνεται ή ταπεινώνεται, η κλίση αυτού είναι διαφορετική από αυτήν του φυσικού ρέματος.

Η στάθμη του συσσωρευμένου νερού κατάντη βασίζεται στο υψόμετρο της επιφάνειας του νερού κατάντη του οχετού. Οι συνήθεις μέθοδοι υπολογισμού του υψομέτρου αυτού είναι οι υπολογισμοί ανάντη προφίλ από κάποιο σημείο ελέγχου κατάντη, η διαδικασία προσέγγισης κανονικού βάθους και άλλες μέθοδοι παρατηρήσεως πεδίου.

Τύπος Οχετού	Τραχύτητα ή Κυμάτωση	Συντελεστής Manning, n
Αγωγός κυκλικής διατομής από σκυρόδεμα	Λείος	0,010 - 0,011
Αγωγός ορθογωνικής διατομής από σκυρόδεμα	Λείος	0,012 - 0,015
Σπειροειδής ραβδωτός σωλήνας	Λείος	0,012 - 0,013
Αγωγός κυκλικής διατομής από άλλο με κυματώσεις Τοξοειδής και ορθογωνική διατομή (Δακτυλιοειδείς και ελικοειδείς κυματώσεις - βλέπε Σχήμα Β-3 του Παραρτήματος Β, η τιμή του n εξαρτάται από το μέγεθος του σώματος του οχετού.)	68 mm – 13 mm 2 ²³ in – ½ in	0,022 – 0,027
	Δακτυλιοειδής 68 mm – 13mm 2 ²³ in – ½ in	0,011 – 0,023
	Ελικοειδής 150 mm – 25 mm 6 in – 1 in	0,022 – 0,025
	Ελικοειδής 125 mm – 25 mm 5 in – 1 in	0,025 – 0,026
	Ελικοειδής 75 mm – 25 mm 3 in – 1 in	0,027 – 0,028
	Φέρουσα Πλάκα 150 mm – 50 mm 6 in – 2 in	0,033 – 0,035
	Φέρουσα Πλάκα 230 mm – 64 mm 9 in – 2 ¹² in	0,033 – 0,037
Πολυαιθυλένιο με κυματώσεις	Λείος	0,009 – 0,015
Πολυαιθυλένιο με κυματώσεις	Κυματώσεις	0,018 – 0,025
Χλωρισύχο Πολυβινύλιο (PVC)	Λείος	0,009 – 0,011

Πίνακας 3-1: Τιμές του συντελεστή Manning, n, για οχετούς. (Πρίνος 2009).

3.2.2.3 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΞΟΔΟΥ

Η καλύτερη περίπτωση ροής για να περιγράψουμε την υδραυλική συμπεριφορά για έλεγχο εξόδου, είναι η περίπτωση του Σχήματος 3-7-α.

Οι συνθήκες ροής ελέγχου εξόδου μπορούν να υπολογισθούν βάσει του ισοζυγίου ενέργειας. Η συνολική ενέργεια (H_L) που απαιτείται για να μεταβιβάσει τη ροή διαμέσω του οχετού συνίσταται από την απώλεια εισόδου (H_e), τις απώλειες τριβών μέσα στον οχετό (H_f) και τις απώλειες εξόδου (H_o).

Άλλες απώλειες, περιλαμβάνουν απώλειες σε σημεία ενώσεων (H_j), απώλειες λόγω καμπών (H_b) και απώλειες λόγω άλλων ανωμαλιών (τύρβης κ.λ.π.) (H_g) και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

$$H_L = H_e + H_f + H_o + H_b + H_j + H_g \quad (3-1)$$

Η ταχύτητα ροής μέσα στον οχετό υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο, με βάση την εξίσωση της συνέχειας:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3-2)$$

όπου: V είναι η μέση ταχύτητα ροής μέσα στον οχετό ft/s ή m/s
 Q είναι η ογκομετρική παροχή ft³/s ή m³/s
 A είναι το εμβαδόν της διατομής ροής ft² ή m²

Το φορτίο ταχύτητας δίδεται από τη σχέση:

$$H_v = \frac{V^2}{2g} \quad (3-3)$$

όπου: g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας (32.2 ft/s² ή 9,81 m/s²)

Είναι γνωστό ότι οι απώλειες εισόδου είναι συνάρτηση του φορτίου ταχύτητας μέσα στον οχετό και μπορεί να εκφρασθεί ως πολλαπλάσιο του φορτίου αυτού:

$$H_e = k_e \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (3-4\alpha)$$

Οι τιμές που παίρνει ο συντελεστής απωλειών k_e εξαρτώνται από τις διάφορες διαμορφώσεις της εισόδου του οχετού.

Οι γραμμικές απώλειες λόγω τριβών αποτελούν, επίσης συνάρτηση του φορτίου ταχύτητας μέσα στον οχετό. Βάση της εξίσωσης του Manning, οι απώλειες τριβών δίδονται από την εξίσωση:

$$H_f = \left(\frac{29n^2L}{R^{1.33}} \right) \frac{V^2}{2g} \quad (3-4\beta)$$

όπου: n είναι ο συντελεστής τραχύτητας του Manning (βλ. Πίνακα 3-1)
 L είναι το μήκος του οχετού ft ή m

R	είναι η υδραυλική ακτίνα όλης της διατομής του οχετού= A/P	ft ή m
A	είναι η διατμητική επιφάνεια του οχετού	ft ² ή m ²
P	είναι η περίμετρος της διατομής του οχετού	ft ή m
V	είναι η μέση ταχύτητα στον οχετό	ft/s ή m/s

Η Εξίσωση (3-4β) πρέπει να προσαρμοσθεί καταλλήλως για χρήση στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.).

Οι απώλειες εξόδου είναι συνάρτηση της μεταβολής της ταχύτητας στη διατομή εξόδου του οχετού. Για μια απότομη διαστολή, οι απώλειες ενέργειας δίδονται από τη σχέση:

$$H_0 = 1.0 \left(\frac{V^2}{2g} - \frac{V_d^2}{2g} \right) \quad (3-4\gamma)$$

Όπου: V_d είναι η ταχύτητα της ροής κατάντη του οχετού ft/s ή m/s

Η Εξίσωση 3-4γ μπορεί να υπερεκτιμά τις απώλειες εξόδου και για το λόγο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας συντελεστής μικρότερος του 1,0. Η ταχύτητα κατάντη της εξόδου του οχετού αμελείται συνήθως, περίπτωση στη οποία η απώλεια εξόδου ισούται με το φορτίο ταχύτητας πλήρους ροής στον οχετό, όπως γίνεται και στην Εξίσωση 3-4δ:

$$H_0 = H_v = \frac{V^2}{2g} \quad (3-4\delta)$$

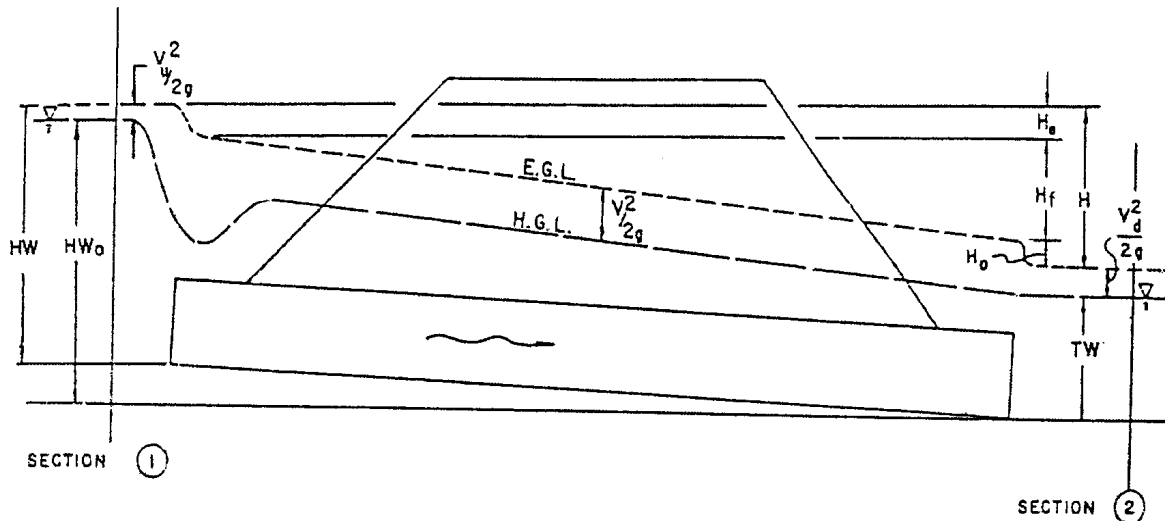
Εισάγοντας τις παραπάνω εξισώσεις των απωλειών εισόδου, τριβών και εξόδου (Εξ. 3-4δ) στην Εξίσωση 3-1, λαμβάνουμε την ακόλουθη εξίσωση απωλειών:

$$H = \left(1 + k_e + \frac{29n^2L}{R^{1.33}} \right) \frac{V^2}{2g} \quad (3-5)$$

Στο Σχήμα 3-8 φαίνονται η γραμμή ενέργειας, και η πιεζομετρική γραμμή για συνθήκες πλήρους ροής σε τυπική διατομή οχετού. Η γραμμή ενέργειας αντιπροσωπεύει την ολική ενέργεια σε κάθε διατομή κατά μήκος του οχετού. Με HW συμβολίζεται το βάθος από το ρείθρο ανάντη της εισόδου έως τη γραμμή ενέργειας. Και η πιεζομετρική γραμμή εκφράζει το βάθος στο οποίο θα μπορούσε να ανέρθει το νερό σε έναν πιεζομετρικό σωλήνα, ο οποίος θα συνδεόταν στις πλευρές του οχετού. Στην περίπτωση της πλήρους ροής, η γραμμή ενέργειας και η πιεζομετρική γραμμή είναι παράλληλες γραμμές οι οποίες διαφέρουν κατά το φορτίο ταχύτητας $\frac{V^2}{2g}$, εκτός

της εγγύτητας της εισόδου όπου συνυπολογίζεται και η επίδραση της συστολής.

Οι συνθήκες υδραυλικού φορτίου (υψομέτρου νερού ανάντη της εισόδου) και υψομέτρου νερού κατάντη της εξόδου του οχετού ως επίσης και οι απώλειες εισόδου, τριβών και εξόδου φαίνονται επίσης, στο Σχήμα 3-8.



Σχήμα 3-8: Γραμμή ενέργειας και πιεζομετρική γραμμή, για ροή υπό πίεση. (Norman et al, 1985,2001).

Εξισώνοντας την ολική ενέργεια στις διατομές (1) και (2), ανάντη και κατάντη του οχετού, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, λαμβάνουμε την ακόλουθη σχέση:

$$HW_0 + \frac{V_u^2}{2g} = TW + \frac{V_d^2}{2g} + H_L \quad (3-6)$$

Όπου:	HW_0	είναι το ύψος του υδραυλικού φορτίου πάνω από το ρείθρο της εξόδου.	ft ή m
	$\frac{V_u^2}{2g}$	είναι το φορτίο ταχύτητας προσέγγισης της ροής στον οχετό	ft/s ή m/s
	TW	είναι το βάθος του νερού στα κατάντη, πάνω από το ρείθρο της εξόδου.	ft ή mft/s ή m/s
	H_L	είναι το άθροισμα όλων των απωλειών	ft ή m

Ας σημειωθεί ότι η ολική διαθέσιμη ενέργεια ανάντη (HW) περιλαμβάνει το βάθος του νερού ανάντη της εισόδου, πάνω από το ρείθρο της εξόδου του οχετού, καθώς και το φορτίο ταχύτητας με το οποίο προσεγγίζει η ροή τον οχετό. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ταχύτητα προσέγγισης είναι μικρή και το φορτίο ταχύτητας αυτό αμελείται. Παρόλα αυτά, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι αυτό αποτελεί μέρος του διαθέσιμου υδραυλικού φορτίου και χρησιμοποιείται για να μεταβιβάσει τη ροή διαμέσω του οχετού.

Με παρόμοιο τρόπο, αμελείται συνήθως και η ταχύτητα κατάντη του οχετού (V_d). Αν δεν λάβουμε, λοιπόν, υπόψη τα δύο αυτά φορτία ταχύτητας, τότε η Εξίσωση 3-6 μεταπίπτει στην παρακάτω μορφή:

$$HW_0 = TW + H_L \quad (3-7)$$

Στην περίπτωση αυτή το H_L είναι η διαφορά των υψομέτρων μεταξύ της επιφάνειας του νερού κατάντη της εξόδου του οχετού και της επιφάνειας του νερού ανάντη της εισόδου αυτού. Εάν είναι επιθυμητό να συμπεριλάβουμε την ταχύτητα προσέγγισης και V ή την κατάντη του οχετού ταχύτητα, τότε χρησιμοποιούμε την Εξίσωση 3-4γ για απώλειες εξόδου και την Εξίσωση 3-6 αντί της Εξίσωσης 3-7, για τον υπολογισμό του υδραυλικού φορτίου.

Οι Εξισώσεις 3-1 έως 3-7 αναπτύχθηκαν για πλήρη ροή σε οχετό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-1-α. Οι εξισώσεις αυτές, επίσης, εφαρμόζονται και στις περιπτώσεις των Σχημάτων 3-7-β και 3-7-γ οι οποίες είναι ουσιαστικά περιπτώσεις πλήρους ροής. Για συνθήκες μερικώς πλήρους ροής μπορεί να απαιτούνται υπολογισμοί ανάντη προφίλ (είναι οι περιπτώσεις των Σχημάτων 3-7-δ και 3-7-ε).

Οι υπολογισμοί αυτοί ξεκινούν από την επιφάνεια του νερού στο κατάντη άκρο του οχετού και προχωρούν ανάντη μέχρι την είσοδο του οχετού. Η κατάντη επιφάνεια του νερού βασίζεται στο κρίσιμο βάθος στην έξοδο ή στο βάθος του συσσωρευμένου νερού κατάντη του οχετού, ανάλογα με πιο από τα δύο είναι μεγαλύτερο. Εάν το προφίλ του νερού που υπολογίσαμε με τη μέθοδο αυτή, επικαλύψει σε κάποιο σημείο την κορωνίδα του οχετού, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3-7-D, από το σημείο αυτό και ανάντη μέχρι την είσοδο θα επεκταθεί μια ευθεία πιεζομετρική γραμμή πλήρους ροής. Από την Εξίσωση 3-4β προκύπτει η κλίση της γραμμής ενέργειας για πλήρη ροή (μονάδες Αγγλοσαξονικού Συστήματος):

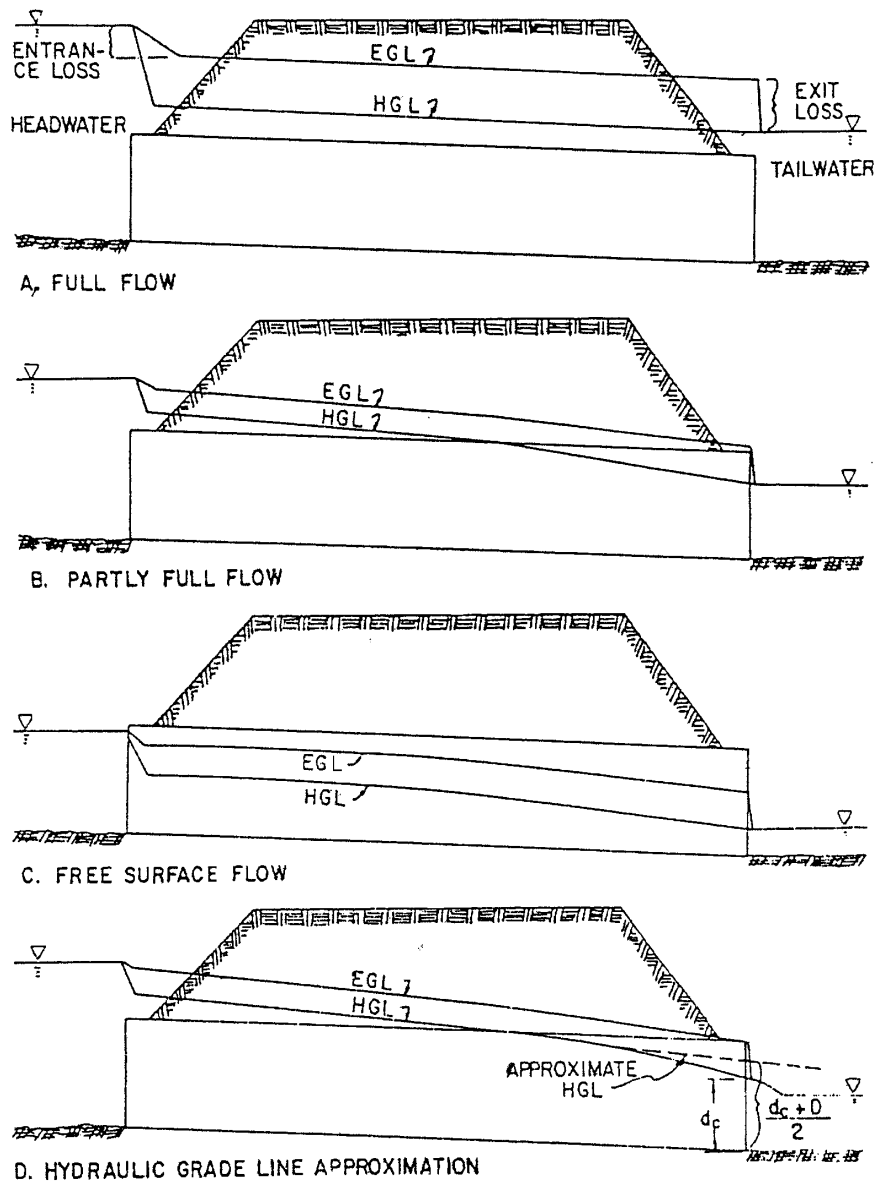
$$S_n = \frac{H_f}{L} = \frac{29n^2}{R^{1.33}} * \frac{V^2}{2g} \quad (3-8)$$

Με σκοπό την αποφυγή άσκοπων υπολογισμών της μεθόδου του ανάντη προφίλ, έχουν αναπτυχθεί προσεγγιστικές μέθοδοι για την ανάλυση των συνθηκών της μερικώς πλήρους ροής.

Βάση αριθμητικών υπολογισμών τύπου ανάντη προφίλ που εκτελέστηκαν από το προσωπικό της FHWA, βρέθηκε ότι μια κατάντη επέκταση της πιεζομετρικής γραμμής πλήρους ροής, για τις συνθήκες ροής που φαίνονται στο Σχήμα 3-9-B, διαπερνά το επίπεδο της εξόδου του οχετού σε απόσταση $\frac{1}{2}$ μεταξύ του κρίσιμου βάθους (d_c) και της διαμέτρου (D) του οχετού. Για το λόγο αυτό είναι πιθανό να ξεκινά η πιεζομετρική γραμμή από ένα βάθος της τάξεως του $(d_c+D)/2$ πάνω από το ρείθρο της εξόδου του οχετού και να επεκτείνεται ευθεία ανάντη (πιεζομετρική γραμμή πλήρους ροής) μέχρι την έξοδο του οχετού με κλίση S_n (Σχήμα 3-9-D). Εάν η στάθμη του συσσωρευμένου νερού κατάντη υπερβαίνει την τιμή $(d_c+D)/2$, τότε χρησιμοποιείται η στάθμη αυτή ως κάτω άκρο για την επέκταση της πιεζομετρικής γραμμής (πλήρους ροής).

Οι απώλειες εισόδου και το φορτίο ταχύτητας προστίθενται στο υψόμετρο της πιεζομετρικής γραμμής στην είσοδο του οχετού για να προκύψει το υψόμετρο του υδραυλικού φορτίου.

Η προσεγγιστική αυτή μέθοδος έχει καλύτερο αποτέλεσμα όταν η ροή στον οχετό είναι πλήρης και στο τελευταίο τμήμα του μήκους του (Σχήμα 3-9-B). Όταν η ροή είναι μερικώς πλήρης σε όλο το μήκος του (Σχήμα 3-9-C), τότε η μέθοδος γίνεται λιγότερο ακριβής καθώς το υδραυλικό φορτίο <<πέφτει>> πιο κάτω από την κορυφή στην είσοδο του οχετού. Τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν ήταν ικανοποιητικά για υδραυλικό φορτίο της τάξεως έως $0.75 D$. Για χαμηλότερα υδραυλικά φορτία απαιτούνται υπολογισμοί ανάντη προφίλ, για τη λήψη υψομέτρων υδραυλικών φορτίων μεγαλύτερης ακρίβειας. (Τζούμας 2000)

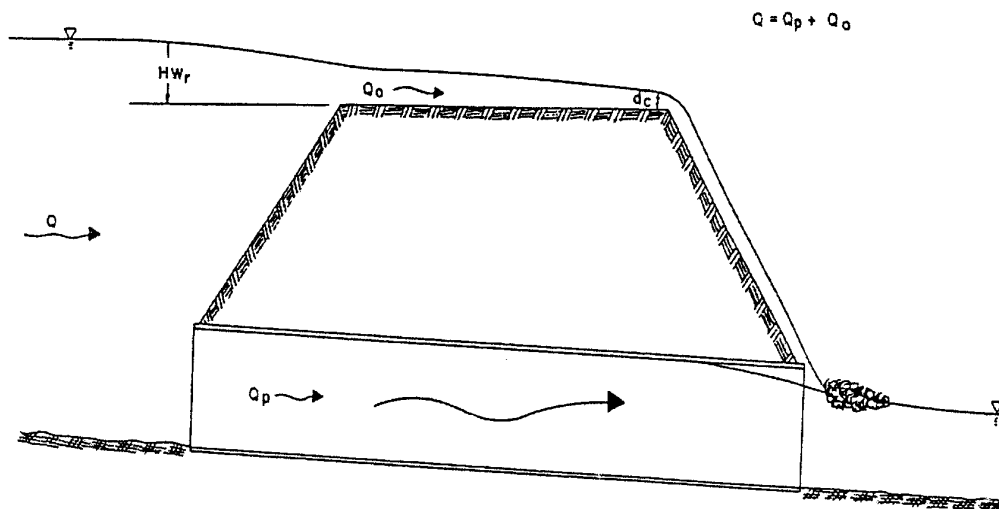


Σχήμα 3-9: Γραμμές ενέργειας και πιεζομετρικές γραμμές για έλεγχο εξόδου.
(Norman et al, 1985,2001).

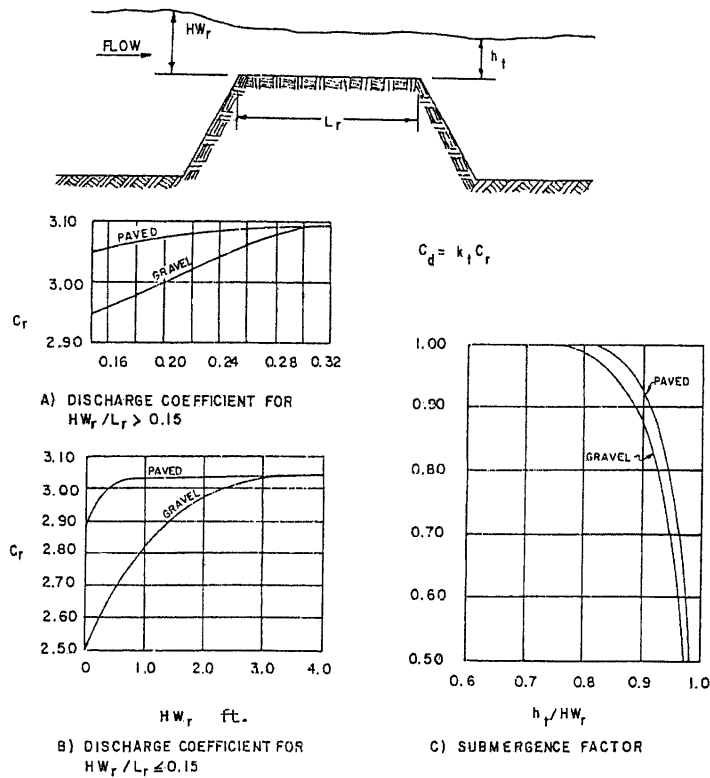
3.3 ΣΥΝΘΗΚΗ ΥΠΕΡΒΑΣΗΣ ΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ

Η περίπτωση κατά την οποία το νερό ξεπερνά τη στάθμη του δρόμου, θα ξεκινήσει όταν το υδραυλικό φορτίο ανέρθει στο υψόμετρο του δρόμου (Σχήμα 3-10).

Η ροή είναι παρόμοια με αυτή πάνω από υπερχειλιστή ευρείας στέψης. Συντελεστές ροής για ροή που υπερβαίνει τη στάθμη του αναχώματος δρόμου μπορεί να βρει κανείς στον Bradley(1973) καθώς και στους Shearman και συν. (FHWA-RD-86-108).



Σχήμα 3-10: Περίπτωση κατά την οποία η στάθμη του νερού ξεπερνά τη στάθμη του δρόμου. (Norman et al, 1985,2001).

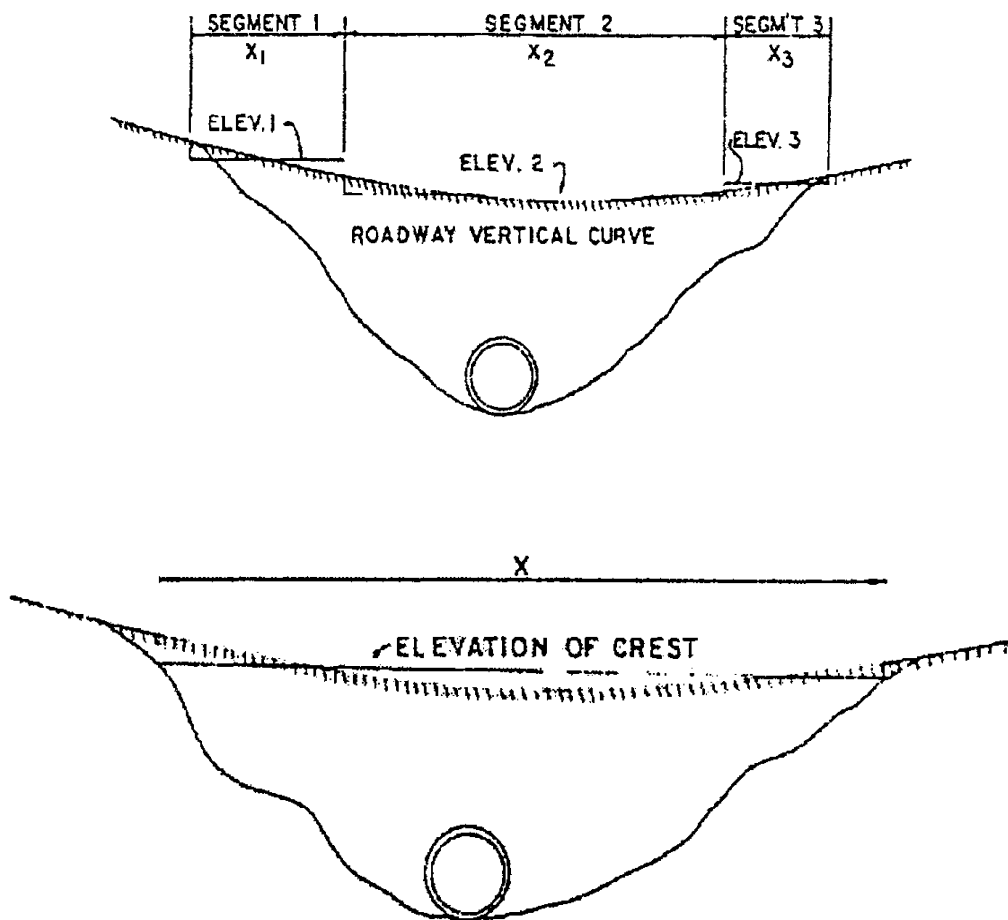


Σχήμα 3-11: Συντελεστές παροχής για ροή πάνω από ανάχωμα δρόμου. (Norman et al, 1985,2001).

