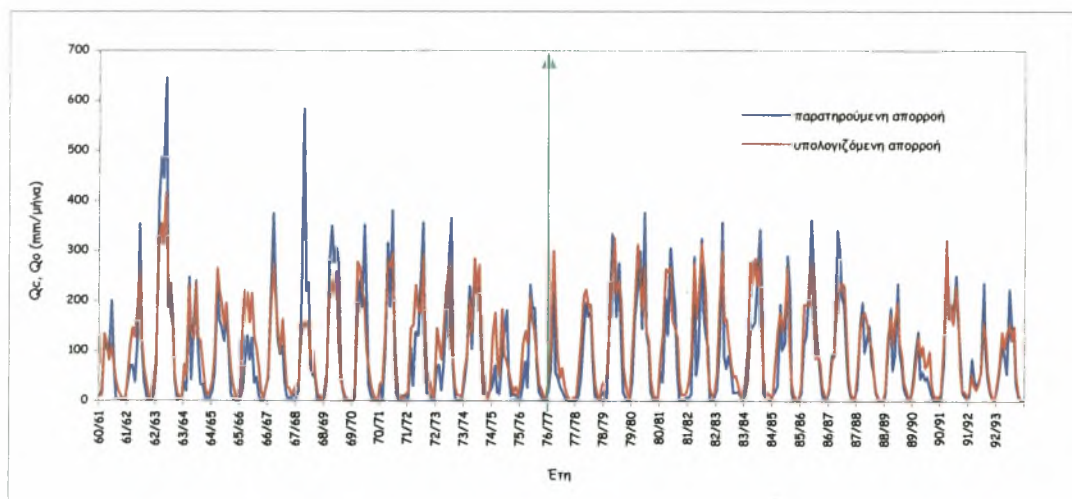


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
& ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ (Π.Σ.Ε.).

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ
ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ & ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ : ΧΟΝΔΡΟΝΙΚΟΥ ΕΥΑΝΘΙΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΔΑΛΕΖΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΒΟΛΟΣ , ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2004



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 4044/1
Ημερ. Εισ.: 22-10-2004
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΠΣΕ-ΔΑΠΦΠ
2004
ΧΟΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης των σπουδών μου στο Πρόγραμμα Σπουδών Επιλογής «Διαχείριση Αγροτικού Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων» του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η εργασία αυτή υπήρξε απαραίτητη για την ολοκλήρωση των σπουδών μου τόσο από άποψη γνώσεων, όσο και από άποψη εμπειριών.

Επιβλέπων της εργασίας ήταν ο διδάσκων του τμήματος, Καθηγητής Νικόλαος Δαλέζιος τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω για την πολύτιμη καθοδήγηση του. Επίσης θα το θεωρούσα παράλειψη αν δεν ανέφερα ότι όλα τα χρόνια της πανεπιστημιακής μου μόρφωσης μου μετέδωσε έναν ξεχωριστό τρόπο σκέψης, πολύτιμες γνώσεις που θα με συνοδεύουν για πάντα. Η βοήθεια και το ενδιαφέρον των δύο μελών της τριμελούς επιτροπής, Δρ. Αθανάσιο Λουκά και τον Δρ. Πρόδρομο Ζάνη, εκτιμάται δεόντως.

Επίσης, δεν θα μπορούσα να παραλείψω να ευχαριστήσω θερμά τον επιστημονικό συνεργάτη του τμήματος "Διαχείριση Αγροτικού Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων", Λάμπρο Βασιλειάδη για τις γνώσεις του και κυρίως για τον χρόνο του και την υπομονή του, όλους τους καθηγητές μου, την Γραμματεία του Τμήματος για την ευγένεια και την προθυμία να με εξυπηρετήσει πάντοτε σε διάφορα ζητήματα καθώς και τους καλούς μου φίλους και συμφοιτητές που γνώρισα κατά την διάρκεια της φοίτησής μου.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου για την συμπαράσταση που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια στο Πανεπιστήμιο, αναγνωρίζοντας ότι χωρίς αυτήν θα ήταν αδύνατο να εκπληρώσω τις υποχρεώσεις μου και να πάρω το Δίπλωμα του Περιβαντολλόγου.

Κλείνοντας, αφιερώνω την παρούσα διπλωματική εργασία στην οικογένεια μου και στον Καθηγητή Νικόλαο Δαλέζιο.

Χονδρονίκου Ευανθία

Βόλος, Σεπτέμβριος 2004

ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η σύνταξη, εφαρμογή και σύγκριση αδρομερών μοντέλων υδατικού ισοζυγίου που έχουν προταθεί στη διεθνή βιβλιογραφία. Η εφαρμογή των μοντέλων που επιλέχθηκαν έγινε στις λεκάνες Άνω Αποσελέμη, Γιόφυρος, Γαζανός της Κρήτης, και Πύλη, Μουζάκι, Σαρακίνα, Γάβρος, Σκοπιά, Μεσοχώρι, Άλη Εφέντη της Θεσσαλίας. Αυτά είναι τα μοντέλα Abulohom et al (2001), Giakoumakis et al (1991), Loukas et al (2003), GR-2M (1993), & L. Xiong, S. Guo (1998).

Η μέση επιφανειακή βροχόπτωση, η θερμοκρασία και η δυνητική εξατμισοδιαπνοή της λεκάνης αποτέλεσαν τα δεδομένα εισόδου των μοντέλων. Για κάθε λεκάνη απορροής χρησιμοποιήθηκαν τα πέντε προαναφερόμενα διαφορετικά μοντέλα υδατικού ισοζυγίου.

Αφού συντάχθηκαν τα πέντε μοντέλα υδατικού ισοζυγίου, ακολούθησε η βελτιστοποίηση (calibration) των παραμέτρων των μοντέλων και ο υπολογισμός των δεδομένων εξόδων (output) του καθενός για την περίοδο των μισών υδρολογικών ετών (Σεπτέμβριο έως Οκτώβριο) που είχαμε στην προς μελέτη χρονοσειρά της περιοχής.

Εν συνεχεία πραγματοποιήθηκε η πιστοποίηση (validation) των μοντέλων για την περίοδο των υπόλοιπων υδρολογικών ετών (Οκτώβριο έως Σεπτέμβριο) και το αντίστροφο δηλαδή τα τελευταία χρόνια έγινε η βελτιστοποίηση και στα πρώτα η πιστοποίηση, έτσι ώστε να ελεγχθεί αν τα μοντέλα προσομοιώνουν επαρκώς την απορροή για μια χρονική περίοδο διαφορετική από την χρονική περίοδο βελτιστοποίησης των μοντέλων. Η πιστοποίηση έγινε χρησιμοποιώντας τις τιμές των παραμέτρων που είχαν υπολογιστεί κατά την βελτιστοποίηση.

Ο σκοπός της υδρολογικής προσομοίωσης του επιφανειακού υδατικού δυναμικού των λεκανών απορροής που χρησιμοποιήθηκαν ήταν να επιλεγεί το καταλληλότερο από τα μοντέλα υδατικού ισοζυγίου που εφαρμόστηκαν για την συγκεκριμένη λεκάνη απορροής, και επιπλέον να βρεθεί πιο από τα μοντέλα είχε πιο γενική μορφή.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

		Σελ.
1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ	1
1.2	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ	4
1.3	ΜΕΛΕΤΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ	6
1.3.1	Αναπτυξιακά έργα: Αξιοποίηση υδατικών πόρων	7
1.3.2	Έργα προστασίας από έκτακτα υδρολογικά περιστατικά	8
1.3.3	Έργα προστασίας από συνήθη υδρολογική δίατα	10
1.4	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ	10
1.5	ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ	12
1.6	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ : ΕΠΑΓΩΓΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ	13
2	ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	15
2.1	ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	15
2.2	ΕΞΙΣΩΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΑΠΛΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ	16
2.3	ΟΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ	17
2.3.1	Όγκοι αναφοράς και εξισώσεις ισοζυγίου	17
2.3.2	Εξισώσεις υδατικού ισοζυγίου	20
2.3.3	Χαρακτηριστικά μεγέθη υπόγειας απορροής	21
3	ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ & ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ	26
3.1	ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΑ	26
3.1.1	Μέτρηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων	26
3.1.2	Βροχομετρικοί σταθμοί	28
3.1.3	Βροχομετρικά δίκτυα	28
3.2	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	31
3.2.1	Μέθοδος του αριθμητικού μέσου	31
3.2.2	Μέθοδος των πολυγώνων Thiessen	32
3.3.3	Η μέθοδος των ισουέτιων καμπυλών	33
3.3.4	Η μέθοδος της βροχοβαθμίδας	34
3.4	ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ	35
3.5	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ	36
3.6	ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ	37
3.6.1	Εισαγωγή	37
3.6.2	Πρακτική σημασία της εξατμισοδιαπνοής	39
3.6.3	Μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής	40
3.6.3.1	Μέθοδοι υδατικού ισοζυγίου	40
3.6.3.2	Μικρομετεωρολογικές μέθοδοι	42
3.7	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ	43
3.8	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ	44
3.8.1	Μοντέλα βασισμένα στις συσχετίσεις	45
3.8.2	Μοντέλα βασισμένα στις διεργασίες της εξατμισοδιαπνοής	48
4	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑ - ΚΡΗΤΗ	49
4.1	ΓΕΝΙΚΑ	49
4.2	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	49
4.2.1	ΘΕΣΣΑΛΙΑ	50
4.3	ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΗΤΗ	52
4.4	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΗΤΗ	52
5	ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ	54

5.1	ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	54
5.2	ΣΥΝΤΟΜΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ	60
5.3	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ	64
5.3.1	Γενική ταξινόμηση των μοντέλων	64
5.3.2	Ταξινόμηση των συνεχών μοντέλων	65
6	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ	67
6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	67
6.2	ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΑΒΥΛΟΗΟΜ	67
6.3	ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΛΟΥΚΑΣ	70
6.4	ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΓΙΑΚΟΥΜΑΚΙΣ	72
6.5	ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ GR2M	74
6.6	ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ L. XIONG- S.GUO	75
7	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ	77
7.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	77
7.2	ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ	81
8	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	102
	ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	105
	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	106

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα 1:	Πρωτογενή Μετεωρολογικά & Υδρολογικά δεδομένα	107
Παράρτημα 2:	-Διαγράμματα πραγματικής & προσομοιωμένης απορροής -Διαγράμματα διασποράς (Βελτιστοποίηση 1 ^{ης} περιόδου, πιστοποίηση 2 ^{ης} περιόδου)	121
Παράρτημα 3:	-Διαγράμματα πραγματικής & προσομοιωμένης απορροής -Διαγράμματα διασποράς (Βελτιστοποίηση 2 ^{ης} περιόδου, πιστοποίηση 1 ^{ης} περιόδου)	221

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

- ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: Θεσσαλία, έκταση περιοχών μελέτης.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: Βροχομετρικοί σταθμοί.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3: Μετεωρολογικοί σταθμοί Κρήτης
- ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4: Έκταση περιοχών μελέτης Κρήτης
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1^A: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή της Πύλης (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2^B: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή της Πύλης (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1^B: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Μουζάκι (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2^B: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Μουζάκι (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1^Γ: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή της Σαρακίνας (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1974 έως Σεπτέμβριο 1985.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2^Γ: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή της Σαρακίνας (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1974 έως Σεπτέμβριο 1985 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1^Δ: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή του Γαύρου (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1972 έως Σεπτέμβριο 1981 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1982 έως Σεπτέμβριο 1991.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2^Δ: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή του Γαύρου (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1982 έως Σεπτέμβριο 1991 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1972 έως Σεπτέμβριο 1981.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1^Ε: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή της Σκοπιάς (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1971 έως Σεπτέμβριο 1982 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1983 έως Σεπτέμβριο 1993.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2^Ε: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή της Σκοπιάς (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1983 έως Σεπτέμβριο 1993 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1971 έως Σεπτέμβριο 1982.

- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1^{ΣΤ}: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Μεσοχώρι (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1972 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1981.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2^{ΣΤ}: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Μεσοχώρι (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1981 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1972.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1^Z: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Αλή Εφέντη (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2^Z: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Αλή Εφέντη (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1^H: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Άνω Αποσελέμης (Κρήτη), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1968 έως Σεπτέμβριο 1983 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1984 έως Σεπτέμβριο 2001.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2^H: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Άνω Αποσελέμης (Κρήτη), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1984 έως Σεπτέμβριο 2001 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1968 έως Σεπτέμβριο 1983.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1^Θ: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Γιόφυρος (Κρήτη), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1985 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1986 έως Σεπτέμβριο 2001.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2^Θ: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Γιόφυρος (Κρήτη), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1986 έως Σεπτέμβριο 2001 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1985.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1^I: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Γαζανός (Κρήτη), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1979 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1980 έως Σεπτέμβριο 1998.
- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2^I: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Γαζανός (Κρήτη), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1980 έως Σεπτέμβριο 1998 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1979.

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- ΣΧΗΜΑ 1.1: Παρουσίαση του Υδρολογικού κύκλου σύμφωνα με τον HORTON.
- ΣΧΗΜΑ 1.2: Απλοποιημένη γραφική απεικόνιση του υδρολογικού κύκλου.
- ΣΧΗΜΑ 2.1: Σχηματική παράσταση των όγκων αναφοράς και των συνιστωσών του υδατικού ισοζυγίου (Κουτσογιάννης, 1999).
- ΣΧΗΜΑ 3.1: Τύποι βροχομέτρων (Τσακίρης, 1995).
- ΣΧΗΜΑ 3.2: Τομή βροχογράφου τύπου ζυγού (Τσακίρης, 1995).
- ΣΧΗΜΑ 3.3: Τυπική διάταξη μετεωρολογικού σταθμού με βροχόμετρο.
- ΣΧΗΜΑ 4.1: Θέσεις βροχομετρικών σταθμών Θεσσαλίας.
- ΣΧΗΜΑ 6.1: Λογικό διάγραμμα του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου του Abulohom et al, 2001.
- ΣΧΗΜΑ 6.2: Παρουσίαση σχηματικά του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου του Γιακουμάκη (Τσακίρης, 1995).
- ΣΧΗΜΑ 6.3: Σχηματική παράσταση του μοντέλου GR2M (Makhlouf and Michel, 1994).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Εισαγωγή

Υδρολογία είναι η επιστήμη που ασχολείται με την παρουσία, κυκλοφορία και τη διανομή των υδάτων στον πλανήτη, τις φυσικές και χημικές ιδιότητές τους και τις αλληλεπιδράσεις με το φυσικό, και βιολογικό περιβάλλον στο οποίο περιλαμβάνονται και οι ανθρώπινες δραστηριότητες.

Ειδικότερα με τον όρο Τεχνική Υδρολογία ορίζουμε την επιστήμη που έχει σαν αντικείμενο την μελέτη της κίνησης του ύδατος και των συνεπειών από την στιγμή που φτάνει στο έδαφος με την μορφή ατμοσφαιρικού κατακρημνίσματος μέχρις ότου καταλήξει με επιφανειακή ή υπόγεια απορροή στους μεγάλους φυσικούς ή τεχνητούς αποδέκτες. Η παράλληλη μελέτη του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής είναι σημαντική για την εκτίμηση και αξιοποίηση των υδατικών πόρων και της απώλειας μάζας κατά την παραπάνω κινητική διαδικασία.

Στην μακριά πορεία της μελέτης των φαινομένων της υδρολογίας ακολουθήθηκαν δύο δρόμοι, ένας θεωρητικός και ένας εμπειρικός αλλά με την ανάπτυξη της πληροφορικής τα τελευταία χρόνια, αυτοί οι δρόμοι ενώθηκαν με εντυπωσιακά αποτελέσματα ποιοτικά και ποσοτικά .

Οι τέσσερις περίοδοι της ιστορίας της υδρολογίας είναι η προορθολογική περίοδος έως το 1500 μ.Χ., η περίοδος μετρήσεων και πειραματισμών (1500-1800 μ.Χ.), η περίοδος εμπειρισμού (1800- 1944 μ.Χ.) και η σύγχρονη περίοδος των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της διεπιστημονικής υδρολογίας.

1.1 Υδρολογικός κύκλος

Ο υδρολογικός κύκλος αποτελεί την περιγραφή μιας σειράς διαδικασιών με τις οποίες το νερό κυκλοφορεί στην φύση. Σ' αυτήν την αλυσίδα το νερό εμφανίζεται σε όλες τις φυσικές του καταστάσεις υγρό, αέριο, στερεό.