Η Εξίσωση 3-9 καθορίζει τη ροή εγκάρσια σε αυτοκινητόδρομο:

$$Q_0 = C_d L H W_r^{1.5} \quad (3-9)$$

Όπου: Q_0 είναι η παροχή υπέρβασης ft³/s ή m³/s
 C_d είναι ο συντελεστής της παροχής υπέρβασης
 L είναι το μήκος της στέψης του δρόμου ft ή m
 HW_r είναι το ανάντη βάθος, μετρημένο από τη στέψη του δρόμου έως την επιφάνεια του νερού ανάντη του οχετού ft ή m



Σχήμα 3-12: Καθορισμός μήκους στέψης υπερχειλιστή για υπέρβαση του δρόμου από τη ροή. (Norman et al, 1985,2001).

Το μήκος και η στάθμη της στέψης του δρόμου είναι δύσκολο να καθοριστούν, στην περίπτωση που η στέψη παρουσιάζει καμπή. Στην περίπτωση αυτή τη χωρίζουμε σε μια σειρά από οριζόντια τμήματα όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα. Με τη βοήθεια της Εξίσωσης 3-9 υπολογίζουμε την παροχή για κάποιο γνωστό υδραυλικό φορτίο, σε κάθε ένα από τα τμήματα αυτά. Στη συνέχεια προσθέτουμε τις επιμέρους παροχές που έχουμε υπολογίσει και προκύπτει έτσι η συνολική παροχή εγκάρσια του δρόμου.

Τις περισσότερες φορές είναι αρκετό στο σχεδιασμό των οχετών, να παρατηρήσουμε την καμπύλωση της στέψης με ένα μόνο οριζόντιο τμήμα (Σχήμα 3-12-B). Το μήκος της στέψης μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ίσο με το μήκος του οριζόντιου αυτού τμήματος ή μπορεί να υπολογισθεί βάση του προφίλ του δρόμου και μιας αποδεκτής απόκλισης πάνω και κάτω από την οριζόντια γραμμή. Κατ' ουσία, η μέθοδος αυτή κάνει χρήση ενός μέσου βάθους του νερού πάνω από τη στέψη του δρόμου, για τον υπολογισμό της παροχής.

3.4 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΞΟΔΟΥ

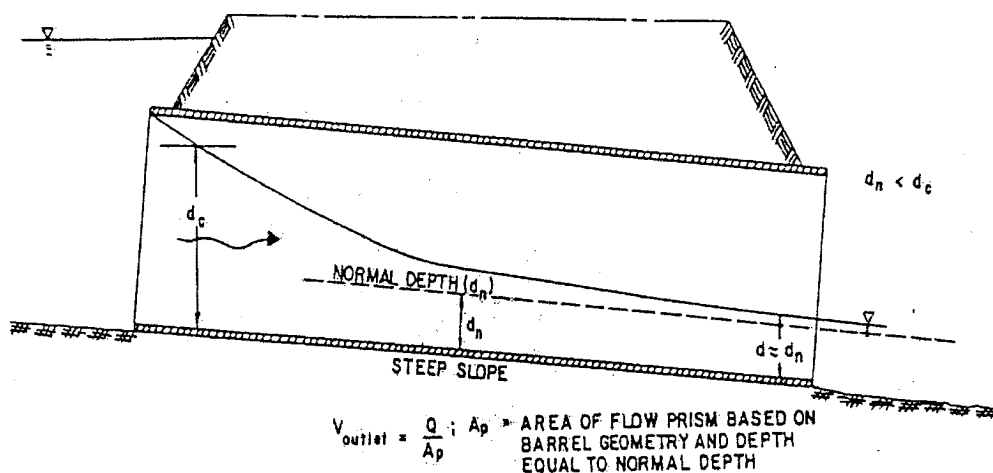
Ο υπολογισμός των ταχυτήτων εξόδου είναι πολύ σημαντικό θέμα, για τον καθορισμό της απαίτησης προστασίας από διάβρωση της εξόδου του οχετού και ειδικότερα του τμήματος του φυσικού καναλιού που θα «υποδεχτεί» την ποσότητα ύδατος που θα παροχετευτεί. Οι ταχύτητες στην έξοδο του οχετού είναι συνήθως μεγαλύτερες από τις ταχύτητες του φυσικού καναλιού. Για το λόγο αυτό υπάρχει το ενδεχόμενο, οι ταχύτητες εξόδου να θέλουν ρύθμιση μέσω κάποιας μεθόδου απώλειας ενέργειας, ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση κατάντη.

Σε συνθήκη ελέγχου εισόδου μπορεί να απαιτούνται υπολογισμοί προφίλ τύπου καταπτώσεως για τον καθορισμό της ταχύτητας εξόδου. Οι υπολογισμοί αυτοί ξεκινούν στην είσοδο του οχετού και προχωρούν κατάντη μέχρι την έξοδο αυτού. Η ταχύτητα της ροής υπολογίζεται από την παροχή και το εμβαδόν της διατομής εξόδου (Εξίσωση 3-2).

Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μια προσεγγιστική μέθοδος για την αποφυγή των υπολογισμών ανάντη προφίλ, με σκοπό τον καθορισμό της ταχύτητας εξόδου, για οχετούς που λειτουργούν υπό συνθήκη ελέγχου εξόδου. Το προφίλ της επιφάνειας του νερού τείνει προς το κανονικό βάθος, καθώς συνεχίζονται οι υπολογισμοί προς την κάτω μεριά του οχετού. Για το λόγο αυτό, εάν ο οχετός έχει επαρκές μήκος, ώστε η ροή να αναπτυχθεί πλήρως, θα επιτευχθεί κανονικό βάθος στην έξοδο αυτού. Ακόμα και σε βραχείς οχετούς, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι έχουμε κανονικό βάθος και να χρησιμοποιηθεί στον καθορισμό του εμβαδού της ροής στην έξοδο, με σκοπό τον υπολογισμό της ταχύτητας εξόδου (Σχήμα 3-13).

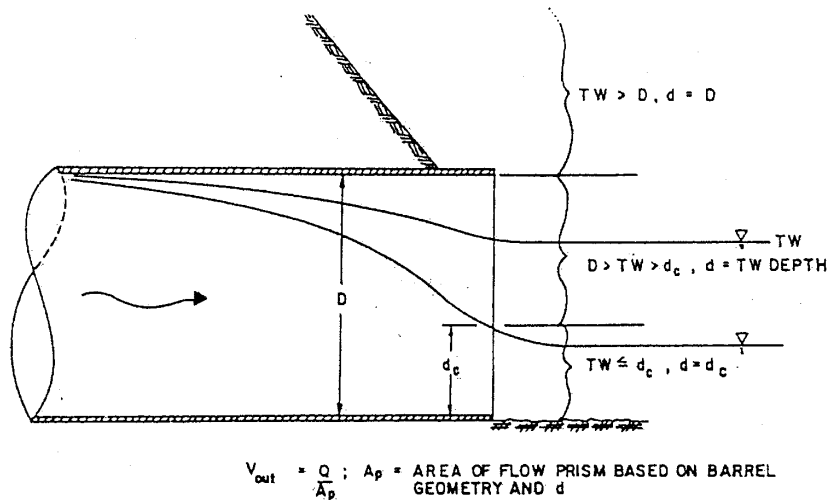
Η ταχύτητα που υπολογίζεται με τον τρόπο αυτό, μπορεί να είναι ελαφρώς υψηλότερη από την πραγματική ταχύτητα εξόδου του οχετού. Το κανονικό βάθος για κοινές μορφές οχετών μπορεί να υπολογισθεί χρησιμοποιώντας δοκιμαστικές επιλύσεις σφαλμάτων με τη βοήθεια της εξίσωσης του Manning. Τα δεδομένα τα οποία είναι γνωστά, είναι η παροχή, η υδραυλική αντίσταση του οχετού, η κλίση και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά αυτού.

Σε συνθήκη ελέγχου εξόδου, το εμβαδόν διατομής της ροής καθορίζεται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της εξόδου, το κρίσιμο βάθος, το βάθος του συσσωρευμένου νερού κατάντη του οχετού ή το ύψος του αγωγού (Σχήμα 3-14).



Σχήμα 3-13: Ταχύτητα εξόδου – συνθήκη ελέγχου εισόδου. (Norman et al, 1985,2001).

Το κρίσιμο βάθος χρησιμοποιείται στην περίπτωση που το κατάντη βάθος του ύδατος είναι μικρότερο, το δε κατάντη βάθος χρησιμοποιείται όταν αυτό είναι μεγαλύτερο του κρίσιμου αλλά χαμηλότερο από την κορωνίδα του οχετού. Όταν το κατάντη βάθος υπερβαίνει την κορωνίδα της εξόδου, τότε χρησιμοποιείται το συνολικό εμβαδόν της διατομής.

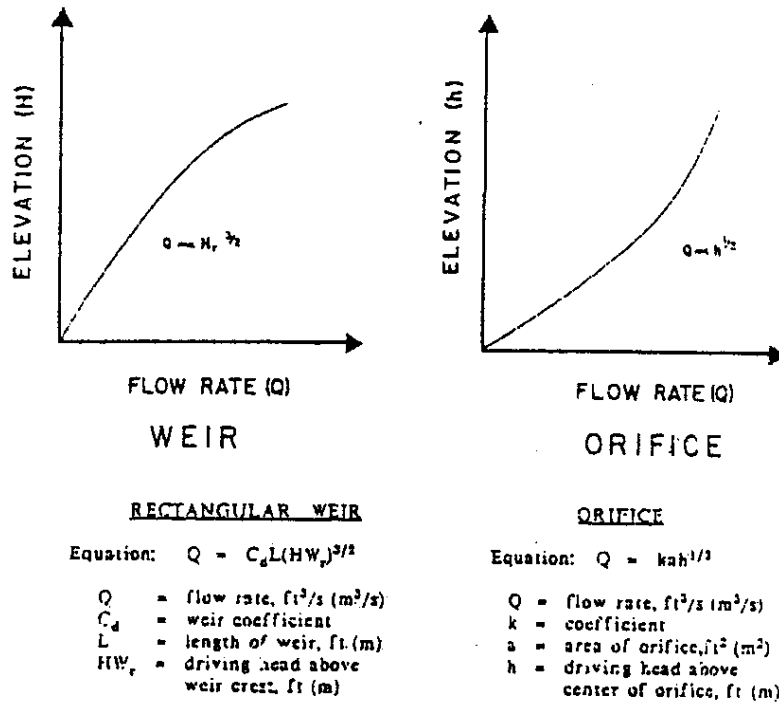


Σχήμα 3-14: Ταχύτητα εξόδου – συνθήκη ελέγχου εξόδου. (Norman et al, 1985,2001).

3.5 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Οι καμπύλες απόδοσης είναι απεικονίσεις της παροχής συναρτήσει του υδραυλικού φορτίου για κάποια συγκεκριμένη διάταξη ελέγχου ροής, όπως είναι οι υπερχειλιστές, τα στόμια (και οι οπές) ή οι οχετοί. Ο υπερχειλιστής συστέλλει τη ροή του ανοιχτού καναλιού, με συνέπεια η ροή να διέρχεται μέσω κρίσιμου βάθους ακριβώς ανάντη του υπερχειλιστή. Το στόμιο είναι μια συσκευή ελέγχου της ροής, πλήρως βυθισμένο στην ανάντη πλευρά, μέσω του οποίου διέρχεται η ροή. Στο Σχήμα 3-15 παρουσιάζονται καμπύλες απόδοσης, και οι εξισώσεις για τους δυο βασικούς αυτούς τύπους συσκευών ελέγχου της ροής.

Όταν έχουμε συσσώρευση του νερού, η διάταξη ελέγχου μπορεί να είναι βυθισμένη κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ισχύουν περισσότερες από μια σχέσεις παροχής συναρτήσει υψομέτρου. Έτσι, η καμπύλη απόδοσης εξαρτάται από τη διαφορά μεταξύ του υδραυλικού φορτίου και της στάθμης του συσσωρευμένου νερού κατάντη. Στην περίπτωση του υπερχειλιστή ή του στομίου, η διάταξη ονομάζεται βυθισμένος εκχειλιστής ή στόμιο, αντίστοιχα. Σε μερικές περιπτώσεις, έχουν αναλυθεί οι επιδράσεις της βύθισης και έχουν αναπτυχθεί διορθωτικοί παράγοντες. (Τζούμας 2000)



Σχήμα 3-15: Καμπύλες απόδοσης και αντίστοιχες εξισώσεις, για υπερχειλιστές και στόμια. (Norman et al, 1985,2001).

Οι καμπύλες απόδοσης ενός οχετού είναι παρόμοιες με αυτές των υπερχειλιστών και / ή των στομιών. Στην πραγματικότητα, οι οχετοί συχνά συμπεριφέρονται ως υπερχειλιστές ή στόμια. Έτσι κι αλλιώς, εξαιτίας του γεγονότος ότι ένας έχει διάφορες πιθανές διατομές ελέγχου (είσοδος, έξοδος διατομή μέγιστης στένωσης- λάρυγγας για σταδιακά ελαττούμενες εισόδους), μια συγκεκριμένη εγκατάσταση δέχεται να έχει καμπύλες απόδοσης για κάθε έναν από τους τομείς ελέγχου και μια για την υπέρβαση από τη ροή του υψομέτρου του δρόμου. Η γενική καμπύλη απόδοσης του οχετού, σχηματίζεται με σύνδεση των καμπύλων απόδοσης των επιμέρους διατομών ελέγχου. (Τζούμας 2000)

3.5.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ

Οι καμπύλες απόδοσης της συνθήκης ελέγχου εισόδου αναπτύσσονται χρησιμοποιώντας είτε εξισώσεις ελέγχου εισόδου, είτε τα απαραίτητα νομογραφήματα. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθούν οι εξισώσεις ελέγχου, πρέπει να υπολογισθεί και το βυθισμένο (στόμιο) και το αβύθιστο (υπερχειλιστής) υδραυλικό φορτίο της ροής, για μια σειρά παροχών μεταξύ των οπίων θα υπάρχει η παροχή σχεδιασμού.

Οι προκύπτουσες καμπύλες συνδέονται στη συνέχεια με μια γραμμή που εφάπτεται και των δυο καμπύλων (μεταβατική ζώνη).

Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθούν νομογραφήματα, καθορίζονται και σχεδιάζονται τα υδραυλικά φορτία που αντιστοιχούν σε ένα σύνολο παροχών. Η μεταβατική ζώνη δεν υπάρχει μέσα στα νομογραφήματα.

3.5.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΞΟΔΟΥ

Οι καμπύλες απόδοσης της συνθήκης ελέγχου εξόδου αναπτύσσονται χρησιμοποιώντας της Εξισώσεις 3-1 έως 3-7, και νομογραφήματα ή υπολογισμούς τύπου ανάντη προφίλ. Επιλέγονται παροχές που περιλαμβάνουν την παροχή σχεδιασμού. Για τις παροχές αυτές, υπολογίζονται ή διαβάζονται από τα νομογραφήματα οι συνολικές απώλειες μέσα στον οχετό. Οι απώλειες αυτές προστίθενται στο υψόμετρο της πιεζομετρικής γραμμής στην έξοδο του οχετού και έτσι προκύπτει το υδραυλικό φορτίο.

Εάν οι υπολογισμοί ανάντη προφίλ (M1) εκτελούνται ξεκινώντας από το κατάντη άκρο του οχετού, τότε λαμβάνονται υπόψη σε αυτούς και οι απώλειες τριβών. Από την άθροιση των απωλειών εισόδου στη γραμμή ενέργειας στην είσοδο του οχετού απορρέει το υψόμετρο του υδραυλικού φορτίου για κάθε παροχή.

3.5.3 ΥΠΕΡΒΑΣΗ ΤΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ ΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ

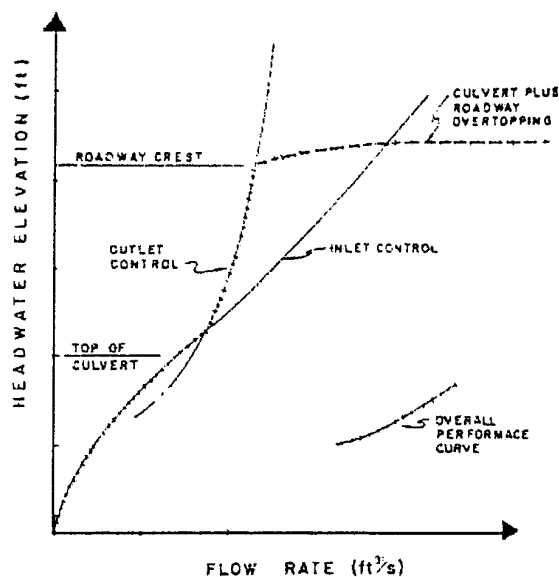
Μια καμπύλη απόδοσης η οποία απεικονίζει τη ροή στον οχετό καθώς επίσης και τη ροή εγκάρσια στον αυτοκινητόδρομο, είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την ανάλυση. Αντί να χρησιμοποιήσουμε μια δοκιμαστική μέθοδο ή μια διαδικασία διαδοχικών προσεγγίσεων, για να καθορίσουμε την υποπεριοχή της ροής μεταξύ αυτής που συμβαίνει πάνω και εγκάρσια του δρόμου και αυτής στον οχετό, μπορούμε να αναπτύξουμε μια συνολική (γενική) καμπύλη απόδοσης. Η καμπύλη αυτή απεικονίζει το άθροισμα και των δυο μορφών της ροής.

Η γενική καμπύλη απόδοσης μπορεί να κατασκευαστεί ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα: (Τζούμας 2000)

1. Επιλέγουμε μια κλίμακα παροχών και καθορίζουμε τα αντίστοιχα υψόμετρα υδραυλικών φορτίων, μόνο για τη ροή στον οχετό. Οι παροχές αυτές θα πρέπει να <<πέφτουν>> πάνω και κάτω από την παροχή σχεδιασμού και να καλύπτουν όλη την περιοχή ροών που μας ενδιαφέρει. Θα πρέπει να υπολογίσουμε τα υδραυλικά φορτία και της εξόδου αλλά και της εισόδου.
2. Συνδυάζουμε τις καμπύλες απόδοσης εισόδου και εξόδου για να καθορίσουμε μια μοναδική καμπύλη απόδοσης για τον οχετό.
3. Όταν τα υψόμετρα του υδραυλικού φορτίου του οχετού υπερβαίνουν το υψόμετρο της στέψης του δρόμου, τότε θα έχουμε ροή πάνω από αυτόν. Υπολογίζουμε το ισοδύναμο ανάντη βάθος της επιφάνειας του νερού (στέψη υπερχειλιστή), για κάθε επιλεγμένη τιμή παροχής. Χρησιμοποιούμε τα βάθη αυτά και την Εξίσωση 3-9 για να υπολογίσουμε τις παροχές πάνω από του αυτοκινητόδρομο.

4. Αθροίζουμε τη ροή στον οχετό και αυτή που υπερβαίνει το οδόστρωμα για τα αντίστοιχα υψόμετρα υδραυλικού φορτίου και με τον τρόπο αυτό λαμβάνουμε τη γενική καμπύλη απόδοσης του οχετού.

Χρησιμοποιώντας τη συνδυασμένη καμπύλη απόδοσης, είναι πλέον εύκολο να καθορίσουμε το υψόμετρο υδραυλικό φορτίου που αντιστοιχεί σε κάθε παροχή ή να οπτικοποιήσουμε την απόδοση της εγκατάστασης πάνω σε μια ευρεία κλίμακα παροχών. Όταν ξεκινήσει η απορροή πάνω από το οδόστρωμα, ο ρυθμός αύξησης του υδραυλικού φορτίου θα μειωθεί απότομα (σχεδόν οριζόντια καμπύλη). Το υδραυλικό φορτίο θα ανέρθει με πολύ αργό ρυθμό από το σημείο αυτό και έπειτα. Στο Σχήμα 3-16 παρουσιάζεται μια γενική καμπύλη απόδοσης (με ροή πάνω από δρόμο). (Τζούμας 2000)



Σχήμα 3-16: Γενική καμπύλη απόδοσης οχετού. (Norman et al, 1985,2001).

3.6 ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΧΕΤΟΥ

Η μέθοδος σχεδιασμού οχετού μας παρέχει μια εύκολη και οργανωμένη διαδικασία για τους υπό σχεδιασμό οχετούς, λαμβάνοντας υπόψη συνθήκες ελέγχου εισόδου και εξόδου. Παρόλο που είναι εφικτό να εφαρμόσει κάποιος τη σχεδιαστική αυτή μέθοδο χωρίς να έχει γνώσεις σχετικές με την υδραυλική των οχετών, αυτό δεν θα ήταν δόκιμο (και δεν προτείνεται). Τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να είναι ανεπαρκή και η κατασκευή, πιθανόν, μη ασφαλής.

3.6.1 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΧΕΤΟΥ

Το υπόμνημα που φαίνεται στο Σχήμα 3-17, διατυπώθηκε από τους Norman και συν.(1985) για να οδηγήσει το χρήστη μέσω της διαδικασίας σχεδιασμού. Στο πάνω

μέρος αυτού υπάρχουν τμήματα στα οποία μπορεί να γίνει μια περιληπτική περιγραφή του έργου και να αποτυπωθούν τα στοιχεία του σχεδιαστή. Ακριβώς από κάτω και αριστερά μπορούν να περιληφθούν περιλήψεις υδρολογικών στοιχείων. Απέναντι από αυτά υπάρχει κενό, στο οποίο μπορεί να γίνει κάποιο μικρό σχεδιάγραμμα του οχετού, με σημαντικές διευθύνσεις και υψόμετρα.