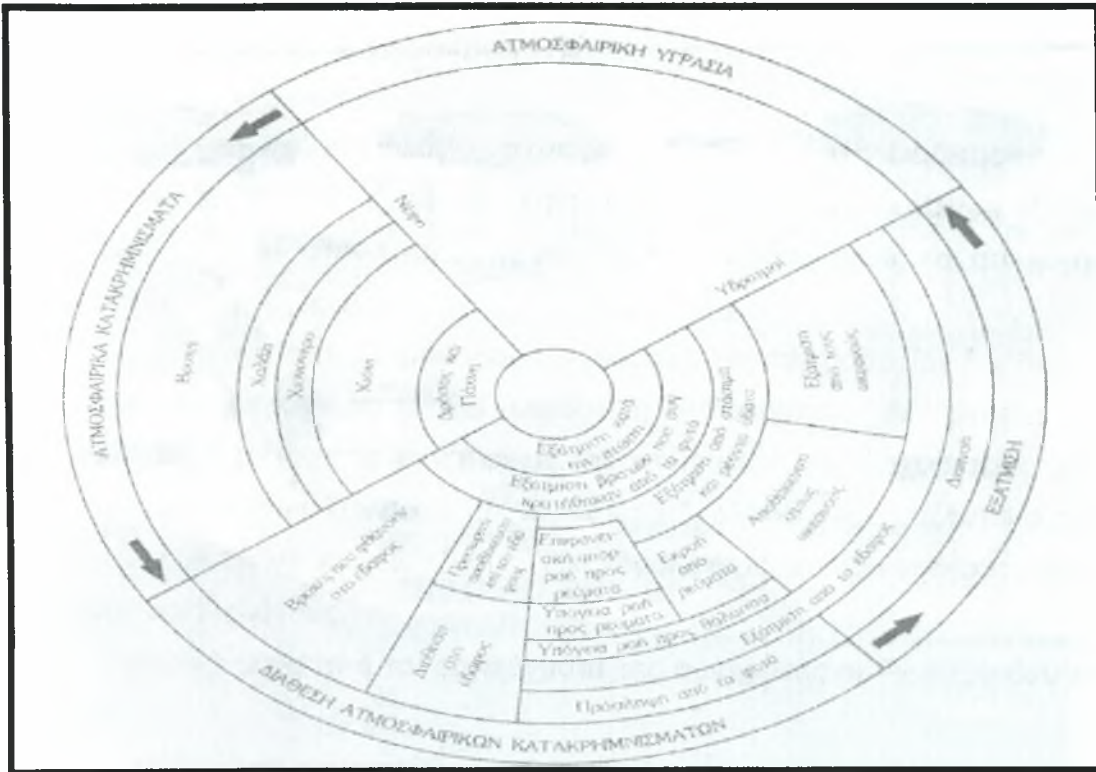
Η σειρά των εμφανίσεων δεν έχει αρχή ούτε τέλος. Όμως μπορούμε να θεωρήσουμε την αρχή στην ατμόσφαιρα που συγκεντρώνεται σε μορφή υδρατμών που μεταφέρονται με τις αέριες μάζες και κάτω από κατάλληλες συνθήκες συμπυκνώνονται και επανεμφανίζονται στην επιφάνεια της γης.

Ένα μέρος του νερού που φτάνει στην επιφάνεια της γης συγκρατείται από την βλάστηση και εξατμίζεται ή διαπνέεται από τα φυτά. Ένα άλλο μέρος του νερού διηθείται στο έδαφος και το υπόλοιπο απορρέει επιφανειακά προς τα ποτάμια και χειμάρρους που καταλήγουν σε λίμνες ή στην θάλασσα. Κατά την πορεία του αυτή ένα μέρος του νερού χάνεται λόγω της εξάτμισης ή διαπνέεται από τα φυτά.

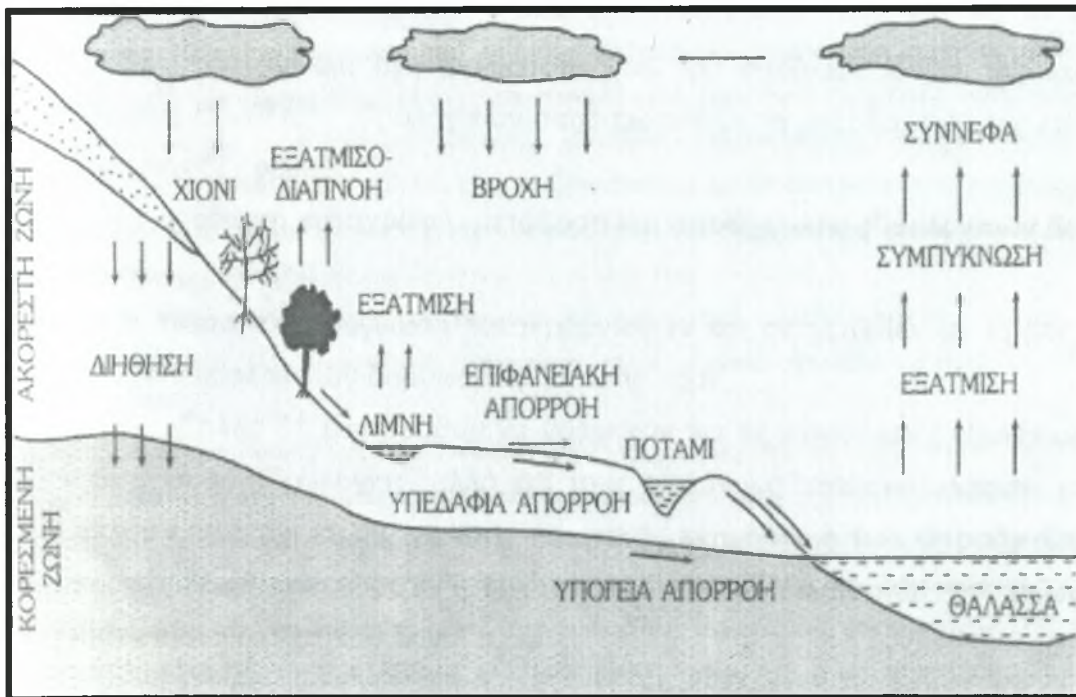
Το υπόλοιπο του νερού που διηθείται, αποθηκεύεται ως υπόγειο νερό και συχνά εμφανίζεται στην επιφάνεια της γης σε χαμηλότερα σημεία και στην συνέχεια καταλήγει επιφανειακά ή υπόγεια.