PROJECT : _____		STATION : _____		CULVERT DESIGN FORM											
SHEET _____ OF _____		DESIGNER / DATE _____ / _____		REVIEWER / DATE _____ / _____											
HYDROLOGICAL DATA METHOD <input type="checkbox"/> DRAINAGE AREA _____ <input type="checkbox"/> STREAM SLOPE _____ CHANNEL SHAPE _____ ROUTING <input type="checkbox"/> OTHER _____ DESIGN FLOWS/TAIWATER R 1 (YEARS) _____ FLOW (cfs) _____ TW (IN) _____															
CULVERT DESCRIPTION: MATERIAL - SHAPE - SIZE - ENTRANCE		TOTAL FLOW PER BARREL Q (CFS)		FLOW PER BARREL Q/B (CFS)		HEADWATER CALCULATIONS				INLET CONTROL MW, PD MW, PD FALL (FO) EL (FO) TW (FO) ϵ_1 $\frac{H_0 + D}{2}$ ϵ_2 ϵ_3 ϵ_4 ϵ_5 ϵ_6 ϵ_7 ϵ_8 ϵ_9 ϵ_{10} ϵ_{11} ϵ_{12} ϵ_{13} ϵ_{14} ϵ_{15} ϵ_{16} ϵ_{17} ϵ_{18} ϵ_{19} ϵ_{20} ϵ_{21} ϵ_{22} ϵ_{23} ϵ_{24} ϵ_{25} ϵ_{26} ϵ_{27} ϵ_{28} ϵ_{29} ϵ_{30} ϵ_{31} ϵ_{32} ϵ_{33} ϵ_{34} ϵ_{35} ϵ_{36} ϵ_{37} ϵ_{38} ϵ_{39} ϵ_{40} ϵ_{41} ϵ_{42} ϵ_{43} ϵ_{44} ϵ_{45} ϵ_{46} ϵ_{47} ϵ_{48} ϵ_{49} ϵ_{50} ϵ_{51} ϵ_{52} ϵ_{53} ϵ_{54} ϵ_{55} ϵ_{56} ϵ_{57} ϵ_{58} ϵ_{59} ϵ_{60} ϵ_{61} ϵ_{62} ϵ_{63} ϵ_{64} ϵ_{65} ϵ_{66} ϵ_{67} ϵ_{68} ϵ_{69} ϵ_{70} ϵ_{71} ϵ_{72} ϵ_{73} ϵ_{74} ϵ_{75} ϵ_{76} ϵ_{77} ϵ_{78} ϵ_{79} ϵ_{80} ϵ_{81} ϵ_{82} ϵ_{83} ϵ_{84} ϵ_{85} ϵ_{86} ϵ_{87} ϵ_{88} ϵ_{89} ϵ_{90} ϵ_{91} ϵ_{92} ϵ_{93} ϵ_{94} ϵ_{95} ϵ_{96} ϵ_{97} ϵ_{98} ϵ_{99} ϵ_{100}		OUTLET CONTROL H (FO) ϵ_{101} ϵ_{102} ϵ_{103} ϵ_{104} ϵ_{105} ϵ_{106} ϵ_{107} ϵ_{108} ϵ_{109} ϵ_{110} ϵ_{111} ϵ_{112} ϵ_{113} ϵ_{114} ϵ_{115} ϵ_{116} ϵ_{117} ϵ_{118} ϵ_{119} ϵ_{120} ϵ_{121} ϵ_{122} ϵ_{123} ϵ_{124} ϵ_{125} ϵ_{126} ϵ_{127} ϵ_{128} ϵ_{129} ϵ_{130} ϵ_{131} ϵ_{132} ϵ_{133} ϵ_{134} ϵ_{135} ϵ_{136} ϵ_{137} ϵ_{138} ϵ_{139} ϵ_{140} ϵ_{141} ϵ_{142} ϵ_{143} ϵ_{144} ϵ_{145} ϵ_{146} ϵ_{147} ϵ_{148} ϵ_{149} ϵ_{150}		COMMENTS	
TECHNICAL FOOTNOTES: (1) USE Q/B FOR BOX CULVERTS (2) MW, PD = MW, PD OR MW, PD FROM DESIGN CHARTS (3) FALL = MW - (EL _{up} - EL _{down}), FALL IS ZERO FOR CULVERTS ON GRADE		(4) EL _{up} = MW, EL (INVERT OF INLET CONTROL SECTION) (5) TW BASED ON DOWN STREAM CONTROL OR FLOW DEPTH IN CHANNEL		(6) H ₀ + TW = (ε ₁₀ + D/2) (WHICHEVER IS GREATER) (7) H = [(ε ₁₀ + ε ₁₁ (29.82 L) / R ^{1.33})] ^{2/3} * Z ₀ (8) EL _{up} = EL _{down} + H + Z ₀											
SUBSCRIPT DEFINITIONS: 0 = APPROXIMATE 1 = CULVERT FACE 2 = BEAMER HEADWATER 3 = HEADWATER IN INLET CONTROL 4 = HEADWATER IN OUTLET CONTROL 5 = INLET CONTROL SECTION 6 = 2:1 7 = 1:1 8 = 1:1 9 = 1:1 10 = 1:1 11 = 1:1 12 = 1:1 13 = 1:1 14 = 1:1 15 = 1:1 16 = 1:1 17 = 1:1 18 = 1:1 19 = 1:1 20 = 1:1 21 = 1:1 22 = 1:1 23 = 1:1 24 = 1:1 25 = 1:1 26 = 1:1 27 = 1:1 28 = 1:1 29 = 1:1 30 = 1:1 31 = 1:1 32 = 1:1 33 = 1:1 34 = 1:1 35 = 1:1 36 = 1:1 37 = 1:1 38 = 1:1 39 = 1:1 40 = 1:1 41 = 1:1 42 = 1:1 43 = 1:1 44 = 1:1 45 = 1:1 46 = 1:1 47 = 1:1 48 = 1:1 49 = 1:1 50 = 1:1 51 = 1:1 52 = 1:1 53 = 1:1 54 = 1:1 55 = 1:1 56 = 1:1 57 = 1:1 58 = 1:1 59 = 1:1 60 = 1:1 61 = 1:1 62 = 1:1 63 = 1:1 64 = 1:1 65 = 1:1 66 = 1:1 67 = 1:1 68 = 1:1 69 = 1:1 70 = 1:1 71 = 1:1 72 = 1:1 73 = 1:1 74 = 1:1 75 = 1:1 76 = 1:1 77 = 1:1 78 = 1:1 79 = 1:1 80 = 1:1 81 = 1:1 82 = 1:1 83 = 1:1 84 = 1:1 85 = 1:1 86 = 1:1 87 = 1:1 88 = 1:1 89 = 1:1 90 = 1:1 91 = 1:1 92 = 1:1 93 = 1:1 94 = 1:1 95 = 1:1 96 = 1:1 97 = 1:1 98 = 1:1 99 = 1:1 100 = 1:1		COMMENTS / DISCUSSION:		CULVERT BARREL SELECTED: SIZE _____ SHAPE _____ MATERIAL _____ ENTRANCE _____											

Σχήμα 3-17: Υπόδειγμα Φύλλου Σχεδιασμού Οχετού. (Norman et al, 1985,2001).

Το κεντρικό τμήμα του φύλλου περιλαμβάνει γραμμές στις οποίες μπορούν να καταγραφούν δοκιμαστικές περιγραφές του οχετού και υπολογισμοί των υψομέτρων των υδραυλικών φορτίων για συνθήκες ελέγχου εισόδου και εξόδου. Κάτω ακριβώς από το τμήμα αυτό, παρέχεται χώρος για σχόλια και στο κατώτατο δεξί τμήμα του υποδείγματος γίνεται η περιγραφή του οχετού που έχει επιλεγθεί.

Το πρώτο βήμα στη διαδικασία σχεδιασμού είναι η σύνοψη όλων των γνωστών δεδομένων γύρω από τον οχετό, στην κορυφή του Φύλλου Σχεδιασμού Οχετού. Οι πληροφορίες αυτές θα πρέπει να έχουν συλλεχθεί ή υπολογισθεί πριν την έναρξη της κάθε αυτής διαδικασίας σχεδιασμού. Το επόμενο βήμα είναι η επιλογή προκαταρκτικών στοιχείων για το υλικό από το οποίο θα κατασκευαστεί ο οχετός, το σχήμα του, το μέγεθός του και ο τύπος εισόδου. Στη συνέχεια ο χρήστης εισάγει την παροχή σχεδιασμού και ακολουθούν οι υπολογισμοί για τη συνθήκη ελέγχου εισόδου. (Τζούμας 2000)

3.6.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ

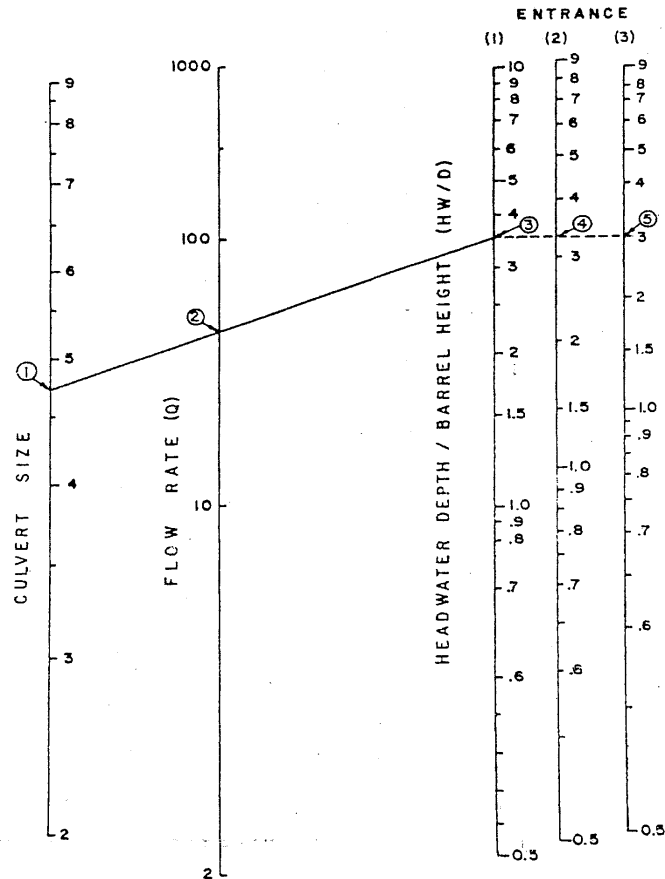
Οι υπολογισμοί ελέγχου εισόδου καθορίζουν το υδραυλικό φορτίο που απαιτείται για να μετεβιβασθεί η ροή μέσα από τον επιλεγμένο οχετό, για την περίπτωση της συνθήκης αυτής. Το φορτίο ταχύτητας με την οποία η ροή προσεγγίζει τον οχετό μπορεί (εάν είναι επιθυμητό) να περιληφθεί στους υπολογισμούς ως μέρος του υδραυλικού φορτίου. Τα νομογραφήματα ελέγχου εισόδου μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία σχεδιασμού. Για τη διαδικασία που ακολουθεί γίνεται αναφορά στο νομογράφημα ελέγχου εισόδου του Σχήματος 3-18. (Τζούμας 2000)

1. Εντοπίζουμε το μέγεθος του οχετού που έχουμε επιλέξει (Σημείο 1) και την παροχή (Σημείο 2) , στις αντίστοιχες κλίμακες του νομογραφήματος. (Ας σημειωθεί ότι για εγκιβωτισμένους οχετούς, χρησιμοποιούμε παροχή ανά ft ή m πλάτους οχετού.)
2. Προεκτείνουμε προσεκτικά μια ευθεία η οποία ξεκινά από το Σημείο 1 και περνά από το Σημείο 2 και σημειώνουμε ένα σημείο στην κλίμακα βάθους του υδραυλικού φορτίου (HW) ανά ύψος οχετού (D), (HW/D) (Σημείο 3). Η πρώτη αυτή κλίμακα που συναντά η προέκταση που κάναμε είναι μια γραμμή διακλάδωσης.
3. Στην περίπτωση που απαιτείται μια διαφορετική κλίμακα HW/D , προεκτείνουμε από το Σημείο 3 μια οριζόντια γραμμή η οποία τέμνει και τις άλλες δυο κλίμακες HW/D , ανάλογα με το πια είναι η κατάλληλη για την ανάγνωση των αποτελεσμάτων.
4. Πολλαπλασιάζουμε το HW/D με το ύψος του οχετού (D), για να προσδιορίσουμε το απαιτούμενο υδραυλικό φορτίο (HW), από το ρείθρο της διατομής ελέγχου έως το υψόμετρο της γραμμής ενέργειας. Στην περίπτωση που αμελείται η ταχύτητα προσέγγισης , το HW είναι το απαιτούμενο βάθος του υδραυλικού φορτίου (HW_i). Στην περίπτωση που η ταχύτητα προσέγγισης λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς, αφαιρούμε το φορτίο ταχύτητας από το HW για να υπολογίσουμε το HW_i.
5. Υπολογίζουμε την απαιτούμενη ταπείνωση (πτώση) της διατομής ελέγχου εισόδου κάτω από τον πυθμένα του φυσικού καναλιού ως ακολούθως:

$$HW_d = EL_{hd} - EL_{sf} \quad 3-10$$

$$\text{ΠΤΩΣΗ} = HW_i - HW_d \quad 3-11$$

Όπου:	HW _d	είναι το βάθος του υδραυλικού φορτίου σχεδιασμού	ft ή m
	EL _{hd}	είναι το υψόμετρο του υδραυλικού φορτίου σχεδιασμού	ft ή m
	EL _{sf}	είναι το υψόμετρο του φυσικού καναλιού στην πρόσοψη του οχετού	ft ή m
	HW _i	είναι το απαιτούμενο βάθος του υδραυλικού φορτίου	ft ή m



Σχήμα 3-18: Νομογράφημα ελέγχου εισόδου. (Norman et al, 1985,2001).

Οι υπολογισμοί αυτοί μπορεί να επιφέρουν τα εξής αποτελέσματα:

A) Στην περίπτωση αυτή που η πτώση είναι αρνητική ή μηδέν, τότε τη θεωρούμε ίση με μηδέν και συνεχίζουμε στο 6^ο βήμα.

B) Στην περίπτωση που η πτώση είναι θετική, τότε το ρείθρο της διατομής ελέγχου εισόδου πρέπει να χαμηλωθεί κάτω από τον πυθμένα του υδατορρεύματος, στην πρόσοψη του οχετού, κατά την τιμή αυτή. Εάν η πτώση είναι αποδεκτή συνεχίζουμε στο 6^ο βήμα.

Γ) Στην περίπτωση που η πτώση είναι θετική και μεγαλύτερη από την τιμή που έχουμε κρίνει ως αποδεκτή, τότε επιλεγούμε μια άλλη διάταξη για τον οχετό και ξεκινούμε τη διαδικασία από την αρχή.

6. Υπολογίζουμε το υψόμετρο του ρείθρου, της διατομής ελέγχου εισόδου ως ακολούθως:

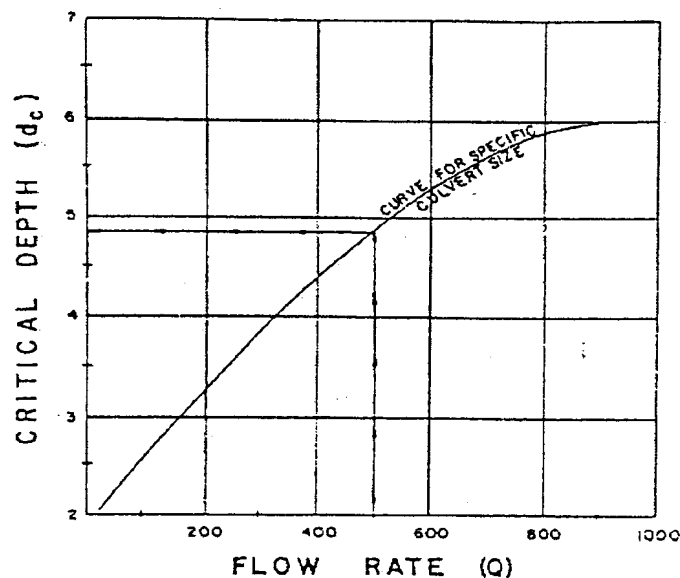
$$EL_i = EL_{sf} - \text{ΠΤΩΣΗ}$$

3-12

Όπου: EL_i είναι το υψόμετρο του ρείθρου στην πρόσοψη του οχετού (EL_f) ή στο σημείο μέγιστης στένωσης για σταδιακά ελαττούμενη είσοδο. ft ή m

3.6.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΞΟΔΟΥ

Οι υπολογισμοί ελέγχου εξόδου έχουν ως αποτέλεσμα τον καθορισμό του υψομέτρου του υδραυλικού φορτίου, που απαιτείται για τη διέλευση της παροχής σχεδιασμού μέσα από τον οχετό που έχει επιλεγεί σε συνθήκη ελέγχου εξόδου. Οι ταχύτητες με τις οποίες η ροή προσεγγίζει και εγκαταλείπει τον οχετό μπορεί να συμπεριληφθούν στη διαδικασία σχεδιασμού, εάν αυτό είναι επιθυμητό. Για τη διαδικασία υπολογισμών που ακολουθεί, γίνεται αναφορά στο διάγραμμα κρίσιμου βάθους του Σχήματος 3-19 και στο νομογράφημα ελέγχου εξόδου του Σχήματος 3-20, αντίστοιχα. (Τζούμας 2000)



Σχήμα 3-19: Διάγραμμα κρίσιμου βάθους. (Norman et al, 1985,2001).

Βήματα: (Τζούμας 2000)

- 1) Καθορίζουμε το βάθος του συσσωρευμένου νερού (κατάντη του οχετού), πάνω από το ρείθρο της εξόδου (TW) για την παροχή σχεδιασμού. Αυτό προκύπτει από υπολογισμούς ανάντη προφίλ ή κανονικού βάθους, ή από επισκοπήσεις πεδίου.
- 2) Εισάγουμε την κατάλληλη γραφική παράσταση κρίσιμου βάθους συναρτήσει της παροχής (Σχήμα 3-19) και από αυτή διαβάζουμε το κρίσιμο βάθος d_c (το d_c δεν μπορεί να υπερβαίνει το ύψος του οχετού D).
- 3) Υπολογίζουμε τον όρο: $(d_c + D)/2$.

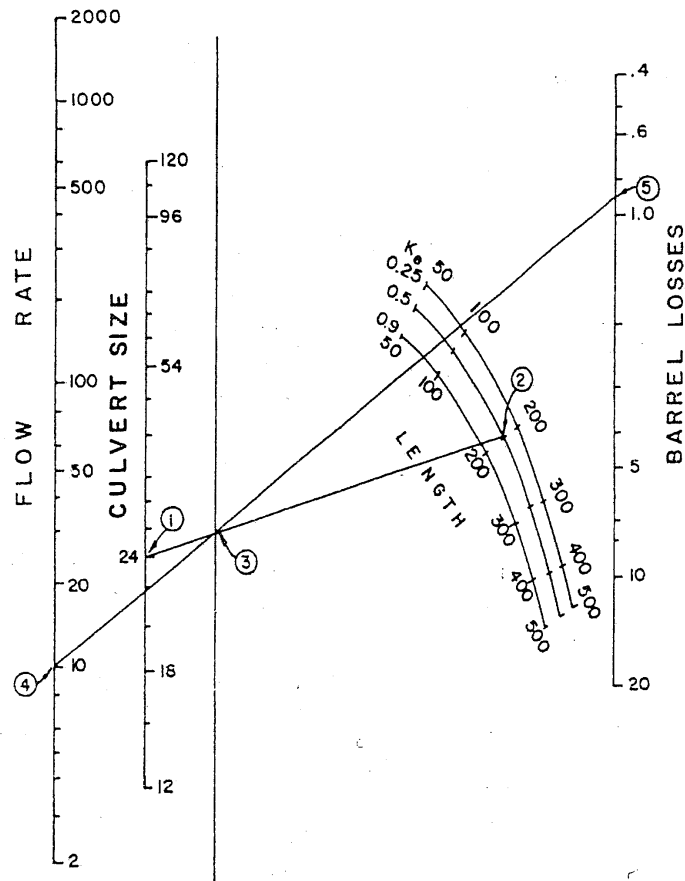
- 4) Καθορίζουμε το βάθος από το ρείθρο της εξόδου του οχετού μέχρι το ύψος της πιεζομετρικής γραμμής (h_o): $h_o = TW$ ή $(d_c + D)/2$, όποιο από τα δύο είναι μεγαλύτερο.
 - 5) Επιλέγουμε τον κατάλληλο συντελεστή απωλειών εισόδου, k_e , για τη διαμόρφωση της εισόδου του οχετού.
 - 6) Καθορίζουμε τις απώλειες μέσα στον οχετό, H , χρησιμοποιώντας το νομογράφημα ελέγχου εξόδου του Σχήματος 3-20 ή τις Εξισώσεις 3-5 και 3-6 εάν βρισκόμαστε εκτός της κλίμακας του νομογραφήματος.
- Εάν η τιμή Manning (n) που δίδεται στο νομογράφημα ελέγχου εξόδου είναι διαφορετική από την τιμή του οχετού, προσαρμόζουμε το μήκος του οχετού χρησιμοποιώντας τον εξής τύπο :

$$L_1 = L \left(\frac{n_1}{n} \right)^2 \quad (3-13)$$

Όπου:	L_1	είναι το προσαρμοσμένο μήκος του οχετού.	ft ή m
	L	είναι το πραγματικό μήκος του οχετού.	ft ή m
	n_1	είναι η επιθυμητή τιμή του συντελεστή Manning	
	n	είναι η τιμή του Manning από το διάγραμμα ελέγχου εξόδου	

Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε την τιμή L_1 αντί της πραγματικής τιμής (του μήκους του οχετού) στο νομογράφημα ελέγχου εξόδου.

- Χρησιμοποιούμε μια ευθεία γραμμή και συνδέουμε την κλίμακα μεγέθους του οχετού (Σημείο 1) με την κλίμακα μήκους αυτού στην κατάλληλη τιμή k_e (Σημείο 2). Η γραμμή αυτή καθορίζει ένα σημείο στη διευθύνουσα γραμμή (Σημείο 3).
- Προεκτείνουμε ξανά μια ευθεία γραμμή από την κλίμακα παροχών (Σημείο 4) που συναντά το Σημείο 3 μέχρι την κλίμακα των απωλειών φορτίου (H). Διαβάζουμε την τιμή για το H . Το H αντιπροσωπεύει τις απώλειες ενέργειας μέσα στον οχετό και περιλαμβάνει τις απώλειες εισόδου, εξόδου και τριβών.



Σχήμα 3-20: Νομογράφημα ελέγχου εξόδου. (Norman et al, 1985,2001).

- 7) Υπολογίζουμε το απαιτούμενο υψόμετρο υδραυλικού φορτίου για συνθήκη ελέγχου εξόδου:

$$EL_{h_0} = EL_0 + H + h_0 \quad (3-11)$$

Όπου: EL_0 είναι το υψόμετρο του ρείθρου στην έξοδο. ft ή m

Εάν είναι επιθυμητό να συμπεριλάβουμε τις ταχύτητες προσέγγισης και απομάκρυνσης της ροής από τον οχετό στους υπολογισμούς, προσθέτουμε το φορτίο της κατάντη ταχύτητας και αφαιρούμε το φορτίο της ταχύτητας με την οποία η ροή προσεγγίζει τον οχετό, από το δεξί μέρος της Εξίσωσης 3-11. Επίσης, χρησιμοποιούμε την Εξίσωση 3-4-γ στη θέση της 3-4-δ για να υπολογίσουμε τις απώλειες εξόδου και την Εξίσωση 3-1 για να υπολογίσουμε τις ολικές απώλειες.

- 8) Στην περίπτωση που το υψόμετρο του υδραυλικού φορτίου υπερβαίνει το υψόμετρο του υδραυλικού φορτίου σχεδιασμού, θα πρέπει να επιλεγεί μια νέα διάταξη για τον

οχετό και να επαναληφθεί η ίδια διαδικασία από την αρχή. Γενικά, θα ήταν αναγκαίος ένας οχετός μεγαλύτερης διαμέτρου, από τη στιγμή που οι βελτιώσεις της εισόδου έχουν περιορισμένα οφέλη για συνθήκη ελέγχου εξόδου.

3.6.4 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Ας συγκρίνουμε τα υψόμετρα των υδραυλικών φορτίων που υπολογίζουμε με συνθήκη ελέγχου εισόδου και συνθήκη ελέγχου εξόδου. Το μεγαλύτερο από τα δύο καθορίζεται ως το ελέγχων υδραυλικό φορτίο (υδραυλικό φορτίο ελέγχου). Αναμένουμε ότι ο οχετός θα λειτουργήσει με αυτό το υψηλό φορτίο για ένα ελάχιστο, τουλάχιστον, χρονικό διάστημα .

Η ταχύτητα εξόδου υπολογίζεται ως ακολούθως:

1. Εάν το υδραυλικό φορτίο ελέγχου βασίζεται σε συνθήκη ελέγχου εισόδου, καθορίζουμε το κανονικό βάθος και την ταχύτητα ροής μέσα στον οχετό. Η ταχύτητα στο κανονικό βάθος θεωρούμε ότι είναι η ταχύτητα εξόδου.
2. Εάν το υδραυλικό φορτίο ελέγχου βασίζεται σε συνθήκη ελέγχου εξόδου, καθορίζουμε το εμβαδόν ροής στην έξοδο, βάση της γεωμετρίας του οχετού και τα ακόλουθα:
 - Χρησιμοποιούμε το κρίσιμο βάθος εάν το υψόμετρο της στάθμης του νερού κατάντη είναι χαμηλότερο από το κρίσιμο βάθος.
 - Χρησιμοποιούμε το υψόμετρο της στάθμης του νερού κατάντη εάν αυτό βρίσκεται μεταξύ του κρίσιμου βάθους και της κορυφής του οχετού.
 - Χρησιμοποιούμε την κατακόρυφη διάσταση του οχετού εάν το υψόμετρο της στάθμης του νερού κατάντη είναι πάνω από αυτή.

Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία σχεδιασμού μέχρι να καθορίσουμε μια αποδεκτή διάταξη για τον οχετό.

Από τη στιγμή που επιλέξουμε το μέγεθος και τη διάταξη του οχετού, θα πρέπει να μπορεί να προσαρμοσθεί στη διατομή του δρόμου. Το κυρίως σώμα του οχετού θα πρέπει να έχει επαρκή ασφάλεια, το μήκος του (που υπολογίζουμε) θα πρέπει να είναι ισοδύναμο με το κατάλληλο μήκος (πραγματικό) και θα πρέπει, τέλος, να διαστασιοποιηθούν τα τοιχεία εισόδου και οι πτερυγότοιχοι.

Στην περίπτωση που έχουμε συνθήκη ελέγχου εξόδου και το βάθος υδραυλικού φορτίου (που αναφέρεται στο ρείθρο της εισόδου) είναι μικρότερο από $1.2 D$, είναι πιθανόν ότι η ροή θα είναι πλήρης σε όλο το μήκος του οχετού. Στην περίπτωση αυτή, συνίσταται προσοχή στη εφαρμογή της κατάλληλης μεθόδου σχεδιασμού και στην επιλογή του κατάντη υψόμετρου του νερού , ανάλογα με το ποια από τις τιμές μεταξύ των $(d_c + D)$ ή του υψόμετρου της στάθμης του συσσωρευμένου νερού κατάντη είναι μεγαλύτερη.

Εάν είναι αναγκαίο ένα ακριβές υδραυλικό φορτίο, τότε θα πρέπει να εκτελέσουμε υπολογισμούς τύπου ανάντη προφίλ, για να ελέγξουμε τα αποτελέσματα της προσεγγιστικής μεθόδου που χρησιμοποιήσαμε. Εάν τα βάθη των

υδραυλικών φορτίων <<πέφτουν>> κάτω από την τιμή 0.75D, τότε δεν θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε την προσεγγιστική μέθοδο.

Στην περίπτωση που ο οχετός που έχουμε επιλέξει δεν προσαρμόζεται είτε στη διατομή του δρόμου είτε στη θέση του φυσικού καναλιού, τότε επανερχόμαστε στη διαδικασία σχεδιασμού του οχετού και επιλέγουμε έναν νέο. Ένας παραδεκτός σχεδιασμός θα πρέπει να συνοδεύεται πάντοτε από καμπύλη απόδοσης, η οποία απεικονίζει τη συμπεριφορά του οχετού γύρω από ένα πεδίο παροχών.