Το νερό της θάλασσας επίσης με την εξάτμιση επανέρχεται στην ατμόσφαιρα και με τον τρόπο αυτό κλείνει ο υδρολογικός κύκλος. Στο Σχ. 1.1 παρουσιάζεται ποιοτικά ο υδρολογικός κύκλος σύμφωνα με τον Horton (Τσακίρης) , ενώ στο άλλο Σχ. 1.2 έχουμε την απλοποιημένη παρουσίαση του υδρολογικού κύκλου.

Μέσα στον υδρολογικό κύκλο μπορεί να συμβεί μεταφορά νερού, αποθήκευση προσωρινή και μεταβολή της κατάστασης του νερού .



Σχήμα 1.1: Παρουσίαση του υδρολογικού κύκλου σύμφωνα με τον Horton.



Σχήμα 1.2 Απλοποιημένη γραφική απεικόνιση του υδρολογικού κύκλου.

1.2 Αντικείμενο της υδρολογίας

Η τεχνική υδρολογία, περιορίζεται στις φυσικές διαδικασίες της απορροής με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, (επίλυση εξισώσεων), όσο και στην εφαρμογή νέων μεθόδων μετρήσεως και συλλογής υδρολογικών δεδομένων.

Οι εκπληκτικές πρόοδοι στη διάδοση της πληροφορίας βοήθησαν εξάλλου να πραγματοποιηθεί ουσιαστική διεπιστημονική συνεργασία στα σύνθετα προβλήματα εκτιμήσεως, αξιοποιήσεως και διαχείρισεως των υδατικών πόρων. Πολιτικοί, μηχανικοί και υδρολόγοι συνεργάζονται στενά με μετεωρολόγους, γεωπόνους, οικονομολόγους, κοινωνιολόγους, χημικούς και βιολόγους.

Μερικά μόνο από τα επιτεύγματα της σύγχρονης αυτής περιόδου είναι:

A) Επίλυση παλαιότερων μαθηματικών ομοιωμάτων, κατάστρωση και επίλυση νέων θεωρητικών προσεγγίσεων με προσδιοριστική και στατιστική, δηλαδή μικτή δομή για την περιγραφή των φαινομένων της απορροής.

B) Τεχνικοοικονομική βελτιστοποίηση του σχεδιασμού και της λειτουργίας συνθέτων υδρολογικών συστημάτων με τη μεθοδολογία της επιχειρησιακής ερευνάς.

Γ) Αυτόματη καταγραφή, μετάδοση και αποθήκευση υδρολογικών δεδομένων.

Δ) Ποσοτική πρόγνωση κατακρημνίσεων και πλημμύρων με τη βοήθεια μετεωρολογικών δορυφόρων, ραντάρ, κλπ..

Πολλά θα μπορούσαν να γραφτούν για τις προοπτικές εξελίξεως της τεχνικής υδρολογίας, αλλά και τους κινδύνους που επιφυλάσσει το μέλλον λόγω όχι καλής γνώσης και κακής εκτιμήσεως των απροόπτων γεγονότων και επιπτώσεων από την κατασκευή και λειτουργία των έργων αξιοποιήσεως υδατικού δυναμικού.

Η ποσοτική εκτίμηση των αλληλεπιδράσεων έργων περιβάλλοντος, (φυσικού και κοινωνικοοικονομικού), δίνει μερικές πρώτες ενθαρρυντικές απαντήσεις που πράγματι, αποσκοπεί στη συστηματοποίηση και

διάδοση προχωρημένων βασικών γνώσεων, τόσο στην οργάνωση και συλλογή των δεδομένων όσο και στη μεθοδολογία αξιοποίησής τους.

Οι σύγχρονες τεχνικές για την προσέγγιση των φαινομένων της τεχνικής υδρολογίας ακολουθούν τις ακόλουθες δυο γενικές μεθόδους:

Η πρώτη είναι η γνωστή στο μηχανικό προσδιοριστική μέθοδος, (ντετερμινισμός), που περιορίζεται στην αναζήτηση της αιτιότητας, δηλαδή μιας αμφιμονοσήμαντης προσδιοριστικής σχέσης μεταξύ αιτίου-αποτελέσματος.

Ο ερευνητής καταστρώνει ένα μαθηματικό η φυσικό ομοίωμα μεταξύ των φυσικών μεταβλητών του φαινομένου, το ρυθμίζει υπολογίζοντας μονοσήμαντα τις παραμέτρους του από εμπειρικές διαδικασίες,

Η δεύτερη είναι η στατιστική μέθοδος που προσεγγίζει τα μεγέθη των φαινομένων προσθέτοντας στο προσδιοριστικό και ένα στατιστικό τμήμα που ακολουθεί ορισμένους νόμους της "τύχης" και, συνεπώς, πρέπει να ερευνηθεί με ανάλογες διαδικασίες που διακρίνονται επίσης σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

Η πρώτη και απλούστερη δέχεται την πιθανολογική δομή των φαινομένων, δηλ. θεωρεί ότι κάθε μία πραγματοποίηση ενός φαινομένου είναι ανεξάρτητη από κάθε άλλη πραγματοποίηση του ίδιου φαινομένου ή και άλλων φαινομένων, γεγονός που μπορεί να ισχύει απόλυτα ή μόνο κατά προσέγγιση.

Η δεύτερη και πληρέστερη δέχεται τη στοχαστική δομή των φαινομένων, δηλαδή θεωρεί ότι οι πραγματοποιήσεις των φαινομένων έχουν αλληλεξαρτήσεις και συνεπώς λαμβάνεται υπόψη η μεταξύ τους σχέση μέχρι κάποιο όριο προσεγγίσεως.