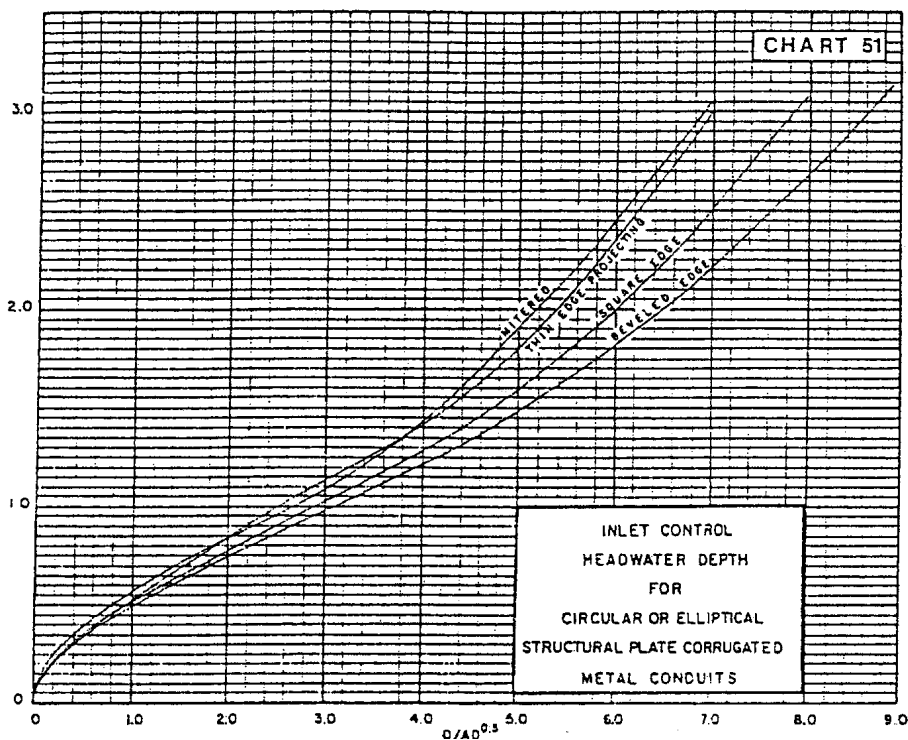
3.7 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΧΕΤΩΝ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Για ορισμένους οχετούς με κάποια συγκεκριμένα μεγέθη, σχήματα και υλικά δεν υπάρχουν σχεδιαστικά νομογραφήματα και διαγράμματα κρίσιμου βάρους. Για παράδειγμα οχετοί με μακριές καμάρες, με ενισχυμένη πλάκα κατασκευής ή αγωγοί από ρυτιδωμένο μέταλλο δεν έχουν πρότυπα σχεδιαστικά διαγράμματα. Η ανάπτυξη διαγραμμάτων και νομογραφημάτων για όλες τις πιθανές μορφές και μεγέθη των αγωγών δεν είναι πρακτική, εξαιτίας του γεγονότος ότι είναι πολυάριθμοι και κατά τακτά χρονικά διαστήματα παράγονται νέα είδη οχετών. Επίσης, οι αγωγοί μεγάλου μεγέθους τείνουν εκτός των κλιμάκων των νομογραφημάτων. Με κάποιες, λοιπόν, τροποποιήσεις μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συνήθεις υδραυλικές τεχνικές για να αναλύσουμε τέτοιου είδους οχετούς.

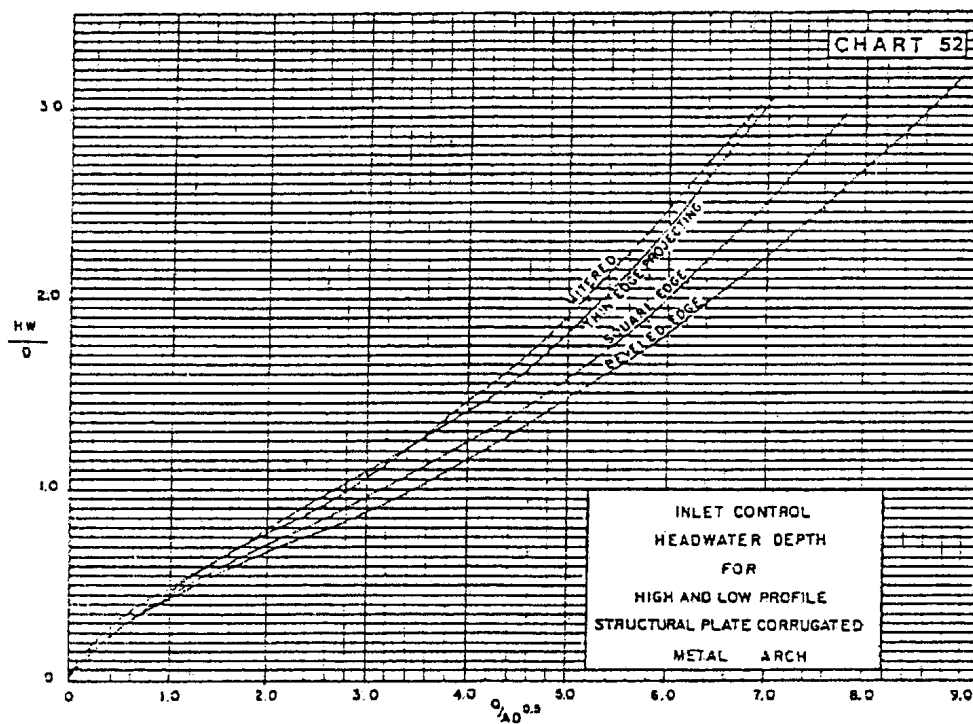
Για την περίπτωση ελέγχου εξόδου, η ανάλυση περιλαμβάνει υπολογισμούς ανάντη προφίλ και ροής υπό πίεση για τον καθορισμό του υδραυλικού φορτίου. Από τη στιγμή που δεν έχει μοντελοποιηθεί η είσοδος του οχετού, είναι απαραίτητο οι εξισώσεις ελέγχου εισόδου να βασίζονται στα αποτελέσματα υδραυλικών δοκιμών, παρομοίων ελεγμένων (στο παρελθόν) μορφών αγωγών. (Τζούμας 2000)

3.7.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ

Με σκοπό τη διευκόλυνση της διαδικασίας σχεδιασμού, χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις του Norman et al 2001, για την ανάπτυξη αδιάστατων καμπύλων σχεδιασμού για την περίπτωση ελέγχου εισόδου και για επιλεγμένες μορφές αγωγίων και διαμορφώσεις χείλους. Οι καμπύλες των Σχημάτων 3-21 και 3-22 αναφέρονται σε μη ορθογωνικούς οχετούς, δομοστατικής (ενισχυμένης) πλάκας κατασκευής από ρυτιδωμένο μέταλλο, για δύο βασικές μορφές και τέσσερις περιπτώσεις χείλους εισόδου. Το Σχήμα 3-21 αναφέρεται σε κυκλικούς ή ελλειπτικούς αγωγούς με τον (επιμήκη) οριζόντιο άξονα στο κεντρικό σημείο του οχετού. Το Σχήμα 3-22 χρησιμοποιείται στη περίπτωση υψηλού και χαμηλού τοξοειδούς προφίλ οχετών, με ενισχυμένη πλάκα κατασκευής.



Σχήμα 3-21: Καμπύλες ελέγχου εισόδου – οχετοί κυκλικής και ελλειπτικής διατομής, φέρουσας πλάκας κατασκευής από μέταλλο με κυματώσεις. (Norman et al, 1985,2001).



Σχήμα 3-22: Καμπύλες ελέγχου εισόδου – οχετοί υψηλού και χαμηλού τοξοειδούς προφίλ, με ενισχυμένη πλάκα κατασκευής. (Norman et al, 1985,2001).

Οι καμπύλες των σχημάτων αυτών αναφέρονται σε τέσσερις διαφορετικές περιπτώσεις χείλους εισόδου: προεξέχον λεπτό χείλος, προσαρμοσμένο χείλος, τετραγωνικό χείλος και κωνικά προσαρμοσμένο χείλος με γωνία 45° . Ο οριζόντιος άξονας της γραφικής παράστασης απεικονίζει την παροχή διαιρεμένη με το εμβαδόν διατομής επί την τετραγωνική ρίζα του ύψους του οχετού ($Q/AD^{0.5}$) και ο κατακόρυφος απεικονίζει το βάθος του υδραυλικού φορτίου διαιρεμένο με το ύψος του οχετού (HW/D). Το Σχήμα 3-21 μας παρέχει επιλύσεις για κάθε αγωγό με καμπύλες επιφάνειες περιλαμβάνοντας τοξοειδείς οχετούς και ανισόπεδους κόμβους. Το Σχήμα 3-22 χρησιμοποιείται για αγωγούς παρεμφερείς με τους τοξοειδείς με επίπεδες βάσεις (πυθμένες).

Η χρήση των διαγραμμάτων αυτών πρέπει να πληροί τους όρους των παρακάτω βημάτων: (Τζούμας 2000)

1. Μέσω κατασκευαστικών πληροφοριών επιλέγουμε το μέγεθος, τη μορφή και τη διαμόρφωση του χείλους εισόδου για τον οχετό. Καθορίζουμε το εμβαδόν διατομής, A και το εσωτερικό ύψος, D , του επιλεγμένου οχετού.
2. Υπολογίζουμε τον όρο: $AD^{0.5}$.
3. Διαιρούμε την παροχή σχεδιασμού, Q , με τον παραπάνω όρο.
4. Διαβάζουμε από το κατάλληλο σχεδιαστικό διάγραμμα τον όρο HW/D , βάση του $Q/AD^{0.5}$ και της ισχύουσας διάταξης χείλους.
5. Υπολογίζουμε το υδραυλικό φορτίο ελέγχου, HW , πολλαπλασιάζοντας τον όρο HW/D με το ύψος D .
6. Εάν είναι επιθυμητό να λάβουμε υπόψη την ταχύτητα προσέγγισης (V_u) στους υπολογισμούς, αφαιρούμε το φορτίο της ($V_u^2/2g$) από το HW για να λάβουμε τελικά το υδραυλικό φορτίο ελέγχου εισόδου, HW_f . Εάν η V_u αμελείται, τότε το HW_f ισούται με το HW .
7. Εάν το υδραυλικό φορτίο ελέγχου εισόδου είναι μεγαλύτερο από το υδραυλικό φορτίο σχεδιασμού ή εάν ο αγωγός είναι υπερμεγέθης, τότε επιλεγούμε κάποιο άλλο μέγεθος αγωγού και/ή διάταξη για το χείλος της εισόδου και επιστρέφουμε στο 1^ο βήμα.

3.7.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΞΟΔΟΥ

3.7.2.1 ΡΟΗ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Η ροή σε μεγάλους αγωγούς όπως είναι οι οχετοί με μακριές καμάρες δεν είναι πλήρης. Επιπρόσθετα, δεν οριοθετείται συχνά το ρείθρο του οχετού. Στις περιπτώσεις αυτές, θα ήταν φρόνιμο να εκτελεστούν υπολογισμοί ανάντη προφίλ για τον καθορισμό του υπομέτρου του υδραυλικού φορτίου.

Οι υπολογισμοί ανάντη προφίλ ξεκινούν από τη στάθμη του κατάντη συσσωρευμένου νερού ή από το κρίσιμο βάθος στη έξοδο του οχετού, όποιο από τα δύο είναι το μεγαλύτερο. Τιμές συντελεστών υδραυλικής αντίστασης για τους

υπολογισμούς αυτούς, δίδονται από τον Norman (1980). Ας σημειωθεί ότι όταν η περίμετρος του αγωγού είναι κατασκευασμένη από δύο ή περισσότερα υλικά, θα πρέπει να χρησιμοποιείται μια σύνθετη τιμή για την υδραυλική αντίσταση.

3.7.2.2 ΠΛΗΡΗΣ ΡΟΗ

Στην περίπτωση που η ροή σε όλο το μήκος του οχετού είναι υπό πίεση ή κοντά σε αυτή τη μορφή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η Εξίσωση 3-7 για τον υπολογισμό του βάθους του υδραυλικού φορτίου, της συνθήκης ελέγχου εξόδου:

$$HW_0 = TW + H_L \quad (3-7)$$

Στην παραπάνω εξίσωση, το H αντιπροσωπεύει την συνολική απώλεια ενέργειας μέσω του οχετού, η οποία υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τις Εξισώσεις 3-1 ή 3-5. Το TW παίρνει είτε την τιμή του βάθους του νερού κατάντη του οχετού είτε του όρου $(d_c + D)/2$, όποια από τις δύο εξισώσεις είναι μεγαλύτερη. Οι τιμές του κρίσιμου βάθους για τους περισσότερους αγωγούς παρέχονται από τους κατασκευαστές. Στη Εξίσωση 3-5, η υδραυλική ακτίνα και ταχύτητα αναφέρονται σε πλήρη ροή. Η τιμή του συντελεστή του Manning, n , είναι σύνθετη, στην περίπτωση που ο οχετός έχει κατασκευαστεί από περισσότερα του ενός υλικά.

3.7.3 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Το υδραυλικό φορτίο ελέγχου εισόδου που προκύπτει από τα Σχήματα 3-21 ή 3-22 περιλαμβάνει το φορτίο ταχύτητας. Για το λόγο αυτό, σε ορισμένες περιπτώσεις θα πρέπει, ίσως, να λαμβάνεται υπόψη το φορτίο ταχύτητας στον καθορισμό του απαιτούμενου βάθους του υδραυλικού φορτίου.

Στη περίπτωση ελέγχου εξόδου, ισχύουν οι ίδιοι περιορισμοί στην εφαρμογή της προσεγγιστικής μεθόδου τύπου ανάντη προφίλ, όπως και στη περίπτωση των οχετών με πρότυπα σχεδιαστικά διαγράμματα. Δηλαδή, εάν το υδραυλικό φορτίο (που αναφέρεται στο ρείθρο εισόδου) βρίσκεται μεταξύ των τιμών $1.2D$ και $0.75D$, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τα αποτελέσματα με προσοχή. Για μεγάλες και ακριβές εγκαταστάσεις, πρέπει να ελέγχουμε τα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας υπολογισμούς ανάντη προφίλ. Στην περίπτωση που το υδραυλικό φορτίο είναι μικρότερο από την τιμή $0.75D$, δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να χρησιμοποιηθεί η προσεγγιστική μέθοδος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4 ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΟΧΕΤΩΝ-ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΕΙΣΟΔΟΙ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Προσαρμοσμένη είναι η είσοδος ενός οχετού, η οποία αποτελείται από ένα μεγενθυμένο τμήμα ανάντη και ένα υδραυλικά αποτελεσματικό τμήμα που καταλήγει (κατάντη) σε διατομή μέγιστης στένωσης (λάρυγγας), από την οποία και μετά αρχίζει το κυρίως σώμα του οχετού. Ο τύπος της εισόδου αυτής, μπορεί να έχει χαμηλωθεί, μια τεχνική η οποία ενσωματώνεται στην κατασκευή της εισόδου ή εφαρμόζεται στο κατάντη άκρο αυτής. Η κατάπτωση της εισόδου έχει ως σκοπό τη μεταβίβαση μεγαλύτερου φορτίου από το χείλος της εισόδου προς τον οχετό, για μια συγκεκριμένη τιμή υψομέτρου του υδραυλικού φορτίου. Για το λόγο αυτό, οι προσαρμοσμένες εισοδοί βελτιώνουν την απόδοση του οχετού παρέχοντας μια περισσότερο αποτελεσματική διατομή ελέγχου (τον λάρυγγα). Οι προσαρμοσμένες εισοδοί με *πτώση* βελτιώνουν, επίσης, την απόδοση ενός οχετού, αυξάνοντας το φορτίο που περνά από το χείλος.

Η διάταξη του χείλους της εισόδου είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός οχετού ο οποίος λειτουργεί υπό συνθήκη ελέγχου εισόδου. Τα χείλη των εισόδων μπορούν να προκαλέσουν διάφορες περιπτώσεις συστολής της ροής, όπως στην περίπτωση της προεξέχουσας εισόδου λεπτού χείλους στην περίπτωση συστολής, το εμβαδόν της διατομής του οχετού μπορεί να μειωθεί ακόμα και στο μισό, περίπου, της πραγματικής διαθέσιμης τιμής του. Εάν βελτιωθεί η διάταξη του χείλους της εισόδου, τότε μειώνεται η συστολή της ροής και με αυτό τον τρόπο βελτιώνεται η απόδοση του οχετού. Η βελτίωση αυτή, για παράδειγμα, μπορεί να επιτευχθεί με την εγκατάσταση ενός τοιχείου εισόδου από σκυρόδεμα με τετραγωνικό χείλος εισόδου αντί ενός λεπτού προεξέχοντος χείλους εισόδου. Επιπρόσθετα, είναι πολύ πιθανόν να αυξηθεί η απόδοση με την εγκατάσταση κωνικά προσαρμοσμένων χειλών ή τη διατήρηση του άκρου με εγκοπές σε έναν οχετό ορθογωνικής διατομής από σκυρόδεμα.

Στην περίπτωση ελέγχου εξόδου, η διάταξη του χείλους της εισόδου είναι ένας μόνο από τους πολλούς παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την απόδοση του οχετού. Οι συνθήκες βελτίωσης μειώνουν την τιμή του συντελεστή απωλειών εισόδου, k_e , ο οποίος πολλαπλασιάζεται με το φορτίο ταχύτητας, για τον καθορισμό των απωλειών ενέργειας στην είσοδο του οχετού (όπως φαίνεται στη Εξίσωση 3-4α).

Οι τιμές του συντελεστή k_e ποικίλουν, από 0.9 για προεξέχουσα είσοδο λεπτού χείλους έως 0.2 για κωνικά προσαρμοσμένο χείλος ή άκρο με εγκοπές. Μπορεί κάποιος να παρατηρήσει ακόμα μικρότερες τιμές για τον συντελεστή απωλειών εισόδου, στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται ειδικά σχεδιασμένες εισοδοί με καμπυλωμένα άκρα. Δυστυχώς, οι κατασκευαστικές δυσκολίες των εισόδων αυτών υποσκελίζουν συχνά τα υδραυλικά οφέλη.

Η είσοδος οποιουδήποτε οχετού ο οποίος λειτουργεί υπό συνθήκη ελέγχου εισόδου μπορεί να ταπεινωθεί, έτσι ώστε να παρατηρήσουμε καλύτερη απόδοση, ανεξάρτητα από τη διάταξη των κατασκευαστικών της τμημάτων. Παρόλα αυτά, πρώτα βελτιώνεται συνήθως η διάταξη του χείλους της εισόδου και στη συνέχεια λαμβάνει χώρα η ταπείνωση αυτής. Ο σκοπός που συμβαίνει αυτό, είναι η μεγαλύτερη μεταβίβαση φορτίου από την διατομή ελέγχου της εισόδου, για μια

δοσμένη τιμή υψομέτρου υδραυλικού φορτίου. Η τεχνική αυτή του σχεδιασμού αξιοποιεί μέρος από το διαθέσιμο υψόμετρο του φορτίου, για να ωθήσει τη ροή μέσω της εισόδου του οχετού. Διαφορετικά, το φορτίο αυτό εξαντλείται επιταχύνοντας τη ροή μέσα στο κυρίως σώμα του οχετού με απότομη κλίση, προκαλώντας πιθανότατα διάβρωση στο κατάντη άκρο αυτού.

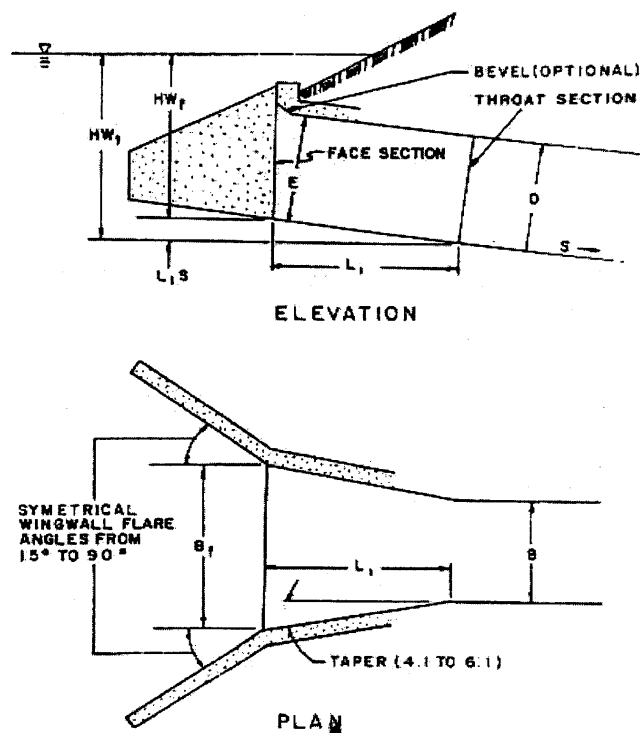
Οι προσαρμοσμένες εισόδοι βελτιώνουν αρχικά την απόδοση του οχετού, μειώνοντας τη συστολή της ροής στον τομέα ελέγχου εισόδου ο οποίος τοποθετείται στο λάρυγγα (σημείο μέγιστης στένωσης). Δευτερευόντως, μερικές από τις υπάρχουσες διατάξεις αυτού του είδους, προκαλούν την πτώση της διατομής ελέγχου κάτω από τη στάθμη του πυθμένα του φυσικού καναλιού. Η υδραυλική τους απόδοση είναι καλύτερη από αυτή των κωνικά προσαρμοσμένων χειλών για την περίπτωση των οχετών υπό συνθήκη ελέγχου εισόδου. Σε συνθήκη ελέγχου εξόδου, η απόδοση των προσαρμοσμένων εισόδων είναι ουσιαστικά η ίδια με αυτή των κωνικά προσαρμοσμένων χειλών. Και για τις προσαρμοσμένες εισόδους αλλά και για αυτές με κωνικά προσαρμοσμένα χείλη χρησιμοποιείται τιμή συντελεστή απωλειών εισόδου (k_e) ίση με 0.2.

Οι προσαρμοσμένες εισόδοι δεν προτείνονται για οχετούς στους οποίους η ροή γίνεται υπό συνθήκη ελέγχου εξόδου, επειδή η απόδοση των κωνικά προσαρμοσμένων είναι η ίδια (και παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευκολία στην κατασκευή).

Έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι και κριτήρια σχεδιασμού για δυο βασικές μορφές προσαρμοσμένων εισόδων: η είσοδος με μείωση του εύρους των πλευρών και η είσοδος με μεταβαλλόμενη κλίση. Υπάρχουν σχεδιαστικά διαγράμματα για προσαρμοσμένες εισόδους οχετών ορθογωνικής διατομής και οχετών κυκλικής διατομής. Οι ίδιοι κανόνες που ισχύουν για αυτούς μπορούν να εφαρμοσθούν και σε οχετούς διαφορετικών μορφών, αλλά δεν υπάρχουν (προς το παρόν) αντίστοιχα σχεδιαστικά διαγράμματα.

Η είσοδος με μείωση του εύρους των πλευρών μπορεί να εγκατασταθεί με ή χωρίς ταπείνωση ανάντη της πρόσοψης του οχετού. Για τις εισόδους με σταδιακά μεταβαλλόμενη κλίση υπάρχουν δύο μορφές διάταξης: στη μια η όψη είναι κατακόρυφη και στη άλλη η όψη της προσαρμόζεται πάνω στην κλίση.

Το National Bureau of Standards (NBS) υπό την χορηγία του Bureau of Public Roads (BPR) έχει δοκιμάσει πολλές βελτιωμένες διατάξεις εισόδων. Παρόλα αυτά, μόνο όσες από αυτές ικανοποιούν πλήρως τα κριτήρια: υδραυλικής ικανότητας, οικονομίας υλικών, απλότητας στην κατασκευή και ελαχιστοποίησης των προβλημάτων συντήρησης θα πρέπει να επιλέγονται στις εγκαταστάσεις οχετών. Ενώ, για παράδειγμα, η χρήση καμπύλων επιφανειών έχει μερικές φορές ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη υδραυλική ικανότητα από αυτή των επίπεδων διατομών, τα πλεονεκτήματα αυτά υποσκελίζονται λόγω των κατασκευαστικών δυσκολιών. (Τζούμας 2000)



Σχήμα 4-1: Είσοδος με μείωση του εύρους πλευρών. (Norman et al, 1985,2001).

4.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ

4.2.1 ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΤΩΝ ΠΛΕΥΡΩΝ

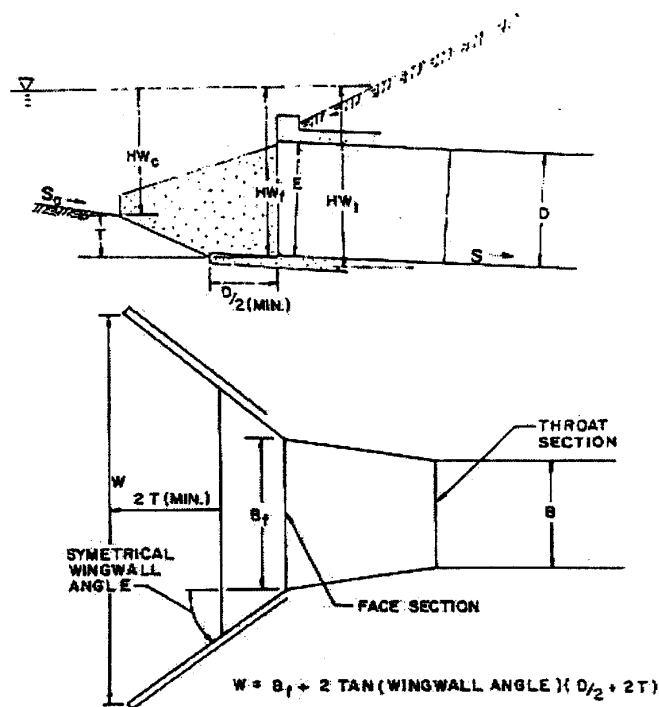
Η είσοδος της μορφής αυτής έχει μεγενθυμένο τμήμα στην πρόσοψή της και με μείωση του εύρους των πλευρών της συνδέεται στα τοιχώματα του κυρίως σώματος του οχετού (Σχήμα 4-1). Η διατομή της πρόσοψης (face section) έχει το ίδιο περίπου ύψος με το κυρίως σώμα του οχετού και ο πυθμένας της εισόδου αποτελεί προέκταση του πυθμένα του οχετού. Η οροφή της εισόδου έχει ελαφρώς θετική κλίση κατάντη (προς τη πλευρά του οχετού) αλλά σε βαθμό τέτοιο, ώστε να μην ξεπερνά το ύψος του οχετού περισσότερο από 10% ($1.1D$). Το επίπεδο στο οποίο συναντούν τα πλευρικά τοιχώματα της εισόδου τον οχετό, ονομάζεται *λάρυγγας* ή σημείο μέγιστης στένωσης. Υπάρχουν δυο πιθανές διατομές ελέγχου, η πρόσοψη και ο λάρυγγας. Ο όρος HW_f που φαίνεται στο Σχήμα 4-1 είναι το υδραυλικό φορτίο το οποίο μετράται από το ρείθρο της διατομής της πρόσοψης και ο όρος HW_i είναι το υδραυλικό φορτίο το οποίο μετράται από το ρείθρο της διατομής του λάρυγγα.

Η διατομή του λάρυγγα αποτελεί μια πολύ ικανή διατομή ελέγχου. Η συστολή της ροής εξαλείφεται κοντά στην περιοχή της διατομής αυτής. Επιπρόσθετα, ο λάρυγγας βρίσκεται πάντα σε ελαφρώς χαμηλότερο επίπεδο από τη διατομή της πρόσοψης, έτσι ώστε να μπορεί να διαβιβασθεί μεγαλύτερο φορτίο μέσω αυτού για κάποιο συγκεκριμένο υψόμετρο υδραυλικού φορτίου.