Οι βροχοπτώσεις και γενικότερα οι πάσης φύσεως ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις που προκαλούν την απορροή, είναι φαινόμενα που κυριαρχούνται κατά μεγάλο ποσοστό από την τύχη. Αντίθετα, τόσο η επιφανειακή όσο και η υπόγεια απορροή υπακούουν κατά μέγα μέρος στη λογική της αιτιότητας, αφού για δεδομένες συνθήκες λεκάνης απορροής και δεδομένη βροχόπτωση, το αποτέλεσμα, δηλαδή η απορροή, συνδέεται ουσιαστικώς μονοσήμαντα με το αίτιο, δηλαδή την κατακρήμνιση.

Κατά συνέπεια, η δομή των φαινομένων της απορροής είναι μικτή, αφού το γενεσιουργό τους αίτιο, οι κατακρημνίσεις, κυριαρχούνται από

την τύχη, ενώ η φυσική τους εξέλιξη, δηλαδή η κυρίως απορροή, κυριαρχείται από την αιτιότητα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ένα ολοκληρωμένο ομοίωμα (μαθηματικό ή φυσικό) των βασικών φαινομένων της απορροής θα πρέπει να περιέχει όχι μόνο προσδιοριστικές αλλά και στοχαστικές συνιστώσες, ώστε να καλύπτει το δίπτυχο «αιτιότητα-τύχη». Στην πράξη, η παρεμβολή ενός συστήματος έργων στα φαινόμενα της τεχνικής υδρολογίας μεταφέρει βαθμιαία το κέντρο βάρους της μελέτης στο σχεδιασμό και τη λειτουργία των έργων αυτών.

1.3 Μελέτες υδραυλικών έργων

Υδρολογική μελέτη είναι η εφαρμογή σε συγκεκριμένα έργα της επιστήμης της τεχνικής υδρολογίας, δηλαδή της υδρολογίας στην περιοχή των επιστημών του μηχανικού. Αξιοποιώντας τις διαθέσιμες υδρολογικές πληροφορίες, π.χ. μετρήσεις παροχών, βροχοπτώσεων, θερμοκρασιών, κλπ., ο μελετητής καθορίζει πρώτα τις βασικές υδρολογικές παραμέτρους σχεδιασμού των έργων επιφανειακής ή υπόγειας υδρολογίας και στη συνέχεια συντάσσει ένα πρόγραμμα λειτουργίας και διαχείρισής τους.

Επισημαίνεται βέβαια ότι τόσο ο σχεδιασμός των έργων όσο και η διαχείριση τους εξαρτάται και από πλήθος άλλων μα υδρολογικών παραμέτρων, όπως τοπογραφικών, εδαφοτεχνικών, κλπ.

Η κατάταξη των υδρολογικών μελετών ακολουθεί την αντίστοιχη των υδραυλικών έργων και στηρίζεται στην εφαρμοζόμενη από όλες τις οργανωμένες ανθρώπινες κοινωνίες κοινή πρακτική:

Αναζήτηση των υδατικών υποθεμάτων και βέλτιστη χωροχρονική διανομή στους καταναλωτές. Πρόκειται επομένως για υδρολογικές μελέτες αναπτυξιακών υδραυλικών έργων, που αξιοποιούν το υδατικό δυναμικό.

Αντιμετώπιση των συνηθισμένων επιπτώσεων από την επιφανειακή απορροή και των εκτάκτων υδρολογικών περιστατικών, δηλαδή των πλημμύρων και ξηρασιών. Κατά συνέπεια, πρόκειται για μελέτες προστασίας τόσο του ανθρωπογενούς, όσο και του φυσικού περιβάλλοντος από ανεξέλεγκτα φαινόμενα επιφανειακής ή υπόγειας υδρολογίας. Επί-

σης και για έργα προστασίας του περιβάλλοντος, ώστε να δειχθεί η ευρύτητα των εφαρμογών τους και η σπουδαιότητα τους στη γενικότερη ανάπτυξη μιας περιοχής.

1.31 Αναπτυξιακά έργα: Αξιοποίηση υδατικών πόρων

Το τυπικό υδρολογικό μέρος της όλης μελέτης των αναπτυξιακών υδραυλικών έργων περιλαμβάνει συνήθως τα ακόλουθα:

α) Εκτίμηση των άμεσα διαθέσιμων υδατικών πόρων, δηλαδή του υδατικού δυναμικού που μπορεί να αξιοποιηθεί χωρίς σημαντικές επεμβάσεις στη φυσική του δίαιτα.

Στην πρακτική, ο τεχνικός υδρολόγος καλείται να υπολογίσει με αντικειμενική αξιοπιστία τις μέσες τιμές των διερχομένων, (εισερχομένων ή και εξερχομένων) παροχών σε ορισμένες θέσεις και στις κατάλληλες χρονικές κλίμακες (π.χ. ετήσια, μηνιαία, ημερήσια). Καθορίζεται έτσι το χρονοδιάγραμμα της απολήψιμης παροχής, που αποτελεί και τη βασική υδρολογική παράμετρο σχεδιασμού των αντιστοίχων αναπτυξιακών έργων, π.χ., καλλιέργεια, σύλληψη και μεταφορά υδάτων από πηγές, εκτροπή και μεταφορά υδάτων από φυσικά υδατορεύματα, υδροληψία και μεταφορά υδάτων από φυσικές λίμνες, υδροληψίες υπογείων υδάτων (φρέατα και γεωτρήσεις), κλπ.

β) Εκτίμηση των ολικών διαθέσιμων υδατικών πόρων, δηλαδή του συνολικά εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού, μετά από σημαντικές επεμβάσεις στη φυσική του δίαιτα, (κατασκευή μεγάλων υδραυλικών έργων).