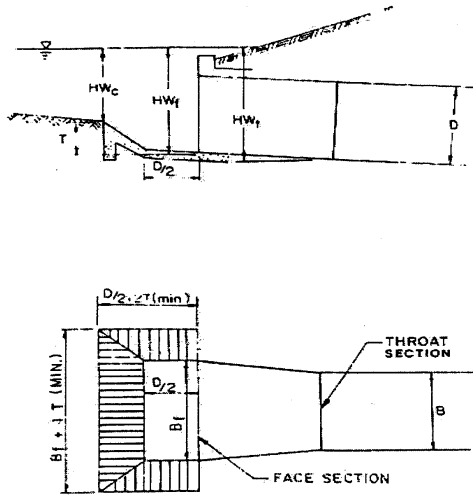
Τα πλεονεκτήματα της ταπείνωσης της περιοχής του λάρυγγα κάτω από τη στάθμη του πυθμένα του φυσικού καναλιού, μπορούν να αυξηθούν δημιουργώντας

κατάπτωση στο ανάντη τμήμα της εισόδου. Στα Σχήματα 4-2 και 4-3 φαίνονται δυο μέθοδοι κατασκευής καταπτώσεως. Το Σχήμα 4-2 παριστά μια είσοδο με μείωση του εύρους των πλευρών, στην οποία συμβαίνει κατάπτωση μεταξύ των πτερυγότοιχων. Για τον τύπο της κατάπτωσης, ο πυθμένας του οχετού θα πρέπει να επεκταθεί ανάντη του τμήματος της πρόσοψης τουλάχιστον κατά μια απόσταση της τάξεως του $D/2$, πριν η κλίση ανάντη γίνει απότομη. Στο Σχήμα 4-3 φαίνεται μια είσοδος με μείωση του εύρους των πλευρών με μια λεκάνη τοποθετημένη ανάντη της διατομής της πρόσοψης. Παρουσιάζονται, επίσης, διαστατικοί περιορισμοί που αφορούν το σχεδιασμό. Και στις δυο περιπτώσεις, θα πρέπει να ελέγχεται το μήκος μεταξύ της πρόσοψης και της προκύπτουσας ανάντη <<κορυφής>>, σημείο όπου η κλίση της κατάπτωσης συναντά τον πυθμένα του φυσικού καναλιού, για να εξασφαλιστεί ότι η κορυφή αυτή δεν θα αποτελεί σημείο ελέγχου της ροής βάσης της παροχής και του υδραυλικού φορτίου σχεδιασμού.

Εάν το μήκος αυτό είναι πολύ μικρό, τότε η κορυφή (διατομή ελέγχου πρόσοψης και διατομή ελέγχου λάρυγγα), μεταβιβάζει μεγαλύτερο φορτίο για μια δοσμένη τιμή υδραυλικού φορτίου. Η αύξηση αυτή του φορτίου έχει ως αποτέλεσμα την απαίτηση διατομής λάρυγγα και πρόσοψης μικρότερων διαστάσεων. Τα κωνικά προσαρμοσμένα χείλη ή άλλες διατάξεις χείλους μειώνουν, επίσης, το απαιτούμενο μέγεθος της διατομής της πρόσοψης. (Τζούμας 2000)



Σχήμα 4-2: Είσοδος με μείωση του εύρους των πλευρών, με ανάντη ταπείνωση μεταξύ των πτερυγότοιχων. (Norman et al, 1985,2001).



Σχήμα 4-3: Είσοδος με μείωση του εύρους των πλευρών, με ανάντη κατασκευή λεκάνης. (Norman et al, 1985,2001).

4.2.2 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΚΛΙΣΗΣ

Οι είσοδοι του τύπου αυτού, όπως και οι είσοδοι με μείωση του εύρους των πλευρών, αποτελούνται από μια μεγενθυσμένη διατομή πρόσοψης (face section) με πλευρικούς τοίχους των οποίων το εύρος μειώνεται σταδιακά και συναντούν τα τοιχώματα του κυρίως σώματος του οχετού στο σημείο μέγιστης στένωσης ή λάρυγγα (βλέπε Σχήμα 4-4). Ταυτόχρονα ενσωματώνεται στην εγκατάσταση της εισόδου μια κατακόρυφη **ΠΤΩΣΗ**, μεταξύ της διατομής του λάρυγγα και της διατομής της πρόσοψης. Η **ΠΤΩΣΗ** αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη συγκέντρωση περισσότερου φορτίου στη διατομή του λάρυγγα. Στη θέση όπου η απότομη κλίση της εισόδου συναντά την επίπεδη του οχετού, προσδιορίζεται μια τρίτη διατομή, η διατομή **καμπής**.

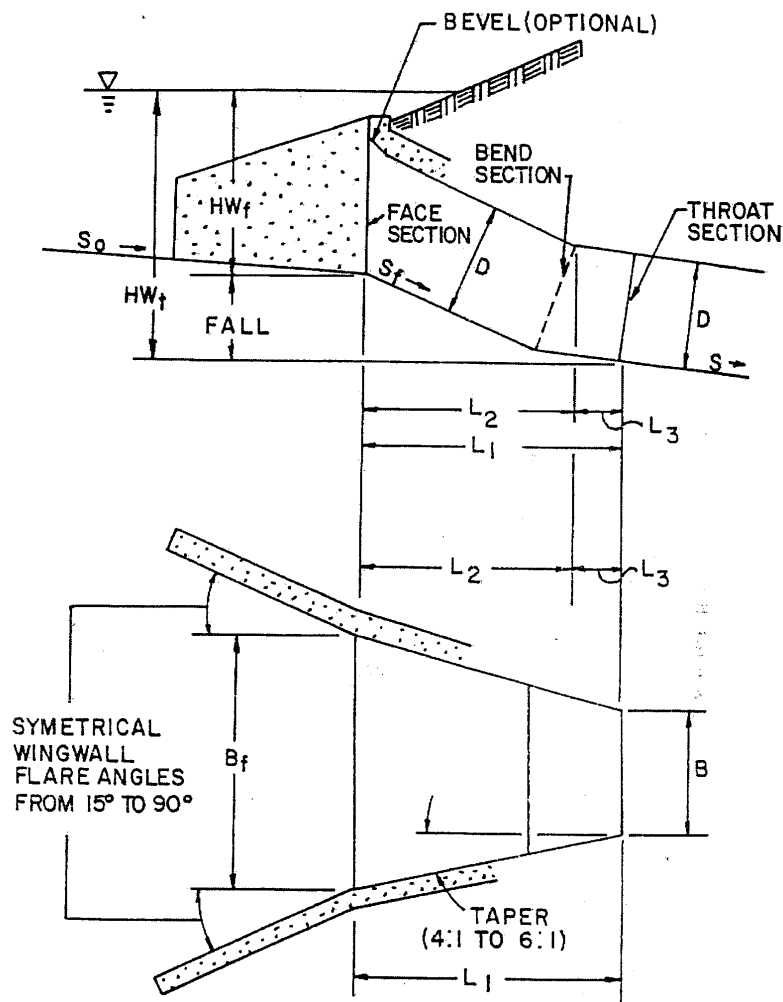
Συμπερασματικά, μια τέτοια είσοδος έχει τρεις πιθανές διατομές ελέγχου, **την πρόσοψη, την καμπή και το λάρυγγα**. Από όλες αυτές, καθορίζονται μόνο οι διαστάσεις της διατομής της πρόσοψης και της διατομής του λάρυγγα, μέσω της διαδικασίας του σχεδιασμού που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία. Το μέγεθος της διατομής καμπής, επαληθεύεται, τοποθετώντας την στην ελάχιστη δυνατή απόσταση ανάντη της περιοχής του λάρυγγα.

Η είσοδος μεταβαλλόμενης κλίσης, συνδυάζει μια αποδοτική διατομή ελέγχου μέγιστης στένωσης με το επιπρόσθετο φορτίο που μπορεί να αναλάβει η διατομή αυτή. Η διατομή της πρόσοψης δεν αποκομίζει κανένα όφελος μέσω της πιθανής **πτώσης** μεταξύ αυτής και της διατομής της μέγιστης στένωσης. Για το λόγο αυτό, οι διατομές πρόσοψης των εισόδων αυτού του είδους είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των εισόδων με μείωση του εύρους των πλευρών τους. Το απαιτούμενο μέγεθος της πρόσοψης μπορεί να μειωθεί με τη χρήση κωνικά προσαρμοσμένων ή άλλων αποδοτικών τμημάτων διατάξεων χείλους. Στο Σχήμα 4-4 φαίνεται σε πλάγια όψη (και κάτοψη) η κατακόρυφη πρόσοψη και η σταδιακή μεταβολή στην κλίση της εισόδου και στο Σχήμα 4-5 παρουσιάζεται το σχέδιο μιας προσαρμοσμένης στο κυρίως σώμα του οχετού πρόσοψης εισόδου.

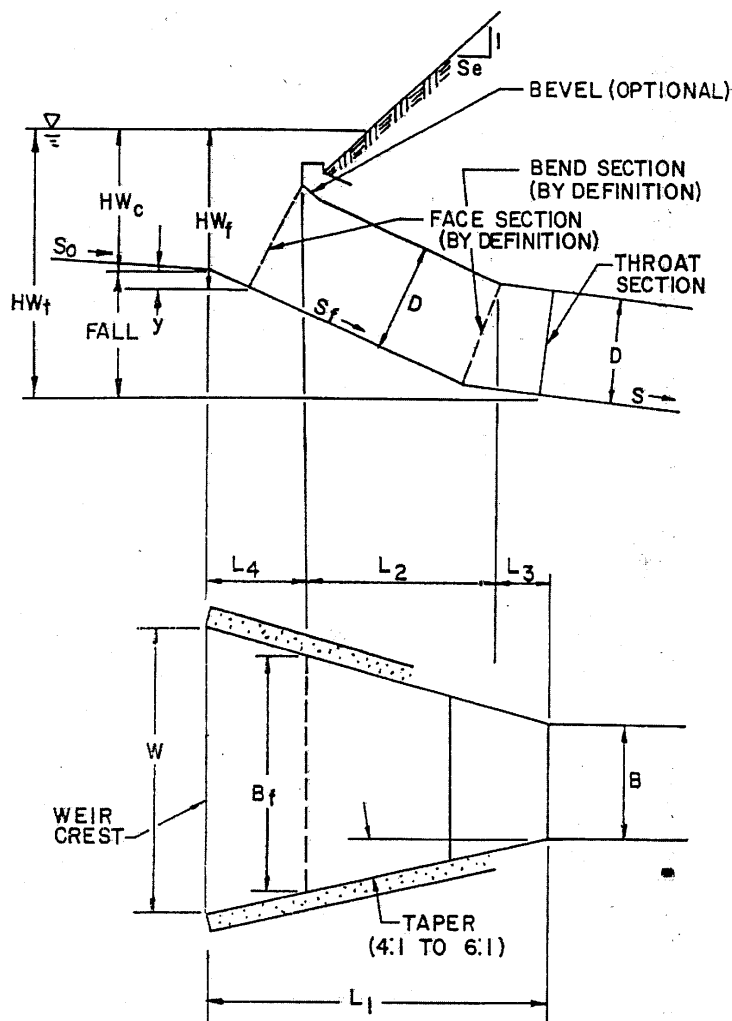
Το σχέδιο της προσαρμοσμένης πρόσοψης είναι πιο πολύπλοκο από αυτό της κατακόρυφης. Μια υποθετική διατομή προσόψεως τοποθετείται κατάντη της *κορυφής* (σημείο όπου η προέκταση τη κλίσης συναντά τον πυθμένα του φυσικού καναλιού). Η διατομή αυτή καθορίζεται από μια κατακόρυφη γραμμή η οποία προεκτείνεται από την κορυφή του άκρου της εισόδου έως το σημείο της *πτώσης*, αγνοώντας τις κλίσεις των επιφανειών.

Η είσοδος σταδιακά μεταβαλλόμενης κλίσης είναι η πιο πολύπλοκη περίπτωση από αυτές των βελτιωμένων εισόδων. Παρουσιάζει κατασκευαστικές δυσκολίες αλλά τα οφέλη όσον αφορά στην αύξηση της απόδοσης μπορεί να είναι πολύ μεγάλα. Με κατάλληλο σχεδιασμό, η είσοδος αυτού του τύπου μεταφέρει την μεγαλύτερη παροχή (για συγκεκριμένο υδραυλικό φορτίο) από οποιαδήποτε άλλη διάταξη.

Οι εισόδους αυτές μπορούν να προσαρμοστούν και σε οχετούς ορθογωνικής διατομής αλλά και σε οχετούς κυκλικής διατομής. Στην περίπτωση των τελευταίων, χρησιμοποιείται συνήθως ένα τετραγωνικής διατομής (που καταλήγει σε κυκλική διατομή) μεταβατικό τμήμα, για να συνδέσει την ορθογωνική διατομή της εισόδου στην κυκλική διατομή του αγωγού. (Τζούμας 2000)



Σχήμα 4-4: Είσοδος μεταβαλλόμενης κλίσης με κατακόρυφη πρόσοψη. (Norman et al, 1985,2001).



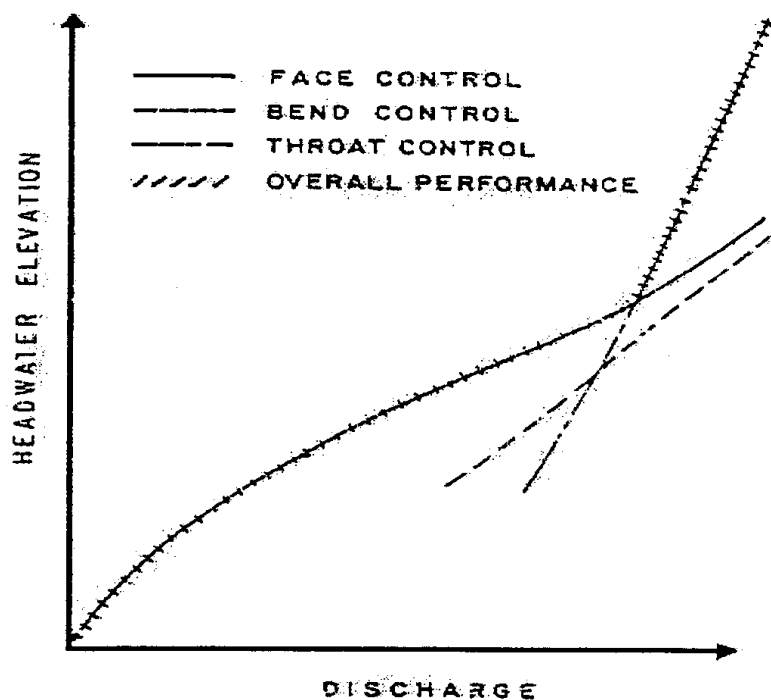
Σχήμα 4-5: Είσοδος μεταβαλλόμενης κλίσης, με προσαρμοσμένη πρόσοψη. (Norman et al, 1985,2001).

4.3 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ

4.3.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ

Οι προσαρμοσμένες εισόδους έχουν διάφορες πιθανές διατομές ελέγχου οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν τη διατομή της πρόσοψης, τη διατομή καμπής (για εισόδους μεταβαλλόμενης κλίσης) και τη διατομή του λάρυγγα (διατομή μέγιστης στένωσης). Επιπρόσθετα, η είσοδος με μείωση του εύρους των πλευρών που έχει υποστεί ταπείνωση, έχει μια πιθανή διατομή ελέγχου στη διατομή της κορυφής, ανάντη της πτώσης. Κάθε μια από τις διατομές ελέγχου αυτές, έχει μια ξεχωριστή καμπύλη απόδοσης. Το βάθος του υδραυλικού φορτίου που αντιστοιχεί σε κάθε μια από τις διατομές αυτές, αναφέρεται στο ρείθρο της διατομής. Μια μέθοδος για τον καθορισμό της γενικής (συνολικής) καμπύλης απόδοσης για συνθήκη ελέγχου εισόδου, αποτελεί ο υπολογισμός των καμπύλων απόδοσης των ενδεχόμενων

διατομών ελέγχου και στη συνέχεια η επιλογή της διατομής αυτής, η οποία καθορίζει την ελάχιστη συνολική απόδοση του οχετού. (Σχήμα 4-6).



Σχήμα 4-6: Καμπύλες στάθμης – παροχής (απόδοσης) για έλεγχο εισόδου. (Norman et al, 1985,2001).

Εάν ακολουθήσει κάποιος τα κριτήρια διαστασιολόγησης που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία, τότε οι διατομές της κορυφής και της καμπής δεν θα λειτουργήσουν ποτέ ως διατομές ελέγχου πάνω σε μια φυσιολογική περιοχή υδραυλικών φορτίων και παροχών. Η κορυφή της ταπείνωσης μπορεί να λειτουργήσει ως διατομή ελέγχου για πολύ μικρές παροχές και υδραυλικά φορτία αλλά αυτό δεν έχει, γενικά, σημασία στο σχεδιασμό. Το Σχήμα 4-6 απεικονίζει καμπύλες απόδοσης για κάθε μια από τις ενδεχόμενες διατομές ελέγχου εισόδου και τις γενικές καμπύλες απόδοσης ελέγχου εισόδου.

Οι διαδικασίες σχεδιασμού για τις προσαρμοσμένες εισόδους περιλαμβάνουν ελέγχους της απόστασης μεταξύ της πρόσοψης της εισόδου και της διατομής της κορυφής και για τη περίπτωση εισόδου με μείωση του εύρους των πλευρών αλλά και για είσοδο μεταβαλλόμενης κλίσης με προσαρμοσμένη πρόσοψη. Στην περίπτωση που το πραγματικό μήκος της κορυφής υπερβαίνει την προκαθορισμένη ελάχιστη τιμή, δεν είναι απαραίτητο να κατασκευαστεί καμπύλη απόδοσης για τη διατομή της κορυφής. Επίσης, εάν η διατομή της καμπής τοποθετηθεί σε μια ελάχιστη απόσταση της τάξεως του $D/2$ ανάντη της διατομής του λάρυγγα (μέγιστης στένωσης), τότε η διατομή αυτή δεν θα ελέγχει τη ροή και δεν υπάρχει ανάγκη κατασκευής καμπύλης απόδοσης για αυτή.

Οι συντελεστές και οι δείκτες για κάθε μια από τις διατομές ελέγχου αναπτύχθηκαν βάσει υδραυλικών δοκιμών NBS. Όλες οι διατομές ελέγχου που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, λειτουργούν κατά κάποιο τρόπο παρόμοια με

υπερχειλιστές σε αβύθιστες συνθήκες ροής και κατά κάποιο άλλο τρόπο παρόμοια με στόμια σε βυθισμένες συνθήκες ροής. Για κάθε μια από τις διατομές αυτές, καθορίζεται μια μεταβατική ζώνη από μια εμπειρική καμπύλη η οποία συνδέει τις αβύθιστες και βυθισμένες καμπύλες. (Τζούμας 2000)

4.3.1.1 ΕΙΣΟΔΟΙ ΜΕ ΣΤΕΝΩΣΗ ΤΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΤΩΝ ΠΛΕΥΡΩΝ

Στην περίπτωση των εισόδων αυτών, ο σχεδιασμός θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε ο λάρυγγας να αποτελεί τη βασική διατομή ελέγχου, για τη σχεδιαστική κλίμακα των παροχών και των υδραυλικών φορτίων. Από τη στιγμή που ο λάρυγγας βρίσκεται λίγο χαμηλότερα από τη πρόσοψη, τότε είναι πολύ πιθανό ότι η διατομή της πρόσοψης θα λειτουργήσει σαν υπερχειλιστής ή στόμιο με κατάντη βύθιση, μέσα στα όρια της κλίμακας σχεδιασμού. Για χαμηλότερες τιμές παροχών και υδραυλικών φορτίων, τη ροή την ελέγχει συνήθως η διατομή της πρόσοψης.

4.3.1.2 ΕΙΣΟΔΟΙ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗΣ ΚΛΙΣΗΣ

Στην περίπτωση των εισόδων αυτών, ο λάρυγγας αποτελεί τη βασική διατομή ελέγχου, είτε η πρόσοψη είναι βυθισμένη είτε είναι αβύθιστη. Στην περίπτωση που η διατομή της πρόσοψης είναι βυθισμένη, τότε αυτή λειτουργεί ως στόμιο με κατάντη βύθιση. Στην περίπτωση που η διατομή της πρόσοψης είναι αβύθιστη, τότε αυτή λειτουργεί ως υπερχειλιστής, με τη ροή να βυθίζεται στη συσσώρευση του νερού που δημιουργείται μεταξύ της πρόσοψης και του λάρυγγα. Όπως σημειώθηκε προηγουμένως, η διατομή της καμπής δεν θα λειτουργήσει ως διατομή ελέγχου εάν ακολουθηθούν τα κριτήρια διαστασιολόγησης της παρούσας εργασίας. Παρόλα αυτά, η συγκεκριμένη διατομή θα συνεισφέρει στις απώλειες εισόδου, με τρόπο που περιλαμβάνεται στο συντελεστή απωλειών εισόδου k_e .

4.3.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΞΟΔΟΥ

Όταν ο οχετός (με τους συγκεκριμένους τύπους εισόδου) λειτουργεί υπό συνθήκη ελέγχου εξόδου, η υδραυλική συμπεριφορά του είναι η ίδια με αυτή που παρουσιάστηκε στο 3^ο Κεφάλαιο. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη ροή σε συνθήκη ελέγχου εξόδου, φαίνονται στον Πίνακα 1-1 . Ως εμβαδόν της διατομής εισόδου, θεωρούμε το εμβαδόν της διατομής της πρόσοψης. Η τμηματική διάταξη του χείλους της εισόδου περιγράφει τον τύπο προσαρμογής της εισόδου, ως επίσης και τη συνθήκη του χείλους της πρόσοψης (η μορφή είναι είτε κυκλική είτε ορθογωνική). Τα χαρακτηριστικά του οχετού αναφέρονται στο τμήμα του κυρίως σώματος του οχετού, κατάντη της διατομής του λάρυγγα, εκτός του μήκους του οχετού που περιλαμβάνει και το μήκος της εισόδου, ενώ η κλίση του κυρίως σώματος μπορεί να είναι πιο επίπεδη από την κλίση του φυσικού καναλιού.

Η Εξίσωση 3-5 (βλέπε 3 κεφάλαιο) περιγράφει τις απώλειες σε συνθήκη ελέγχου εξόδου. Ο συντελεστής απωλειών της προσαρμοσμένης εισόδου (k_e) έχει τιμή 0.2 και για τις δυο περιπτώσεις (μείωση του εύρους των πλευρών ή μεταβολή κλίσης). Ο συντελεστής αυτός περιλαμβάνει απώλειες λόγω συστολής αλλά και λόγω διαστολής στη διατομή της πρόσοψης, αυξημένες απώλειες τριβών μεταξύ της πρόσοψης και του λάρυγγα και τοπικές απώλειες συστολής στο λάρυγγα.

Το υδραυλικό φορτίο ελέγχου εξόδου μετράται από το ρείθρο της εξόδου του οχετού. Για τον προσδιορισμό των ολικών απωλειών μέσα στον οχετό χρησιμοποιούνται είτε η Εξίσωση 3-5, είτε το κατάλληλο νομογράφημα ελέγχου εξόδου, ανάλογα με το μέγεθος του οχετού. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται η Εξίσωση 3-7 για τον υπολογισμό του βάθους του υδραυλικού φορτίου, στην οποία λαμβάνεται η τιμή του βάθους του συσσωρευμένου νερού κατάντη (TW) να είναι ίση ή με $(d_c+D)/2$ ή ίση με το βάθος του νερού του κατάντη καναλιού, όποια από τις δύο είναι μεγαλύτερη.

4.3.3 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΞΟΔΟΥ

Οι ταχύτητες εξόδου για οχετούς με προσαρμοσμένες εισόδους προσδιορίζονται με παρόμοιο τρόπο, με αυτόν που περιγράφεται στο Κεφάλαιο 3. Ας σημειωθεί ότι όταν χρησιμοποιείται *πτώση* της εισόδου, η κλίση του κυρίως σώματος του οχετού είναι πιο επίπεδη από την κλίση του υδατορρεύματος και υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$S = \frac{EL_t - EL_o}{L_a - L_1} \quad (4-1)$$

όπου: S	είναι η κατά προσέγγιση κλίση του κυρίως σώματος του οχετού	ft/ft ή m/m
EL _t	είναι το υψόμετρο του ρείθρου του λαιμού	ft ή m
EL _o	είναι το υψόμετρο του ρείθρου στην έξοδο	ft ή m
L _a	είναι το κατά προσέγγιση μήκος του οχετού	ft ή m
L ₁	είναι το συνολικό μήκος της προσαρμοσμένης εισόδου	ft ή m

4.4 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

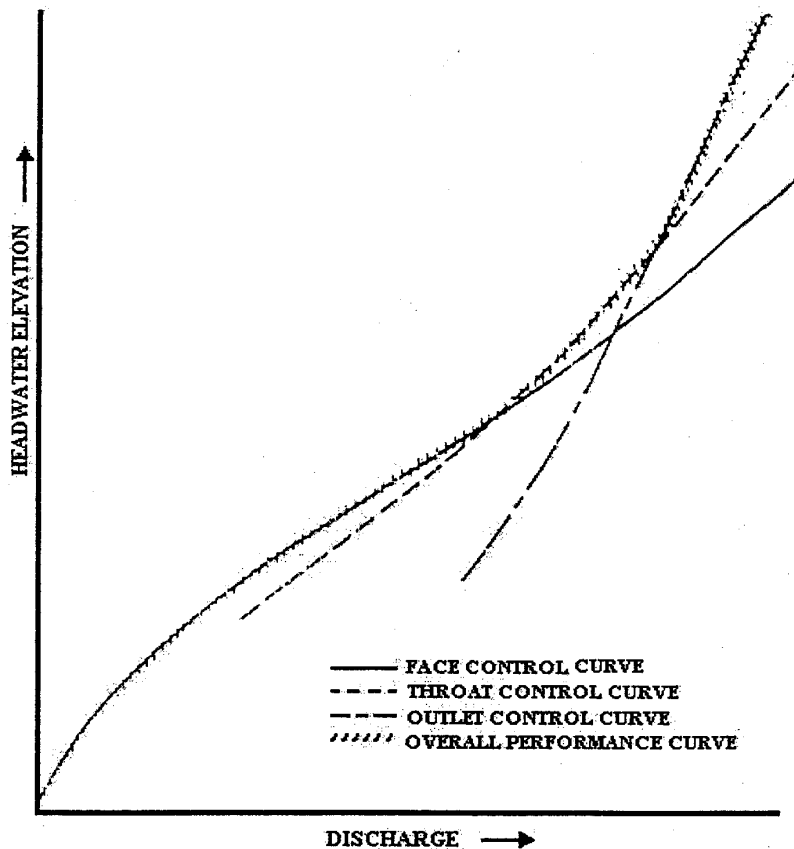
Οι καμπύλες απόδοσης παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην κατανόηση της λειτουργίας του οχετού ο οποίος διαθέτει προσαρμοσμένη είσοδο. Κάθε πιθανή διατομή ελέγχου (πρόσοψη, λάρυγγας και έξοδος) έχει τη δική της καμπύλη απόδοσης, η οποία βασίζεται στην θεώρηση ότι κάθε μια από τις διατομές αυτές ελέγχει τη ροή. Αφού υπολογίσουμε και σχεδιάσουμε τις διάφορες καμπύλες, καταλήγουμε σε μια γραφική παράσταση παρόμοια με αυτή του Σχήματος 4-7, η οποία περιλαμβάνει τις καμπύλες απόδοσης της διατομής ελέγχου της πρόσοψης, του λάρυγγα και της εξόδου. Η γενική καμπύλη απόδοσης του οχετού αντιπροσωπεύεται από τη διαγραμμισμένη γραμμή. Σε μια περιοχή μικρών παροχών, ο έλεγχος της ροής γίνεται από τη διατομή της πρόσοψης. Για περιοχή μεσαίων παροχών, ο έλεγχος της ροής γίνεται από τη διατομή του λάρυγγα. Σε μεγαλύτερες παροχές, τη ροή την ελέγχει η διατομή εξόδου. Οι καμπύλες απόδοσης της διατομής της κορυφής και της καμπής δεν υπολογίζονται από τη στιγμή που αυτές δεν ελέγχουν τη ροή μέσα στην περιοχή σχεδιασμού.