Υπολογίζοντας πάλι τις απαραίτητες μέσες τιμές των παροχών σε διάφορες θέσεις και χρονικές κλίμακες, ο τεχνικός υδρολόγος καθορίζει μια σειρά παραμέτρων σχεδιασμού των αντιστοίχων δυνατών αναπτυξιακών έργων. Τα κριτήρια για την επιλογή της τελικής λύσεως είναι τεχνικο-οικονομικά και τα αντίστοιχα αναπτυξιακά έργα είναι συνήθως,

- Φράγματα, για τη συγκέντρωση των επιφανειακών υδάτων και ρύθμιση της δίαιτας τους σε υπερετήσια, ετήσια εποχιακή κλίμακα.

- Έργα εκτροπής υδατικού δυναμικού από μια περιοχή σε άλλη,
- Έργα εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων με πλεονάζοντα χειμερινά ύδατα, κ.α..

Βελτιστοποίηση της χωροχρονικής διανομής και διαχείρισεως των διαθέσιμων υδατικών πόρων στους διάφορους καταναλωτές, δηλαδή αναζήτηση των οικονομικά βέλτιστων λύσεων διανομής των διαθέσιμων ποσοτήτων ύδατος για την κάλυψη των αναγκών της καταναλώσεως, μεταξύ όλων των τεχνικά δυνατών λύσεων.

Η επιχειρησιακή έρευνα προσφέρει τις κατάλληλες τεχνικές βελτιστοποιήσεως, στο δε συνολικά πρόβλημα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η διαχείριση του συστήματος διανομής, δηλαδή πρέπει να συμπεριληφθεί και η ελαχιστοποίηση των δαπανών λειτουργίας και συντηρήσεως.

1.3.2. Έργα προστασίας από έκτακτα υδρολογικά περιστατικά

Το φυσικό αλλά και το άνθρωπογενές περιβάλλον μιας περιοχής ζει προσαρμοσμένο στις συνηθισμένες υδρολογικές της συνθήκες. Όταν συμβούν έκτακτα, δηλαδή ασυνήθιστα, υδρολογικά περιστατικά στην περιοχή, όπως είναι οι πλημμύρες ή οι ξηρασίες, το περιβάλλον της δοκιμάζεται και διατρέχει κινδύνους μικρής και μεγάλης καταστροφής, επανορθώσιμης ή και μη επανορθώσιμης.

Ο υδρολόγος καλείται πάλι να προσδιορίσει με αντικειμενική αξιοπιστία, τη σχέση μεταξύ των υδρολογικών μεγεθών των εκτάκτων περιστατικών (π.χ. μέγιστες ή ελάχιστες παροχές) και της συχνότητας τους, ή αντίστροφα της περιόδου επαναφοράς τους.

Ο τελικός σχεδιασμός των αντίστοιχων έργων προστασίας στηρίζεται στην τεχνικοοικονομική επιλογή μιας συχνότητας ασφάλειας, για την οποία και υπολογίζεται το ασυνήθιστο υδρολογικό μέγεθος, δηλαδή ή υδρολογική παράμετρος σχεδιασμού του έργου προστασίας.

Τα συνηθέστερα έργα προστασίας της κατηγορίας αυτής και, οι αντίστοιχες υδρολογικές μελέτες είναι:

α) Αντιπλημμυρική προστασία αστικών και αγροτικών περιοχών και ειδικότερα, δίκτυα αποχετεύσεως όμβριων υδάτων και αντιπλημμυρικές

τάφροι (εκτίμηση πλημμυρικών παροχών σχεδιασμού), έργα διευθετήσεως υδατορευμάτων για την ακίνδυνη διέλευση εκτροπή της εκτιμηθείσας μέγιστης πλημμυρικής παροχής σχεδιασμού, δηλαδή επέμβαση στη διαδικασία , "διάβρωσης της κοίτης-μεταφορά φερτών" έργα προστασίας των εδαφών, ορεινών και ημιορεινών λεκανών, από πλημμυρικές διαβρώσεις.

β) Αντιπλημμυρική προστασία συστημάτων τεχνικών έργων και ειδικότερα, φραγμάτων (εκτίμηση πλημμύρων σχεδιασμού κυρίως έργου και προσωρινών έργων περιόδου κατασκευής), εγγειοβελτιωτικών έργων, όπως λεκανών προσωρινής κατακλύσεως, στραγγιστικών δικτύων, κλπ., (εκτίμηση χρόνου κατακλύσεως χαμηλών περιοχών, στάθμης εδαφικού ύδατος, κλπ.), συγκοινωνιακών έργων, όπως οδικών δικτύων, γεφυρών, αεροδρομίων, κλπ. (εκτίμηση πλημμύρας σχεδιασμού αποχετευτικών αγωγών, ύψους και διάρκειας κατακλύσεις τμημάτων των έργων, υποσκαφών θεμελίων κλπ.), έργων, όπως μεμονωμένων κτιρίων με βαθιά θεμελίωση, στραγγιστικών αντλιοστασίων, κλπ. (εκτίμηση παροχής κατακλύσεως από υπόγεια η διηθούμενα ύδατα, κλπ.).

γ) Προστασία από ξηρασίες. Συνήθως εντάσσονται στο γενικό σχεδιασμό των έργων συγκεντρώσεως και διανομής του υδατικού δυναμικού. Η προστασία της πανίδας και χλωρίδας κατά τις έκτακτες περιόδους μεγάλης ξηρασίας γίνεται με διοχέτευση τμήματος των υδατικών αποθεμάτων ασφαλείας στην κατανάλωση και συνήθως, σύγχρονη αύξηση των μέσων παροχών διανομής, με χρήση εφεδρικών συγκροτημάτων. Στην κατηγορία των έργων αυτών προστίθεται και η προστασία της ποιότητας των υδάτων και του υδροβιολογικού οικοσυστήματος κατά την περίοδο ξηρασίας.