Η κατασκευή καμπύλων απόδοσης για οχετούς με προσαρμοσμένες εισόδους, όπως είδαμε, εξασφαλίζει την απαιτούμενη γνώση στον μηχανικό, για τον τρόπο με τον οποίο θα λειτουργήσει ο οχετός πάνω σε μια περιοχή παροχών. Για υψηλές παροχές, η καμπύλη ελέγχου εξόδου μπορεί να έχει πολύ απότομη κλίση, πράγμα το

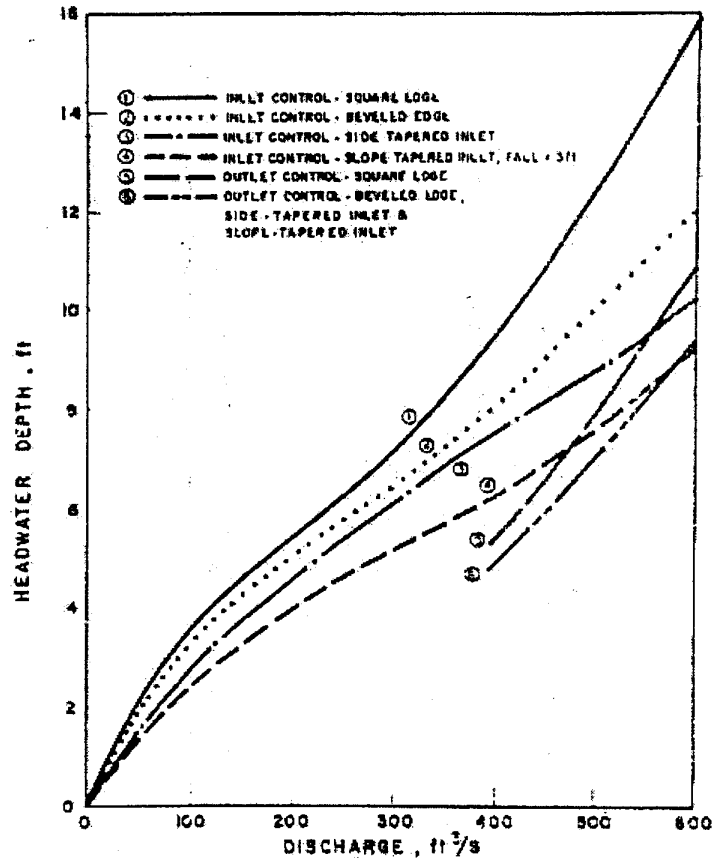
οποίο σημαίνει ότι το υδραυλικό φορτίο θα αυξηθεί απότομα, με αποτέλεσμα την αύξηση της παροχής. Από τη στιγμή που υπάρχει η πιθανότητα να υπερκεραστεί η παροχή σχεδιασμού μέσα στο διάστημα ζωής του οχετού, αυτό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό. Το γεγονός αυτό θα βοηθήσει στην εκτίμηση των πιθανών φθορών του δρόμου και των γειτονικών ιδιοκτησιών.

Οι καμπύλες απόδοσης παρέχουν τις βάσεις για την επιλογή του πιο κατάλληλου σχεδιασμού για τον οχετό. Για παράδειγμα, μπορούμε να συγκρίνουμε και να εκτιμήσουμε σχεδιασμούς οχετών με ή χωρίς προσαρμοσμένες εισόδους, χρησιμοποιώντας τις καμπύλες αυτές (όπως φαίνονται στο Σχήμα 4-8).

Οι καμπύλες απόδοσης βοηθούν στη βελτιστοποίηση της απόδοσης των οχετών. Με κατάλληλο χειρισμό της ταπείνωσης των διατομών της πρόσοψης και του λάρυγγα, είναι πολύ συχνά πιθανό να πετύχουμε μεγαλύτερη παροχή για κάποιο δοσμένο υδραυλικό ή να καταφέρουμε τη διέλευση της ίδιας παροχής σε χαμηλότερο υδραυλικό φορτίο.



Σχήμα 4-7: Καμπύλη απόδοσης οχετού. (Norman et al, 1985,2001).



Σχήμα 4-8: Καμπύλες απόδοσης για ορθογωνικούς οχετούς (6ft x 6ft) με πτερυγότοιχους 90°. (Norman et al, 1985,2001).

4.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ο σχεδιασμός των προσαρμοσμένων εισόδων αρχίζει με την επιλογή του μεγέθους του οχετού, της μορφής αυτού και του υλικού από το οποίο θα αποτελείται. Οι υπολογισμοί αυτοί επιτελούνται χρησιμοποιώντας το Φύλλο Σχεδιασμού Οχετού στο Σχήμα 3-17. Το αποτέλεσμα αυτού θα είναι ένα ή περισσότερα σχέδια για την κατασκευή του οχετού, με ή χωρίς βελτιωμένη είσοδο, τα οποία θα ικανοποιούν τα κριτήρια του σχεδιασμού. Ο μελετητής θα πρέπει να επιλέξει το βέλτιστο από αυτά βάσει της τοποθεσίας στην οποία θα κατασκευαστεί ο οχετός.

Ο στόχος του σχεδιασμού προσαρμοσμένων εισόδων είναι η διατήρηση της διατομής ελέγχου στη διατομή του λάρυγγα, για τη σχεδιαστική περιοχή του υδραυλικού φορτίου και της παροχής. Αυτό πρέπει να επιτευχθεί εξαιτίας του γεγονότος ότι η διατομή του λάρυγγα έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά με το κυρίως σώμα του οχετού, το οποίο είναι πλέον ακριβό τμήμα της εγκατάστασης του οχετού.

Στη συνέχεια διαστασιολογείται η διατομή της πρόσοψης, αρκετά μεγάλη ώστε να μπορεί να μεταβιβάσει την παροχή σχεδιασμού χωρίς να λειτουργήσει ως διατομή ελέγχου της ροής (για τη σχεδιαστική περιοχή των παροχών). Ευεργετική είναι και η μερική υπερδιαστασιολόγηση της διατομής της πρόσοψης, εξαιτίας του ότι το κόστος

κατασκευής της εισόδου είναι συνήθως πολύ πιο μικρό από το κόστος κατασκευής του κυρίως σώματος του οχετού.

Το απαιτούμενο μέγεθος της διατομής της πρόσοψης μπορεί να μειωθεί χρησιμοποιώντας κάποιες ευνοϊκές τμηματικές διατάξεις χείλους, όπως κωνικά προσαρμοσμένο χείλος, στην περιοχή της πρόσοψης. Στον μηχανικό παρέχονται νομογραφήματα σχεδιασμού για ευνοϊκές ή τις λιγότερο ευνοϊκές τμηματικές διατάξεις χείλους.

Τα ακόλουθα βήματα σκιαγραφούν τη διαδικασία του σχεδιασμού οχετών με προσαρμοσμένες εισόδους. Το 1^ο και το 2^ο βήμα είναι τα ίδια για όλες τις περιπτώσεις των οχετών, με ή χωρίς προσαρμοσμένες εισόδους. (Τζούμας 2000)

1. **Προκαταρκτική Επιλογή Μεγέθους Οχετού.** Κάνουμε μια αρχική εκτίμηση του μεγέθους του κυρίως σώματος του οχετού, για να είμαστε σε θέση να ξεκινήσουμε τους υπολογισμούς..
2. **Σχεδιασμός του Κυρίως Σώματος του Οχετού.** Συμπληρώνουμε το Φύλλο Σχεδιασμού Οχετού (Σχήμα 3-17). Οι υπολογισμοί αυτοί μας παρέχουν το μέγεθος της απαιτούμενης *πτώσης* στην είσοδο του οχετού. Για τους υπολογισμούς ελέγχου εισόδου, χρησιμοποιούμε το κατάλληλο νομογράφημα για τη διατομή του λάρυγγα της προσαρμοσμένης εισόδου. Η απαιτούμενη *πτώση* τοποθετείται ανάντη της διατομής της πρόσοψης για εισόδους των πλευρών και μεταξύ της διατομής της πρόσοψης και της διατομής του λάρυγγα για εισόδους με μεταβαλλόμενη κλίση. Το Φύλλο Σχεδιασμού θα πρέπει να συμπληρωθεί για όλες τις περιπτώσεις κυρίων σωμάτων οχετών που μας ενδιαφέρουν. Στη συνέχεια σχεδιάζουμε τις καμπύλες απόδοσης ελέγχου εισόδου για τις διατομές της πρόσοψης, για οχετούς χωρίς μεγέθυνση της εισόδου και τις διατομές του λάρυγγα προσαρμοσμένων εισόδων.
3. **Σχεδιασμός Προσαρμοσμένων Εισόδων.** Χρησιμοποιούμε το Φύλλο Σχεδιασμού Προσαρμοσμένων Εισόδων (που φαίνεται στο Σχήμα 4-9) για την επιλογή του τύπου που θα χρησιμοποιηθεί και καθορίζουμε τις διαστάσεις της. Εάν επιλέξουμε είσοδο μεταβαλλόμενης κλίσης με προσαρμοσμένη πρόσοψη, χρησιμοποιούμε το αντίστοιχο Φύλλο Σχεδιασμού που φαίνεται στο Σχήμα 4-10. για τον τύπο εισόδου αυτόν, με προσαρμοσμένη πρόσοψη, παρέχεται ξεχωριστό υπόμνημα, εξαιτίας της πολυπλοκότητας στη διασσειολόγησή του.

Ο τρόπος με τον οποίο θα χρησιμοποιήσουμε το Φύλλο Σχεδιασμού Προσαρμοσμένων Εισόδων του Σχήματος 4-9 και το αντίστοιχο για Είσοδο Μεταβαλλόμενης Κλίσης με προσαρμοσμένη πρόσοψη του Σχήματος 4-10, βασίζεται στα ακόλουθα βήματα: (Τζούμας 2000)

PROJECT _____		STATION _____		TAPERED INLET DESIGN FORM													
SHEET _____ OF _____		DESIGNER / DATE _____ / _____		REVIEWER / DATE _____ / _____													
DESIGN DATA Q _____ cfs, EL _{th} _____ ft EL THROAT INVERT _____ ft EL STREAM BED AT FACE _____ ft FALL _____ ft, TAPER _____ (4:1 TO 6:1) STREAM SLOPE, S ₀ _____ ft/ft SLOPE OF BARREL, S ₁ _____ ft/ft S ₂ _____ (1:2.1 TO 3:1) BARREL SHAPE AND MATERIAL _____ H' _____, B' _____, D' _____ INLET EDGE DESCRIPTION _____				COMMENTS													
Q (16)	EL _{th}	EL THROAT INVERT (11)	EL FACE INVERT (12)	H W ₁ (13)	H W ₂ (14)	Q (15)	M IN B ₁ (16)	M IN B ₂ (17)	SELECTED B ₁	SLOPE-TAPERED ONLY			SIDE-TAPERED W/ FALL				
										MIN L ₁ (18)	CHECK L ₂ (19)	ADJ. L ₂ (20)	ADJ. TAPER (21)	L ₁ (22)	EL CREST INV (23)	H W _c (24)	M IN W (25)
(1) SIDE-TAPERED EL FACE INVERT = EL THROAT INVERT + 1 ft (APPROX.) SLOPE-TAPERED EL FACE INVERT = EL STREAM BED AT FACE (2) H W ₁ = EL _{th} - EL FACE INVERT (3) 1 - 0.2 ≤ 2.0 (4) FROM DESIGN CHARTS (5) M IN B ₁ = 2.1 / Q / B ₁ ^{1.49} (6) MIN L ₁ = 0.5 H B (7) L ₂ = (EL FACE INVERT - EL THROAT INVERT) / S ₁ (8) CHECK L ₂ = (B ₁ - NB) / 2 TAPER - L ₂										(9) IF (8) < 0, ADJ L ₂ = (B ₁ - NB) / 2 TAPER - L ₂ (10) IF (7) < 0, ADJ TAPER = (L ₂ + L ₃) / (B ₁ - NB) (11) SIDE-TAPERED L ₁ = (B ₁ - NB) / 2 TAPER SLOPE-TAPERED L ₁ = L ₂ + L ₃ (12) H W _c = EL _{th} - EL CREST INVERT (13) M IN W = 0.55 Q / (H W _c) ^{1.49}			SELECTED DESIGN B ₁ _____ L ₁ _____ L ₂ _____ L ₃ _____ BEVELS ANGLE _____° B' _____, B'' _____ TAPER _____:1 S ₁ _____:1				

Σχήμα 4-9: Φύλλο Σχεδιασμού προσαρμοσμένων εισόδων. (Norman et al, 1985,2001).

PROJECT _____		STATION _____		MITERED INLET DESIGN FORM															
SHEET _____ OF _____		DESIGNER / DATE _____ / _____		REVIEWER / DATE _____ / _____															
DESIGN DATA Q _____ cfs, EL _{th} _____ ft EL THROAT INVERT _____ ft EL STREAM BED AT CREST _____ ft FALL _____ ft, TAPER _____ (4:1 TO 6:1) STREAM SLOPE, S ₀ _____ ft/ft, BARREL SLOPE, S ₁ _____ ft/ft SLOPE OF THE EMBANKMENT S ₂ _____, S ₃ _____ (1:2 TO 3:1) BARREL SHAPE AND MATERIAL _____ INLET EDGE DESCRIPTION _____				COMMENTS															
Q (16)	EL _{th}	EL THROAT INVERT (11)	EL FACE INVERT (12)	H W ₁ (13)	H W ₂ (14)	Q (15)	M IN B ₁ (16)	M IN B ₂ (17)	SELECTED B ₁	MIN L ₁ (18)	L ₂ (19)	L ₃ (20)	CHECK L ₂ (21)	ADJ. L ₂ (22)	ADJ. TAPER (23)	L ₁ (24)	EL CREST INV (25)	H W _c (26)	M IN W (27)
(1) $y = \frac{(B_1 - B_2) - 1}{(L_1 + S_1)(L_2 + S_2) + 1} D$ (2) EL FACE INVERT = EL STREAM BED AT CREST + y (3) H W ₁ = EL _{th} - EL FACE INVERT (4) 1 - 0.2 ≤ 2.0 (5) FROM DESIGN CHARTS (6) MIN B ₁ = 0.10 / B ₁ ^{1.49} (7) MIN L ₁ = 0.5 H B (8) L ₂ = S ₂ y + D / S ₂ (9) L ₃ = (EL CREST INVERT - EL THROAT INVERT) / S ₃ - L ₂ *** IF L ₃ IS NEGATIVE DO NOT USE THIS INLET										(10) CHECK L ₂ = (B ₁ - NB) / 2 TAPER - L ₂ (11) IF (10) < 0, ADJ L ₂ = (B ₁ - NB) / 2 TAPER - L ₂ (12) IF (9) < 0, ADJ TAPER = (L ₂ + L ₃) / (B ₁ - NB) (13) L ₁ = L ₂ + L ₃ + L ₄ (14) H W _c = EL _{th} - EL CREST INVERT (15) MIN W = 0.55 Q / (H W _c) ^{1.49} (16) W = NB + 2 (L ₁ / TAPER) IF W < MIN W, ADJUST TAPER			SELECTED DESIGN B ₁ _____ L ₁ _____ L ₂ _____ L ₃ _____ L ₄ _____ BEVELS ANGLE _____° B' _____, B'' _____ TAPER _____:1 S ₂ _____:1						

Σχήμα 4-10: Φύλλο Σχεδιασμού εισόδου μεταβαλλόμενης κλίσης με προσαρμοσμένη πρόσοψη. (Norman et al, 1985,2001).

α) **Συμπλήρωση Δεδομένων Σχεδιασμού.** Συμπληρώνουμε τα απαιτούμενα δεδομένα σχεδιασμού στο πάνω τμήμα του Φύλλου.

1. Η παροχή, Q , είναι η επιλεγμένη παροχή σχεδιασμού του Φύλλου Σχεδιασμού Οχετού, του Σχήματος 3-17.
2. Το EL_{hi} είναι το υψόμετρο υδραυλικού φορτίου ελέγχου εισόδου.
3. Το υψόμετρο του ρείθρου της διατομής του λάρυγγα (EL_t), είναι το αντίστοιχο υψόμετρο του ρείθρου της εισόδου (EL_i), του Σχήματος 3-17.
4. Το υψόμετρο του πυθμένα του υδατορρέυματος στη διατομή της πρόσσοψης (EL_{sf}), η κλίση του φυσικού καναλιού (S_o) και του κυρίως σώματος του οχετού (S), είναι επίσης αυτά που φαίνονται στο Σχήμα 3-17. στην περίπτωση προσαρμοσμένης εισόδου με προσαρμοσμένη πρόσσοψη, θεωρούμε ότι το υψόμετρο του υδατορρέυματος είναι αυτό που αντιστοιχεί στη διατομή της κορυφής. Το σημείο αυτό τοποθετείται ανάντη της πρόσσοψης.
5. Η *πτώση* είναι η διαφορά μεταξύ του υψομέτρου του πυθμένα του υδατορρέυματος, στο σημείο της πρόσσοψης, και του υψομέτρου του ρείθρου της διατομής του λάρυγγα.
6. Επιλεγούμε έναν λόγο μείωσης του εύρους των πλευρών (*μείωση*) μεταξύ 4:1 έως 6:1 και για την πτώση της κλίσης (S_f) μεταξύ 2:1 έως 3:1. Η *μείωση* αυτή μπορεί να τροποποιηθεί κατά τη διαδικασία των υπολογισμών.
7. Εισάγουμε τα δεδομένα του σχήματος του οχετού, του υλικού από το οποίο αποτελείται, του μεγέθους και της τμηματικής διάταξης του χείλους (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-17).

β) **Υπολογισμός του Πλάτους της Πρόσοψης.**

1. Εισάγουμε την παροχή, το υδραυλικό φορτίο ελέγχου εισόδου (EL_{hi}) και το υψόμετρο του ρείθρου της διατομής του λάρυγγα, στο Σχεδιαστικό Φύλλο. Για προσαρμοσμένες εισόδους με προσαρμοσμένη πρόσσοψη, η διατομή της πρόσσοψης τοποθετείται κατάντη της διατομής της κορυφής. Υπολογίζουμε την κατακόρυφη διαφορά μεταξύ του πυθμένα του φυσικού καναλιού στη διατομή της κορυφής και του υψομέτρου του ρείθρου της διατομής της πρόσσοψης (y). Το y περιλαμβάνει ένα μέρος της συνολικής *πτώσης* της εισόδου.
2. Εκτελούμε τους υπολογισμούς, οι οποίοι μας δίνουν το πλάτος της διατομής πρόσσοψης (B_f) αξιοποιώντας νομογραφήματα.

γ) **Υπολογισμός Διαστάσεων Προσαρμοσμένων Εισόδων.** Στην περίπτωση που η *πτώση* είναι μικρότερη από $D/4$ (ή $D/2$ για είσοδο μεταβαλλόμενη κλίσης με προσαρμοσμένη πρόσσοψη), θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί είσοδος με μείωση του εύρους των πλευρών. Σε διαφορετική περίπτωση συνίσταται η χρήση είτε εισόδου με μείωση του εύρους των πλευρών της και με ταπείνωση ανάντη της διατομής της πρόσσοψης, είτε εισόδου μεταβαλλόμενης κλίσης. (Τζούμας 2000)

1. Στην περίπτωση εισόδου μεταβαλλόμενης κλίσης με κατακόρυφη πρόσοψη, υπολογίζουμε τα μήκη L_2 , L_3 και την *πτώση*. Για είσοδο μεταβαλλόμενης κλίσης με προσαρμοσμένη πρόσοψη, υπολογίζουμε την οριζόντια απόσταση μεταξύ των ρείθρων των διατομών της κορυφής και της πρόσοψης L_4 . Οι διαστάσεις αυτές φαίνονται σε μικρά σχέδια, στο μέσον του επάνω τμήματος του Φύλλου Σχεδιασμού.
2. Υπολογίζουμε το συνολικό μήκος της εισόδου, L_1 .
3. Στην περίπτωση εισόδου με μείωση του εύρους των πλευρών , ελέγχουμε εάν η *πτώση* (μεταξύ πρόσοψης και λάρυγγας) είναι ίση ή μικρότερη από 1ft (0.3 m). Εάν δεν είναι, επιστρέφουμε στο βήμα (β) και αναθεωρούμε το υψόμετρο του ρείθρου της πρόσοψης.

δ) **Υπολογισμός του Ελάχιστου Πλάτους της Κορυφής.** Για είσοδο με στένωση του εύρους των πλευρών και *πτώση* ανάντη της διατομής της πρόσοψης, ή στην περίπτωση εισόδου μεταβαλλόμενης κλίσης πυθμένα με προσαρμοσμένη πρόσοψη, υπολογίζουμε το ελάχιστο πλάτος της κορυφής και το ελέγχουμε βάση του προτεινόμενου πλάτους. Με σκοπό να καθορίσουμε το απαιτούμενο της κορυφής σε είσοδο μειούμενου εύρους πλευρών με κατάπτωση, μπορεί να είναι σκόπιμο να αυξήσουμε τη γωνία περυγότοιχων για τον τύπο της κατάπτωσης που παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-2 ή να αυξήσουμε το μήκος της κορυφής στην περιοχή της λεκάνης, για την περίπτωση που παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-3. Για είσοδο μεταβαλλόμενης κλίσης πυθμένα με προσαρμοσμένη πρόσοψη, μειώνουμε την *πτώση* και αυξάνουμε το πλάτος της κορυφής. Ας σημειωθεί ότι η *πτώση* πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 4:1.

ε) **Προσαρμογή του Σχεδίου στον Τομέα του Αναχώματος.** Χρησιμοποιούμε ένα σχεδιάγραμμα που βασίζεται στις διατάξεις που έχουμε υπολογίσει και ένα σχεδιάγραμμα του τομέα του δρόμου της ίδιας κλίμακας, για να εξασφαλίσουμε ότι ο οχετός μπορεί να προσαρμοστεί στην αντίστοιχη θέση του αναχώματος του δρόμου. Εάν είναι αναγκαίο προσαρμόζουμε τις διαστάσεις της εισόδου, αλλά *δεν τις μειώνουμε* κάτω από το ελάχιστο απαιτούμενο του σχεδιαστικού προτύπου.

στ) **Προετοιμασία των Καμπύλων Απόδοσης.** Χρησιμοποιούμε επιπρόσθετες τιμές παροχών και τα κατάλληλα νομογραφήματα, για αν υπολογίσουμε την καμπύλη απόδοσης της διατομής ελέγχου της πρόσοψης που έχουμε επιλέξει . *Δεν προσαρμόζουμε* σε αυτό το στάδιο του σχεδιασμού τις διαστάσεις της εισόδου. Στη συνέχεια σχεδιάζουμε την καμπύλη απόδοσης του ελέγχου της πρόσοψης στο ίδιο διάγραμμα μαζί με τις καμπύλες απόδοσης ελέγχου λάρυγγα και εξόδου.

ζ) **Εισαγωγή Διαστάσεων Σχεδιασμού.** Στην περίπτωση που ικανοποιείται ο σχεδιασμός, εισάγουμε τις διατάξεις που έχουμε υπολογίσει στο κάτω δεξιά μέρος του Φύλλου Σχεδιασμού. Διαφορετικά υπολογίζουμε κάποιο διαφορετικό σχέδιο για τον οχετό, επιστρέφοντας στο βήμα (3 α).

4. **Περιορισμοί Διαστασιολόγησης.** Κατά το σχεδιασμό προσαρμοσμένων εισόδων με τη χρήση των σχεδιαστικών διαγραμμάτων που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία, θα πρέπει να προσεχθούν οι ακόλουθοι διαστασιολογικοί περιορισμοί.

α) Είσοδοι με Στένωση του Εύρους των Πλευρών.

1. $4:1 \leq \text{μείωση} \leq 6:1$

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν λόγοι μείωσης του εύρους κοντά στην περιοχή του 6:1 και μεγαλύτερες αλλά υποτιμάται η απόδοση του οχετού.

2. Η κλίμακα των γωνιών της αύξησης του εύρους των πλευρών του πτερυγότοιχου ποικίλει, από 15° έως 26° με προσαρμογή της κορυφής του χείλους ή από 26° έως 90° με ή χωρίς προσαρμογή του χείλους (βλέπε Σχήμα 4-11).

3. Εάν η πτώση τοποθετείται ανάντη της πρόσοψης, επεκτείνουμε την κλίση του πυθμένα του κυρίως σώματος του οχετού ανάντη της διατομής της πρόσοψης και σε απόσταση $D/2$, πριν γίνει η κλίση πιο απότομη ανάντη. Η μέγιστη κατακόρυφη κλίση της <<ποδιάς>> είναι 2 (οριζόντια) : 1 (κατακόρυφα).

4. $D \leq E \leq 1.1 D$.

β) Είσοδοι Μεταβαλλόμενης Κλίσης.

1. $4:1 \leq \text{μεταβολή} \leq 6:1$

(Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεταβολές μεγαλύτερες του 6:1 αλλά υποτιμάται η απόδοση του οχετού.)

2. $3:1 \geq S_f \geq 2.1$

Εάν $S_f > 3:1$, χρησιμοποιούμε είσοδο με στένωση του εύρους των πλευρών.

3. Ελάχιστη τιμή για το L_3 : $L_3 = 0.5 B$

4.α) $D/4 \leq \text{πτώση} \leq 1.5 D$

4.β) Για πτώση $< D/4$, χρησιμοποιούμε σχέδιο στένωσης του εύρους των πλευρών.

4.γ) Για πτώση $< D/2$, δεν χρησιμοποιούμε είσοδο μεταβαλλόμενης κλίσης με προσαρμοσμένη πρόσοψη.

4.δ) Για πτώση $> 1.5D$, εκτιμούμε τις απώλειες τριβών μεταξύ της πρόσοψης και του λάρυγγα, χρησιμοποιώντας την Εξίσωση 4-2 και προσθέτουμε και τις επιμέρους απώλειες στο υδραυλικό φορτίο HW_t .

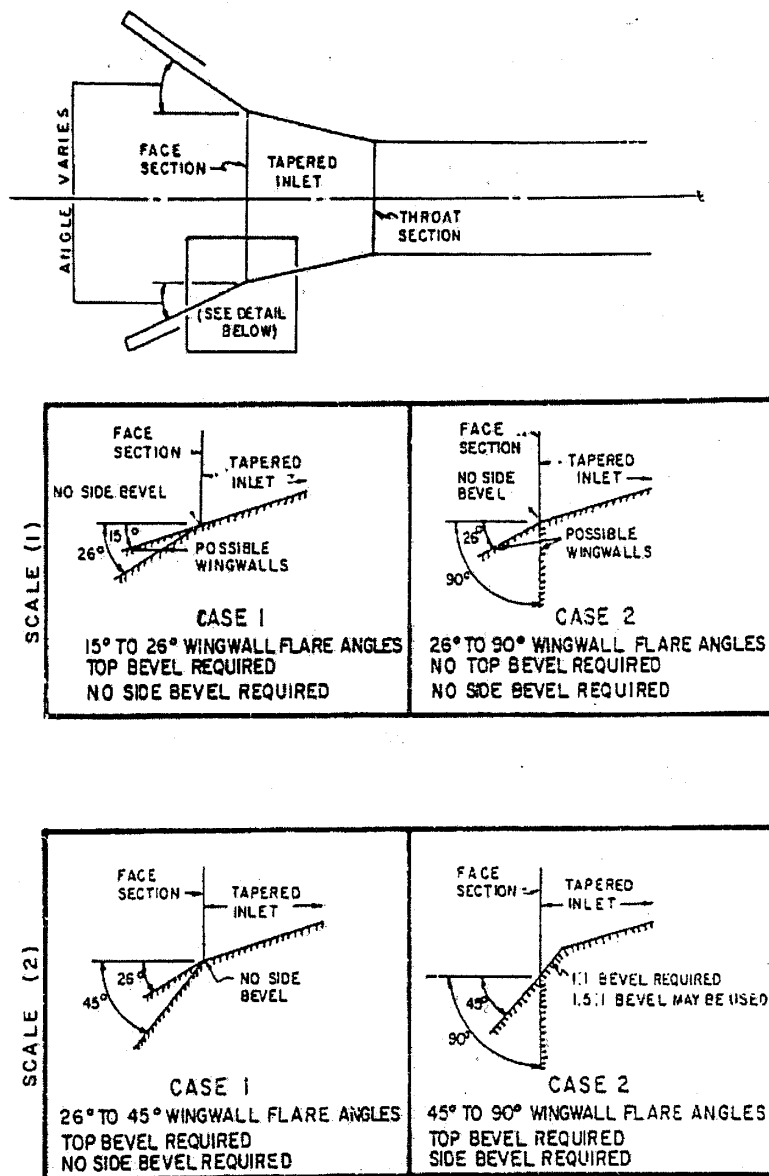
$$H_1 = \left(\frac{29n^2 L_i}{R^{1.33}} \right) \frac{Q^2}{2gA^2} \quad (4-2)$$

Όπου: H_1 είναι το φορτίο απωλειών τριβής της προσαρμοσμένης εισόδου ft ή m
 n είναι η τιμή Manning για το υλικό της εισόδου
 L_i είναι το μήκος της προσαρμοσμένης εισόδου ft ή m

R	είναι η μέση υδραυλική ακτίνα της προσαρμοσμένης εισόδου $= (A_f + A_t) / (P_f + P_t)$	ft ή m
Q	είναι η μεταβιβαζόμενη παροχή	ft ³ /s ή m ³ /s
g	είναι η επιτάχυνση βαρύτητας	ft/s/s ή m/s/s
A	είναι το μέσο εμβαδόν της διατομής της προσαρμοσμένης εισόδου $= (A_f + A_t) / 2$.	ft ² ή m ²

Η Εξίσωση(4-2) πρέπει να προσαρμοσθεί καταλλήλως για χρήση στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I) .

4. Η κλίμακα των γωνιών των πτερυγότοιχων ποικίλει, από 15° έως 26° με προσαρμογή της κορυφής του χείλους ή από 26° έως 90° με ή χωρίς προσαρμογή χείλους (βλέπε Σχήμα 4-11) .



Σχήμα 4-11: Συνθήκες χείλους εισόδου, διατομή πρόσοψης, ορθογωνικές προσαρμοσμένες εισοδοί. (Norman et al, 1985,2001).

4.6 ΟΧΕΤΟΙ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

1. Διαδικασίες Σχεδιασμού. Το παρόν τμήμα συμπληρώνει τις γενικές διαδικασίες σχεδιασμού που περιγράφηκαν προηγουμένως, με πληροφορίες που σχετίζονται ειδικά με τους οχετούς ορθογωνικής διατομής. Οι συνθήκες χείλους απεικονίζονται στο Σχήμα 4-11. Και η διαμόρφωση του χείλους της εισόδου αλλά και η γωνία σταδιακής αύξησης του εύρους των πτερυγότοιχων, ασκούν επιρροή στην απόδοση της διατομής της πρόσοψης, για την περίπτωση των οχετών ορθογωνικής διατομής.

Η πρώτη από τις δυο κλίμακες αναφέρεται στη λιγότερο ευνοϊκή, ενώ η δεύτερη στην περισσότερο ευνοϊκή συνθήκη διάταξης χείλους.

Ας σημειωθεί ότι ανεπιθύμητα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά, όπως γωνίες αύξησης του εύρους των πτερυγότοιχων μικρότερες των 15° ή μεγαλύτερες των 26° , χωρίς προσαρμογή της κορυφής του χείλους δεν καλύπτονται από τα σχεδιαστικά διαγράμματα. Παρόλα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεγάλες προσαρμογές των 33.7° , ενώ προτιμώνται οι μικρότερες των 45° λόγω άλλων κατασκευαστικών αιτιών.

2. Σχεδιασμός Πολλαπλών Οχετών. Όταν σχεδιάζονται είσοδοι με μείωση του εύρους των πλευρών ή με προσαρμογή των κλίσεων, για οχετούς ορθογωνικής διατομής με διπλά κυρίως σώματα, το απαιτούμενο πλάτος της πρόσοψης που απορρέει από τη διαδικασία σχεδιασμού, είναι το ολικό καθαρό πλάτος της πρόσοψης

Δυστυχώς δεν έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα σχεδιαστικές μέθοδοι για προσαρμοσμένες εισόδους, σε οχετούς ορθογωνικής διατομής με περισσότερα από δυο κυρίως σώματα. (Τζούμας 2000)

4.7 ΟΧΕΤΟΙ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

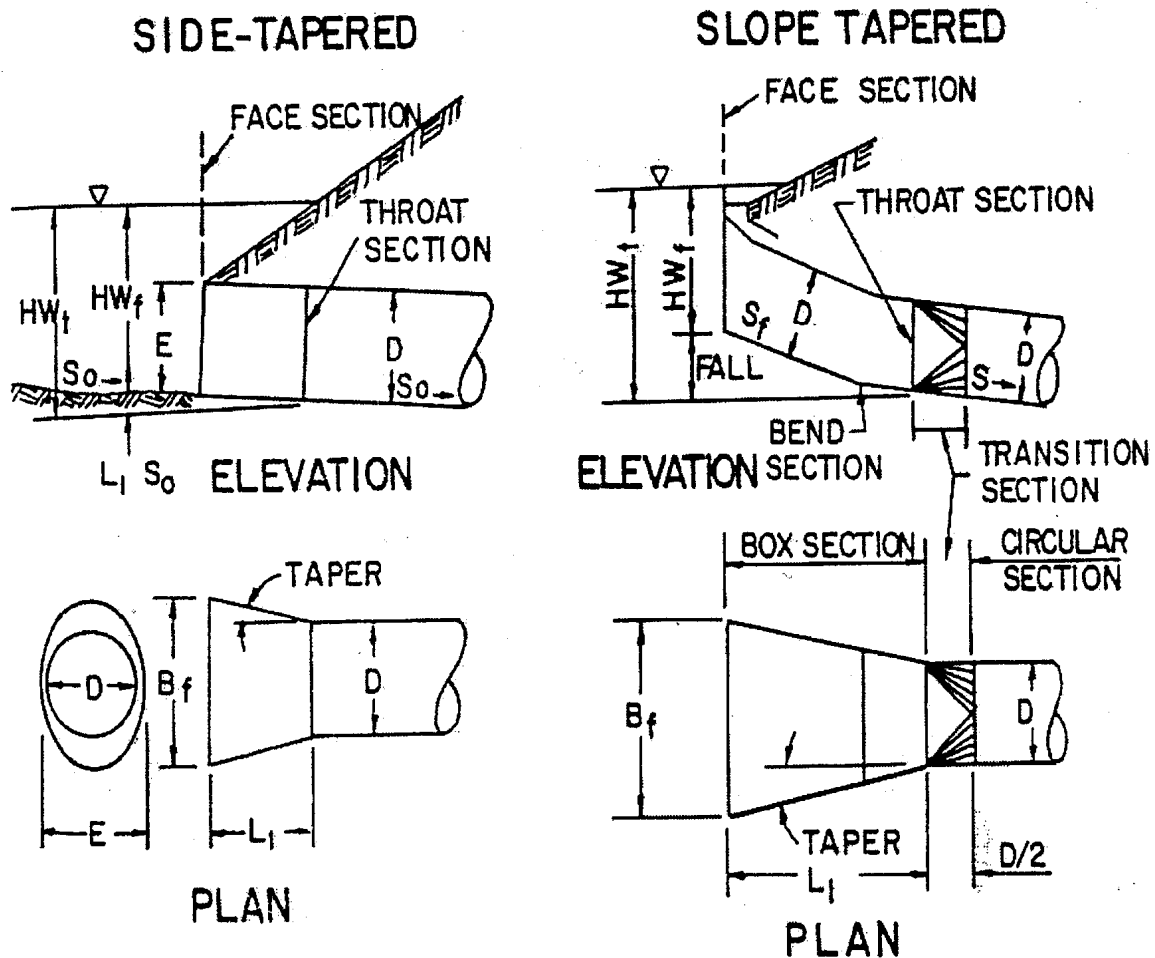
1. Διαδικασίες Σχεδιασμού. Είναι διαθέσιμα στον εκάστοτε μηχανικό μέθοδοι και κριτήρια σχεδιασμού για προσαρμοσμένες εισόδους (πλευρών ή κλίσης) σε οχετούς κυκλικής διατομής. Τα σχέδια των εισόδων παρουσιάζονται στο Σχήμα 4-12. Για την περίπτωση εισόδου με στένωση του εύρους των πλευρών της, χρησιμοποιούνται είτε προκατασκευασμένες εισοδοί με μη ορθογωνική διατομή, είτε ορθογωνικές εισοδοί που κατασκευάζονται επιτόπου. Οι τελευταίες συνδέονται με τον κυκλικό αγωγό χρησιμοποιώντας ένα μεταβατικό τμήμα τετραγωνικής διατομής που καταλήγει σε κυκλική διατομή, κατόπιν της διατομής του λάρυγγα (βλέπε Σχήμα 4-12).

Για τις εισόδους με στένωση του εύρους των πλευρών τους, οι διατομές ορθογωνικού σχήματος (κατακόρυφη ή προσαρμοσμένη πρόσοψη) αποτελούν τη μόνη επιλογή για την οποία υπάρχουν σχεδιαστικά διαγράμματα. Το μεταβατικό τμήμα (ορθογωνικής – κυκλικής διατομής) χρησιμοποιείται για να συνδέσουμε την είσοδο με το κυρίως σώμα του οχετού (το οποίο έχει κυκλική διατομή).

α) **Είσοδοι Μειούμενου Εύρους Πλευρών.** Για την περίπτωση ελέγχου από τη διατομή του λάρυγγα, υπάρχουν δυο κλίμακες στο νομογράφημα: μια για λείες εισόδους και μια για πιο τραχιές. Η διαφορά στην απαίτηση υδραυλικού φορτίου οφείλεται στην υδραυλική αντίσταση μεταξύ των διατομών της πρόσοψης και του λάρυγγα.

Το σχεδιαστικό νομογράφημα για τη διαστασιολόγηση μη ορθογωνικής πρόσοψης εισόδου μειούμενου εύρους πλευρών, περιλαμβάνει τρεις κλίμακες. Κάθε μια από αυτές αναφέρεται σε διαφορετική συνθήκη χείλους και περιλαμβάνει τις περιπτώσεις των προεξέχοντος λεπτού χείλους, τετραγωνικού χείλους και κωνικά προσαρμοσμένου χείλους. Το εμβαδόν της διατομής της πρόσοψης είναι μεγαλύτερο από αυτό του κυρίως σώματος του οχετού και μπορεί να πάρει οποιαδήποτε μη ορθογωνική μορφή, περιλαμβάνοντας την ελλειπτική, κυκλική, κυκλικού τομέα ή την τοξοειδή.

Κατασκευάζοντας πτώση ανάντη της διατομής της πρόσοψης, μπορεί να μεταβιβαστεί μεγαλύτερο φορτίο από τη διατομή ελέγχου του λάρυγγα. Ο σχεδιασμός της πτώσης είναι παρόμοιος με αυτόν για οχετούς ορθογωνικής διατομής.



Σχήμα 4-12: Προσαρμοσμένες εισόδους για οχετούς κυκλικής διατομής. (Norman et al, 1985,2001).

β)Είσοδοι Μεταβαλλόμενης Κλίσης. Οι είσοδοι ορθογωνικής διατομής προσαρμόζονται στους οχετούς κυκλικής διατομής όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-13. Η είσοδος μεταβλητής κλίσης συνδέεται στον οχετό χρησιμοποιώντας ένα μεταβατικό τμήμα τετραγωνικής διατομής το οποίο καταλήγει σε κυκλική διατομή. Ο σχεδιασμός του τύπου της εισόδου αυτής είναι ο ίδιος όπως και των οχετών ορθογωνικής διατομής. Υπάρχουν δυο διατομές λάρυγγα, μια τετραγωνικής διατομής και μια κυκλικής διατομής (βλέπε Σχήμα 4-13). Αυτή όμως που θα ελέγχει τη ροή, είναι αυτή με την κυκλική διατομή, διότι το εμβαδόν της είναι πολύ μικρότερο από αυτό της τετραγωνικής διατομής.

2.Σχεδιασμός Πολλαπλών Οχετών. Κάθε ένα από τα κυρίως μέρη του οχετού θα πρέπει να έχει μια ξεχωριστή είσοδο μειωμένου εύρους πλευρών, με μη ορθογωνική διατομή πρόσοψης. Για τις ορθογωνικές εισόδους μειωμένου εύρους πλευρών με τετραγωνικό – κυκλικό μεταβατικό τμήμα, ο σχεδιασμός διπλού σώματος οχετού είναι παρόμοιος με αυτόν των οχετών ορθογωνικής διατομής. Παρόλα αυτά, ο κεντρικός τοίχος στο μεταβατικό τμήμα θα πρέπει να κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο (άνοιγμα) ώστε να υπάρχει επαρκής χώρος μεταξύ των αγωγών, για σωστό επαναγέμισμα και συμπίεση του νερού. Το μέγεθος του απαιτούμενου ανοίγματος εξαρτάται από το μέγεθος των αγωγών και την τεχνική κατασκευής που θα χρησιμοποιηθεί.

Η διατομή του λάρυγγα μιας ορθογωνικής εισόδου με στένωση του εύρους των πλευρών της, δεν θα πρέπει να τροφοδοτεί περισσότερα από δυο σώματα οχετών κυκλικής διατομής.

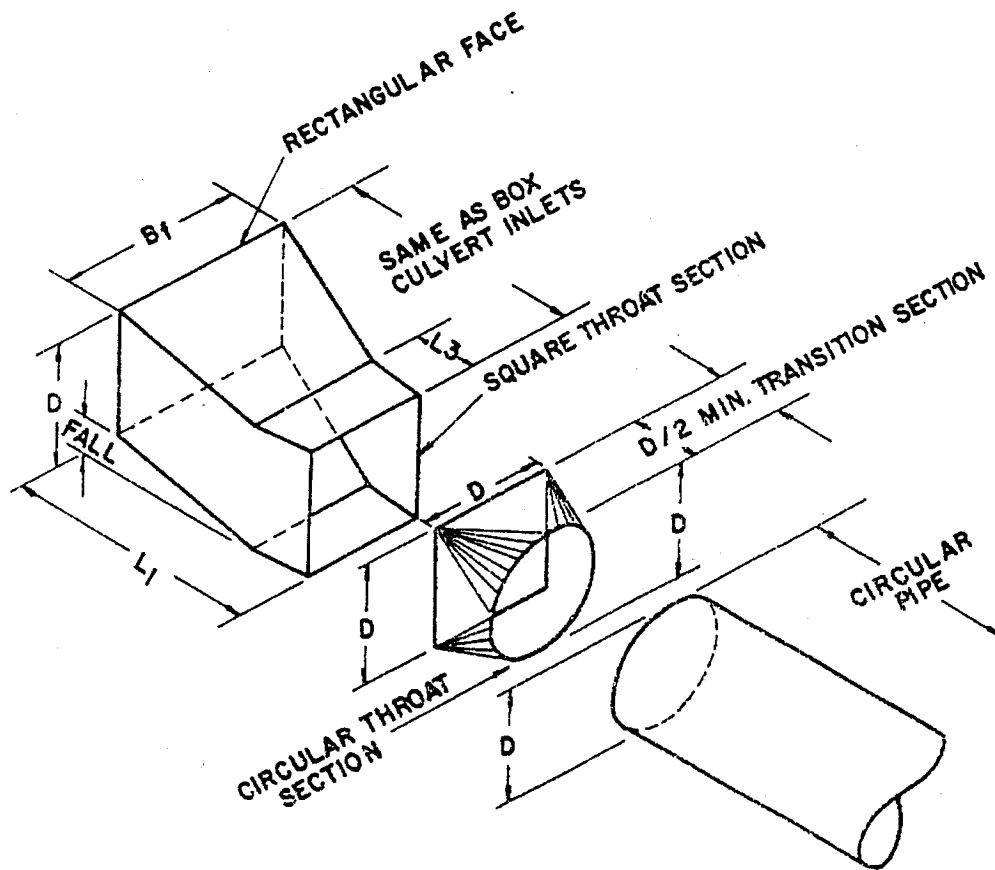
Οι είσοδοι μεταβλητής κλίσης με διπλά σώματα οχετών, μπορούν να σχεδιαστούν με παρόμοιο τρόπο όπως και οι ορθογωνικές είσοδοι μειούμενου εύρους πλευρών. Δεν θα πρέπει και στην περίπτωση αυτή να τροφοδοτούνται περισσότερα από δυο σώματα οχετών από μια μοναδική εγκατάσταση εισόδου.

3.Περιορισμοί Διαστασιολόγησης. Συμπληρωματικά στους περιορισμούς που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο για όλες τις προσαρμοσμένες εισόδους, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα κριτήρια, για την εφαρμογή των προσαρμοσμένων εισόδων ορθογωνικής διατομής σε αγωγούς κυκλικής διατομής.

α)Το μήκος του μεταβατικού τμήματος (από χείλος τετραγωνικής διατομής έως αυτό με κυκλική διατομή) θα πρέπει να είναι $\geq D/2$. Εάν χρησιμοποιηθούν υπερβολικά μεγάλα μήκη, οι απώλειες λόγω τριβών μέσα στο τμήμα αυτό, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στη Εξίσωση 4-2.

β)Το μήκος της πλευράς της διατομής του λάρυγγα τετραγωνικής διατομής θα πρέπει να ισούται με τη διάμετρο του οχετού κυκλικής διατομής. (Τζούμας 2000)

Μια τυπική διάταξη μεταβλητής εισόδου σε οχετό φαίνεται στο σχήμα.



Σχήμα 4-13: Είσοδος μεταβλητής κλίσης σε οχετό κυκλικής διατομής. (Norman et al, 1985,2001).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ CULVERT MASTER ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΟΧΕΤΩΝ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

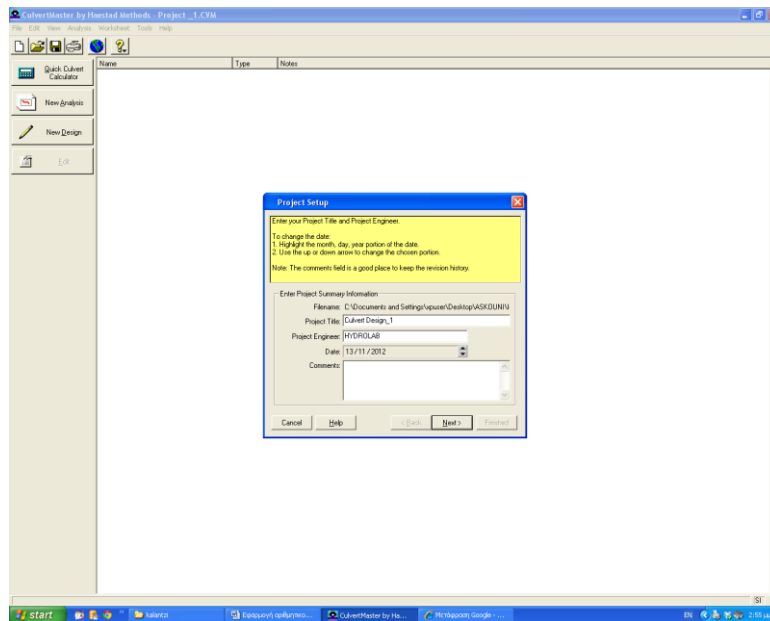
Στην ενότητα αυτή εφαρμόζεται ο κώδικας *Culvert Master* της εταιρίας Haestad (2002) για την υδραυλική ανάλυση ενός τυπικού προβλήματος οχετού. Σκοπό αποτελεί η εκτίμηση της ογκομετρικής παροχής που μπορεί να παροχετευτεί από οχετό ή σύνολο οχετών δεδομένης διατομής και υδραυλικών χαρακτηριστικών, όπως τραχύτητας και κλίσης πυθμένα. Επιπλέον υπολογίζεται η ταχύτητα ροής στον οχετό καθώς και το μέσο βάθος ροής.

5.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ

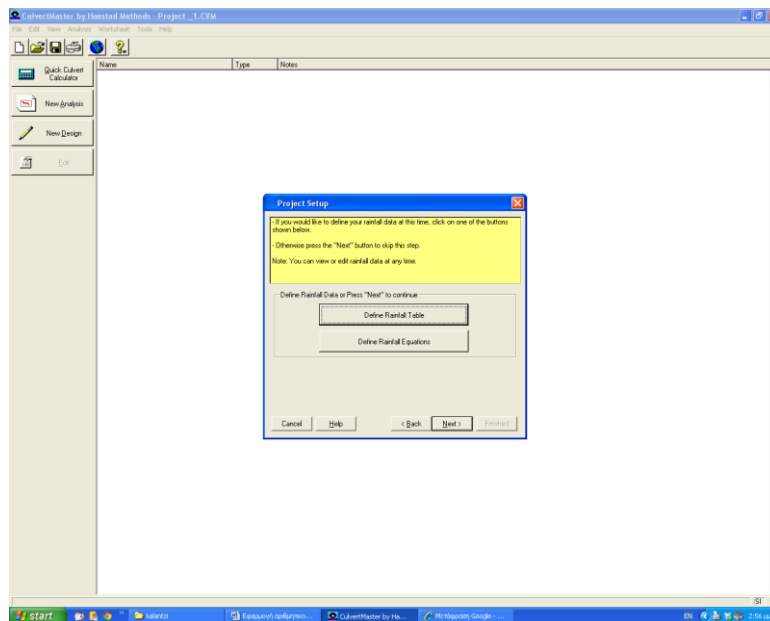
Ο κώδικας ανάλυσης της ροής *Culvert Master* (Haestad, 2002) αποτελεί ένα σύγχρονο υπολογιστικό εργαλείο για την μονοδιάστατη ανάλυση της ροής σε συστήματα ενός ή περισσότερων οχετών. Στην παρούσα ενότητα γίνεται μια απλή εφαρμογή και παρουσιάζεται η βασική λειτουργία του προγράμματος ακολουθώντας τα βήματα που προτείνονται από την ακαδημαϊκή έκδοση του κώδικα "*Computer Applications in Hydraulic Engineering*" (*Fifth Edition* – www.Haestad.com).

Βήμα 1^ο: Ο κώδικας ξεκινά με την εντολή **Welcome to Culvert Master**, διάλογος στον οποίο μπορεί κανείς να επιλέξει ένα ήδη λυμένο παράδειγμα ή να δημιουργήσει ένα καινούργιο προσομοίωμα οχετού προς επίλυση.

Βήμα 2^ο: Στην επιλογή **Project Setup Wizard** δίνουμε ένα όνομα στο έργο μας (**Σχ.5-1**) και συνεχίζουμε στον καθορισμό επιπλέον στοιχείων που απαιτούνται για την επίλυση. Ο κώδικας δίνει τη δυνατότητα να καθορίσουμε εξίσωση βροχόπτωσης για την περιοχή που μας ενδιαφέρει ή να επιλέξουμε να δουλέψουμε με δεδομένα βροχόπτωσης (**Σχ. 5-2**). Ωστόσο, στην παρούσα εφαρμογή επιλέγουμε την απλούστερη περίπτωση όπου γνωρίζουμε (ή έχουμε εκτιμήσει) την τελική παροχή σχεδιασμού Q που θέλουμε να μεταφέρουμε με το σύστημα οχετού (ενός ή περισσότερων που μπορούν να αξιοποιηθούν).

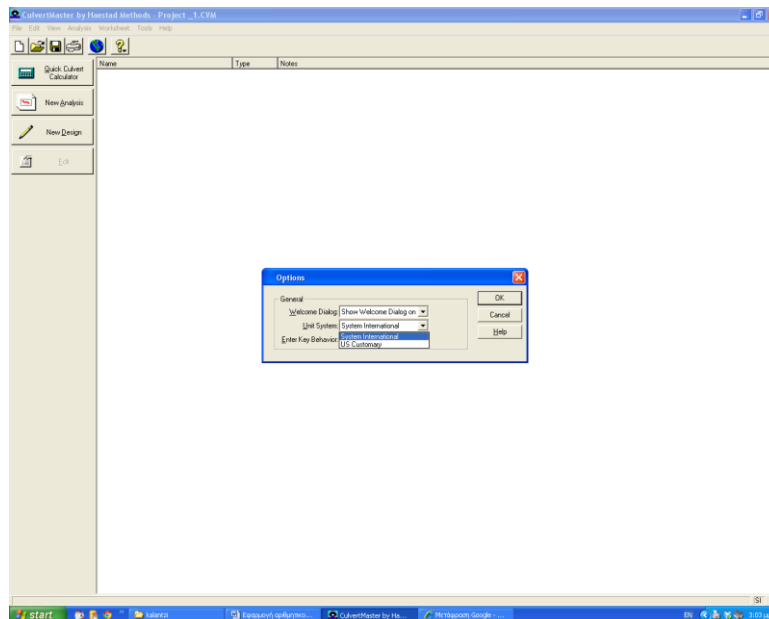


Σχήμα 5-1: Καρτέλα του προγράμματος όπου καθορίζουμε το όνομα του έργου μας (project), καινούργιο προσομοίωμα.



Σχήμα 5-2: Καρτέλα του προγράμματος όπου καθορίζουμε είτε την εξίσωση της έντασης βροχόπτωσης ή δεδομένα βροχόπτωσης για την περίοδο προσομοίωσης.

Βήμα 3^ο. Στη συνέχεια επιλέγουμε το σύστημα των μονάδων στο οποίο επιθυμούμε να επιλύσουμε το πρόβλημα. Στην εφαρμογή αυτή εφαρμόζουμε το Διεθνές Σύστημα (*System International*) το οποίο και επιλέγουμε στον κώδικα (**Σχ.5-3**).



Σχήμα 5-3: Καρτέλα του προγράμματος όπου καθορίζουμε το σύστημα μονάδων που θα χρησιμοποιήσουμε κατά την επίλυση του προβλήματος.

Βήμα 4^ο. Ενεργοποιούμε την επιλογή *Quick Culvert Calculator* και εισάγουμε δεδομένα για τα παρακάτω χαρακτηριστικά της υδραυλικής των οχετών (**Σχ.5-4**):

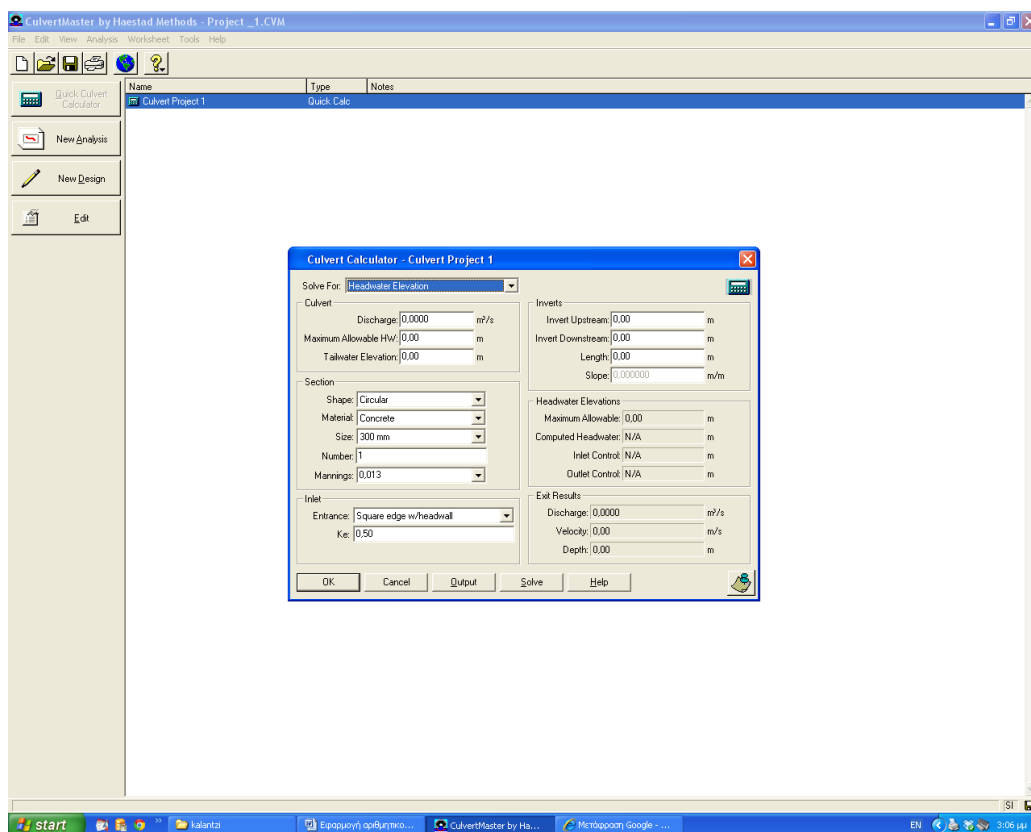
- 4.1 Μέγιστο επιτρεπόμενο υδραυλικό φορτίο (maximum allowable headwater).
- 4.2 Μέγιστο επιτρεπόμενο υδραυλικό φορτίο εξόδου οχετού (tailwater elevation).
- 4.3 Υψόμετρο στα ανάντη και στα κατόντη του πυθμένα του οχετού, εκεί δηλαδή όπου εδράζεται ο αγωγός στο έδαφος (upstream and downstream invert elevations).
- 4.4 Καθορισμός μήκους οχετού, σχήματος και υλικού κατασκευής, συντελεστή τραχύτητας κατά Manning n και συντελεστή απωλειών εισόδου οχετού (length, culvert shape and material, Manning's n and the culvert entrance coefficient).
- 4.5 Υδραυλικός υπολογισμός με την επιλογή **Solve**. Εδώ, επιλύονται οι εξισώσεις ροής και λαμβάνουμε αποτελέσματα σχεδιασμού όπως της μέγιστης παροχής που μπορεί να παροχετευτεί από τον οχετό ή την ομάδα οχετών που έχουμε χρησιμοποιήσει, την ταχύτητα ροής μέσα στον οχετό, καθώς και το μέγιστο βάθος εξόδου. Με βάση τις τιμές αυτές μπορούμε να δούμε αν καταρχάς μπορεί να μεταφερθεί η παροχή που θέλουμε (ή έχουμε εκτιμήσει), καθώς και να ελέγξουμε τη μέγιστη ταχύτητα ροής έτσι ώστε να μην προκαλούνται προβλήματα κατά τη λειτουργία του αγωγού.

Επιπλέον, στο στάδιο αυτό, μπορούμε να κάνουμε διάφορους συνδυασμούς για δεδομένη παροχή:

Μεθοδολογία Ανάλυσης

(1) Να μεταβάλουμε τις διαστάσεις του οχετού, κυρίως να αυξήσουμε τη διατομή του, αλλά τόσο ώστε να μην προκαλείται πρόβλημα για παράδειγμα στο σχεδιασμό της οδού, κάτω από την οποία πρόκειται να κατασκευαστεί ο οχετός. Εδώ, δηλαδή έχουμε τεχνικούς περιορισμούς στο μέγιστο ύψος του οχετού που περιορίζεται από την οδό.

(2) Να χρησιμοποιήσουμε περισσότερους από έναν οχετούς, ομάδα (ή σύστημα) οχετών, έτσι ώστε η συνολική παροχή που διέρχεται από αυτούς να καλύπτει τις ανάγκες σχεδιασμού για δεδομένη τιμή παροχής που έχουμε εκτιμήσει.

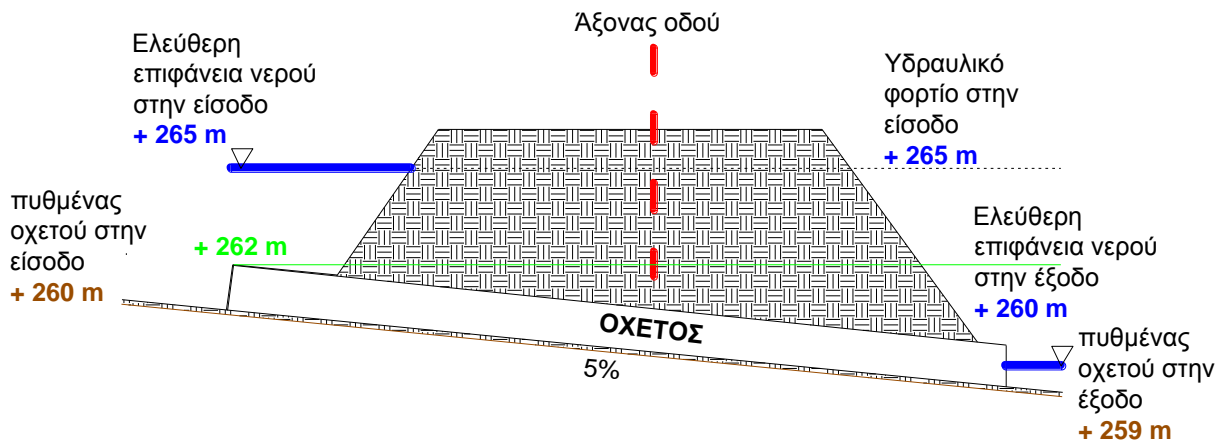


Σχήμα 5-4: Καρτέλα του προγράμματος όπου εισάγουμε δεδομένα για την επίλυση του προβλήματος.

5.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΟΧΕΤΟΥ

5.3.1 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Θεωρούμε την περίπτωση υδραυλικού σχεδιασμού συστήματος οχετών μέσω των οποίων θέλουμε να μεταφέρουμε δεδομένη παροχή ίση με $50 \text{ m}^3/\text{s}$. Η παροχή θα μεταφερθεί με σύστημα οχετών που το μήκος τους θα είναι 20 m , έτσι ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες οδού αντίστοιχου πλάτους. Η κλίση των οχετών παραμένει σταθερή και ίση με 5% με υψόμετρο πυθμένα ανάντη 260 m και κατόντη 259 m . Το μέγιστο επιτρεπόμενο υδραυλικό φορτίο στα ανάντη (headwater elevation) ορίζεται σε 265 m (περίπτωση βυθισμένης εισόδου), ενώ το υψόμετρο του νερού στην έξοδο καθορίζεται στα 260 m (αβύθιστη έξοδος) (Σχ. 5.5). Ζητείται ο υδραυλικός σχεδιασμός, επιβάλλοντας την χρήση οχετών τετραγωνικής διατομής από σπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή τραχύτητας κατά Manning $n = 0,013$ και συντελεστή απωλειών εισόδου, $k_e = 0,5$. Στο σχεδιασμό επιβάλλεται να χρησιμοποιηθούν οχετοί με μέγιστο ύψος $1,80 \text{ m}$.



Σχήμα 5.5: Διατομή οχετού όπου έχουν τοποθετηθεί χαρακτηριστικά υψόμετρα για την υδραυλική λειτουργία του.

5.3.2 ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Αρχικά επιλύεται το πρόβλημα με βάση τα δεδομένα και στη συνέχεια πραγματοποιείται διερεύνηση ως προς τα χαρακτηριστικά της ροής.

Με βάση τα δεδομένα του προβλήματος και αφού καθορίσουμε τα υψόμετρα ανάντη – κατόντη του πυθμένα των οχετών επιλέγουμε με σειρά 1, 2, 3, 4 οχετούς με δεδομένο ύψος διατομής τα 1800 mm . Με βάση την μέθοδο των δοκιμών βλέπουμε ότι απαιτούνται τελικά 4 οχετοί διαστάσεων ο καθένας 1800 mm (κυκλικής διατομής), με αποτέλεσμα να μπορούν να μεταφέρουν μέχρι $56,8334 \text{ m}^3/\text{s}$. Μικρότερος αριθμός οχετών, για παράδειγμα 3, δίδουν αρκετά μικρότερη τιμή μέγιστης μεταφερόμενης παροχής $50 \text{ m}^3/\text{s}$, επομένως απορρίπτονται και επιλέγεται ο συνδυασμός των 4 οχετών.

Με βάση τα αποτελέσματα της προσομοίωσης προκύπτει τιμή για την ταχύτητα της ροής εντός του οχετού ίση με 7,25 m/s, αποδεκτή και βάθος ροής στην έξοδο 1,28 m, που δείχνει ότι η έξοδος του οχετού παραμένει αβύθιστη (καθότι 1280 mm < 1800 mm που είναι η διάσταση του οχετού που έχει επιλεγεί).

The screenshot shows the 'Culvert Calculator - Culvert Project_1' window. It is divided into several sections for data entry and results display.

Section	Parameter	Value	Unit
Culvert	Discharge	56,8334	m ³ /s
	Maximum Allowable Hw	265,00	m
	Tailwater Elevation	260,00	m
Inverts	Invert Upstream	260,00	m
	Invert Downstream	259,00	m
	Length	20,00	m
	Slope	0,050000	m/m
	Headwater Elevations	Maximum Allowable	265,00
Section	Shape	Circular	
	Material	Concrete	
	Size	1800 mm	
Inlet	Entrance	Square edge w/headwall	
	Ke	0,50	
Exit Results	Discharge	56,8334	m ³ /s
	Velocity	7,25	m/s
	Depth	1,28	m

Σχήμα 5-6: Καρτέλα του προγράμματος όπου έχουν εισαχθεί τα δεδομένα του προβλήματος.

5.3.3 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΡΟΗΣ ΑΝΑΝΤΗ-ΚΑΤΑΝΤΗ

Στην ενότητα αυτή διερευνάται η επίδραση που έχει στην υδραυλική λειτουργία του οχετού η μεταβολή του βάθους ροής στα κατάντη (*tailwater elevation*). Εξετάζονται οι περιπτώσεις όπου η έξοδος παραμένει αβύθιστη, καθώς και η λειτουργία του οχετού σε συνθήκες βυθισμένης εξόδου.

(α) ΑΒΥΘΙΣΤΗ ΞΕΟΔΟΣ

Για όλες τις περιπτώσεις αβύθιστης εξόδου, δηλαδή για στάθμη ύδατος στα κατάντη από +259 m έως και +261 m, που είναι το ανώτατο ύψος στάθμης νερού στην έξοδο, όπου δεν θεωρείται βυθισμένη η έξοδος του οχετού, οι τιμές των μεγεθών Q (παροχή), U (ταχύτητα ροής) και $h_{\text{εξόδου}}$ δεν μεταβάλλονται.

(β) ΒΥΘΙΣΜΕΝΗ ΞΕΟΔΟΣ ΜΕ ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΑΤΟΣ < +262 m – ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Διακρίνουμε την περίπτωση όπου η στάθμη ύδατος στην έξοδο δεν ξεπερνά τη θέση +262 m, που είναι το υψόμετρο του ανωφλιού του οχετού στην είσοδο (βλ. Σχ. 5). Σε όλες τις περιπτώσεις για στάθμη ύδατος στην έξοδο < +262 m οι τιμές των μεγεθών Q (παροχή), U (ταχύτητα ροής) και $h_{\text{εξόδου}}$ δεν μεταβάλλονται και

παραμένουν ίδιες με την περίπτωση (α). Πρόκειται ουσιαστικά για μια μεταβατική κατάσταση όπου ο αγωγός με βάση το υδραυλικό φορτίο εισόδου (+ 265 m) δεν λειτουργεί πλήρως υπό πίεση, αλλά αποτελεί έναν ειδικό τύπο ροής ελεύθερης επιφάνειας που ονομάζεται «σχεδόν πλήρης ροή». Η διαδικασία ανάλυσης είναι η ίδια, όπως και στη ροή με ελεύθερη επιφάνεια(σελ. 21).

(γ) ΒΥΘΙΣΜΕΝΗ ΕΞΟΔΟΣ ΜΕ ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΑΤΟΣ > +262 m

Στην περίπτωση αυτή και για όσο η στάθμη ύδατος στην έξοδο παραμένει μεγαλύτερη του +262 m και μικρότερη των +265 m (που είναι η ανώτατη στάθμη υδραυλικού φορτίου στην είσοδο του οχετού – *Maximum allowable Headwater*), τα μεγέθη Q (παροχή), U (ταχύτητα ροής) και $h_{\text{εξόδου}}$ μειώνονται μέχρι που λαμβάνουν την τιμή 0 για στάθμη ύδατος στην έξοδο +265 m.

Δηλαδή, όπως αναμένεται, παύει η ροή εντός του οχετού όταν εξισωθούν τα δύο υδραυλικά φορτία εισόδου – εξόδου του οχετού ($HW = TW$).

Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα δίνονται στον παρακάτω πίνακα, όπως έχουν προκύψει από την υδραυλική ανάλυση του οχετού (Πίν. 5.1)

α/α	Υδραυλικό Φορτίο Εισόδου (Headwater Elevation) – HW (m)	Στάθμη Ανωφλιού Οχετού στην Είσοδο (m)	Στάθμη Πυθμένα Οχετού στην Είσοδο (Upstream Invert Elevation) (m)	Ελεύθερη Επιφάνεια Νερού στην Έξοδο (Tail water Elevation) – TW (m)	Στάθμη Πυθμένα Οχετού στην Έξοδο (Downstream Invert Elevation) (m)	Q (παροχή) (m^3/s)	U (ταχύτητα ροής) (m/s)	$h_{\text{εξόδου}}$ (m)
1	265	262	260	259	259	56,8334	7,25	1,28
2	265	262	260	260	259	56,8334	7,25	1,28
3	265	262	260	261	259	56,8334	7,25	1,28
4	265	262	260	261,5	259	56,8334	7,25	1,28
5	265	262	260	262	259	56,8334	7,25	1,28
6	265	262	260	263	259	50,6475	4,82	4
7	265	262	260	264	259	35,8132	3,41	5
8	265	262	260	264,5	259	25,3238	2,41	5,5
9	265	262	260	264,80	259	16,0162	1,52	5,80
10	265	262	260	264,95	259	8,0081	0,76	5,95
11	265	262	260	264,99	259	3,5813	0,34	5,99
10	265	262	260	265	259	0	0	0

Πίνακας 5-1: Αποτελέσματα υδραυλικής ανάλυσης οχετού.

Με βάση τις ταχύτητες που προκύπτουν για μέγιστη τιμή $6 < 7,25 \text{ m/sec} < 8$, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί σκυρόδεμα C20/25. Αξίζει να αναφερθεί ότι η μέγιστη ταχύτητα σχεδιασμού οχετών είναι 11 m/sec, επομένως, με βάση την παρούσα ανάλυση του οχετού, μπορεί να λειτουργεί υπό συνθήκες ασφαλείας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΡΕΑΛΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται, περιγράφονται και αναλύονται τυπικές διατομές ορθογωνικών (απλών και διδύμων)αγωγών(οχετών) που έχουν εφαρμοσθεί σε πραγματικό έργο. Δίδονται τόσο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους, όσο και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά λειτουργίας τους. Σκοπό αποτελεί η κατανόηση, στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας, της εφαρμογής των οχετών ως έργα αντιπλημμυρικής προστασίας στην πράξη. Η περιγραφή που ακολουθεί των γεωμετρικών και υδραυλικών χαρακτηριστικών των οχετών-αγωγών και η παρουσίαση των σχεδίων των τυπικών διατομών αγωγών(Παράρτημα), βασίζεται στη μελέτη με τίτλο «Μελέτη αντιπλημμυρικής προστασίας Δήμου Βέλου», στοιχεία από την οποία αξιοποιούνται στην πτυχιακή εργασία αποκλειστικά για εκπαιδευτικό σκοπό.

6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ

6.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΥΠΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΟΥ ΟΧΕΤΟΥ

Η συγκεκριμένη τυπική διατομή χρησιμοποιήθηκε στο τεχνικό έργο : «ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΔΗΜΟΥ ΒΕΛΟΥ». Η κατασκευή αυτής της τυπικής διατομής εφαρμόστηκε για την ασφαλή παροχέτευση της αιχμής της πλημμύρας. Ο προτεινόμενος κλειστός ορθογωνικός αγωγός έχει πλάτος πυθμένα που κυμαίνεται από $b=3,00\mu$ έως $b=6,00\mu$ και μεταβαλλόμενο ύψος από $h=1,00\mu$ έως $h=2,00\mu$ και κατά μήκος κλίση που κυμαίνεται μεταξύ 0,854% και 1,315%. Η παροχή σχεδιασμού είναι $Q=11,57\text{m}^3/\text{sec}$ και οι ταχύτητες ροής κυμαίνονται από 3,21m/sec έως 4,46m/sec.

6.2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΥΠΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΔΙΔΥΜΟΥ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΟΥ ΟΧΕΤΟΥ

Η συγκεκριμένη τυπική διατομή χρησιμοποιήθηκε στο τεχνικό έργο : «ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΔΗΜΟΥ ΒΕΛΟΥ». Η κατασκευή αυτής της τυπικής διατομής εφαρμόστηκε, επειδή αφενός η υπάρχουσα κοίτη του ρέματος δεν επαρκεί για την ασφαλή παροχέτευση των πλημμυρικών παροχών και αφετέρου δεν υπάρχει διαθέσιμος χώρος για την διαμόρφωση υδραυλικά ασφαλούς κοίτης με ανοιχτή διατομή ικανού πλάτους πυθμένα και βάθους. Η κατά μήκος κλίση του τμήματος αυτού είναι 1,461%, η παροχή σχεδιασμού ανέρχεται σε $Q=23,13\text{m}^3/\text{sec}$ και οι ταχύτητες ροής κυμαίνονται από 4,37m/sec έως 4,48m/sec.

Στο παράρτημα που ακολουθεί δίνονται οι τυπικές διατομές για την περίπτωση ορθογωνικού οχετού και δίδυμου ορθογωνικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση σε θέματα που αφορούν τον σχεδιασμό και την κατασκευή οχετών.
2. Εντοπίστηκαν οι βασικές κατηγορίες οχετών που εφαρμόζονται για την αντιπλημμυρική προστασία.
3. Κατανοήθηκε η υδραυλική λειτουργία των οχετών με βάση τις συνθήκες ροής στην είσοδο και στην έξοδο, που μπορεί να οδηγούν κάθε φορά σε συνθήκες ροής είτε με ελεύθερη επιφάνεια, είτε υπό πίεση εντός του οχετού.
4. Επιλύθηκε ένα τυπικό πρόβλημα οχετών και διερευνήθηκαν οι συνθήκες λειτουργίας με βάση τα υδραυλικά φορτία εισόδου-εξόδου. Εντοπίστηκε μεταβατική κατάσταση της ροής κατά την οποία ο οχετός λειτουργεί με συνθήκες «σχεδόν πλήρους» ροής.
5. Κατανοήθηκε η πραγματική εφαρμογή συστημάτων οχετών στην πράξη μέσω της κατανόησης και παρουσίασης τυπικών διατομών για ορθογωνικό και δίδυμο ορθογωνικό οχετό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

- i. Αναγνωστόπουλος, Δ. & ΣΙΑ Ε.Ε., Πετράκης, Κ. (2005). «Μελέτη Αντιπλημμυρικής Προστασίας Δήμου Βέλου», Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, Τεχνική Υπηρεσία Δήμων και Κοινοτήτων(ΤΥΔΚ).
- ii. Μουρατίδης, Α. (2007). «ΟΔΟΠΟΙΙΑ-Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ», Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών, Θεσσαλονίκη 2007.
- iii. Πρίνος, Π. (2009). «ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΝΟΙΚΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ», Εκδόσεις Ζήτη, Μάρτιος 2009.
- iv. Τζούμας, Β.Κ. (2000). «Υδραυλική Ανάλυση και Σχεδιασμός Οχετών», Διατριβή Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.

Ξενόγλωσση

- v. Bradley, J.N., (1973), "Hydraulics of Bridge Waterways", HDS No 1, Second Edition, Hydraulics Branch, Bridge Division, office of Engineering, FHWA, Washington, D.C., 20590.
- vi. Haestad methods (2002). "Computer Applications in Hydraulic Engineering" – Connecting Theory to Practice, *Fifth Edition*, Culvert Master, www.haestad.com, p.1-375.
- vii. Norman, J.M., Houghtalen, R.J. and Johnston, W.J. (1985). "Hydraulic Design of Highway Culverts", FHWA-IP-85-15, HDS No 5, Norfolk-VIRGINIA, 1985.
- viii. Norman, J.M., Houghtalen, R.J. and Johnston, W.J. (2001). "Hydraulic Design of Highway Culverts", Second Edition, Hydraulic Design Series Number 5, Publication No. FHWA-NHI-01-020-September 2001, Springfield, Virginia 22151.
- ix. Shearman, J.O., Kirby, V.R., Schneider, V.R. and Flippo, H.N., "Bridge Waterways Analysis Model", FHWA-RD-86-108, office of Research, Washington, D.C., 20590.

Διαδίκτυο

- x. http://www.larissanet.gr/el/june2012/thessaly_region/27744/Επίβλεψη-Αγοραστού-σε-έργα-της-Αν-Αργιθέας.htm
- xi. http://www.larissanet.gr/el/june2012/thessaly_region/27744/Επίβλεψη-Αγοραστού-σε-έργα-της-Αν-Αργιθέας.htm
- xii. <http://mcnelly.com/index.cfm?id=E0B862D9-A3B1-41F9-88A07C84ACE1A0C0>
- xiii. <http://www.perrascompanies.com/gallery.php>
- xiv. <http://www.venizelosarchives.gr/treeres.asp?mynode=60635&afterroot=~Φάκελος%20208>
- xv. http://www.mandrakis.net/index.php?categoryid=12&p17_sectionid=6&p17_imageid=91

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΣΧΕΔΙΑ ΤΥΠΙΚΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΑΓΩΓΩΝ(ΟΧΕΤΩΝ)

- 1)Τυπική διατομή ορθογωνικού αγωγού
- 2)Τυπική διατομή δίδυμου ορθογωνικού αγωγού