Πράγματι η αστική, βιομηχανική ή αγροτική ρύπανση που διοχετεύεται στα υδατορεύματα, μπορεί να αποβεί μοιραία σε περιόδους μεγάλης ξηρασίας, ενώ κάτω από κανονικές συνθήκες είναι ανεκτή.

Υπάρχει συνεπώς μια κατώτερη παροχή ασφαλείας για κάθε ρυπαινόμενο υδατόρευμα που πρέπει να διατηρείται με τα κατάλληλα έργα εμπλουτισμού. Ανάλογες μελέτες υδρολογικής δίαιτας γίνονται για τις λίμνες, (προστασία από ρύπανση και ευτροφισμό) και τις παράκτιες ζώνες εκβολής υδατορευμάτων.

1.3.3. Έργα προστασίας από συνήθη υδρολογική δίαιτα

Πρόκειται κυρίως για την προστασία ορισμένων συστημάτων υδραυλικών έργων από προσχώσεις και την προστασία από διαβρώσεις η προσχώσεις των φυσικών η καλλιεργημένων εδαφών.

Ειδικότερα ο υδρολόγος πρέπει να εκτιμήσει, την εποχιακή και ετήσια εισροή φερτών εδαφικών υλικών στους ταμιευτήρες των φραγμάτων, τις αποθέσεις φερτών στα αρδευτικά, αποχετευτικά και αποστραγγιστικά δίκτυα, τις εδαφικές διαβρώσεις από συνήθη απορροή στις ορεινές και ημιορεινές λεκάνες απορροής, τις προσχώσεις των γόνιμων πεδινών εκτάσεων με άγονα φερτά υλικά, τις οριζοντιογραφικές και υψομετρικές εξελίξεις της κοίτης και των εκβολών στα φυσικά υδατορεύματα, κλπ..

1.4 Υδρολογική πληροφορία

Αναρίθμητες είναι οι υδρολογικές μεταβλητές που με τις αντίστοιχες μετρήσεις η παρατηρήσεις των μεγεθών τους, μας πληροφορούν για την εξέλιξη του υδρολογικού κύκλου.

Πράγματι, η τεχνική υδρολογία ενδιαφέρεται προφανές μόνο για τις υδρολογικές πληροφορίες που χρησιμοποιεί, άμεσα ή έμμεσα που ορίζονται με την απαιτούμενη επιστημονική πληρότητα και ακρίβεια, τόσο η φύση των χρησιμοποιουμένων πληροφοριών όσο και η διαδικασία συλλογής και εντάξεως τους στο υπολογιστικό σύστημα που θα τις αξιοποιήσει .

Κατά γενικό κανόνα, η πρωτογενής υδρολογική πληροφορία είναι "σημειακή", αφού προκύπτει από όργανα η διατάξεις που μετρούν το υδρολογικό μέγεθος στο συγκεκριμένο σημείο της εγκαταστάσεως τους, π.χ. μέτρηση ύψους βροχής στο δοχείο του βροχόμετρου, στάθμης ύδατος στο στέλεχος του σταθμημέτρου, κλπ..

Η διακύμανση των υδρολογικών μεγεθών στο χρόνο επιβάλλει την παρακολούθηση τους για κάποιο μικρό η μεγάλο χρονικό διάστημα. Κατά συνέπεια, η υδρολογική πληροφορία πρέπει να καλύπτει μια ορισμένη χρονική περίοδο, με συνεχή η κατά ορισμένα διαστήματα καταγραφή του μεταβαλλόμενου υδρολογικού μεγέθους.

Κύρια η πρωτεύουσα πληροφορία της τεχνικής υδρολογίας είναι οι "παροχές", δηλαδή το διερχόμενο στη μονάδα του χρόνου νερό από τα σημεία εκείνα που ενδιαφέρουν την αντίστοιχη υδρολογική μελέτη.

Αν υπήρχαν μεγάλα μήκη ιστορικών χρονολογικών σειρών των παροχών, θα ήταν πρακτικά άχρηστες οι υπόλοιπες υδρολογικές πληροφορίες, π.χ. βροχές, θερμοκρασίες, κλπ., για τα περισσότερα προβλήματα της επιφανειακής και υπόγειας υδρολογίας, θα απλουστεύονταν εξάλλου πολύ και οι μαθηματικές τεχνικές επεξεργασίας της πληροφορίας αφού η απάντηση σε ορισμένα κρίσιμα ερωτήματα, θα προέκυπτε απευθείας από την ιστορική σειρά των παροχών. Δυστυχώς για τις υδρολογικές μελέτες, η πληροφορία "παροχές" είναι συνήθως ελλιπής ή ανύπαρκτη.

Δευτερεύουσα πληροφορία της τεχνικής υδρολογίας είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, δηλαδή οι βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις. Συγκρινόμενα με τις παροχές, τα κατακρημνίσματα έχουν πολύ πυκνότερο δίκτυο σημειακών μετρήσεων και πολύ μακρύτερες ιστορικές χρονοσειρές, για τον απλό λόγο ότι η καταγραφή τους ήταν και είναι πολύ ευκολότερη και φθηνότερη.

Η λογικά προφανής σχέση αιτίου- αποτελέσματος μεταξύ κατακρημνισμάτων και απορροών οδηγεί στην κατά προτεραιότητα χρησιμοποίηση της δευτερεύουσας αυτής πληροφορίας για τη βελτίωση της εκτιμήσεως των παροχών.

Τριτεύουσες πληροφορίες της τεχνικής υδρολογίας είναι όλες οι κατά περίπτωση χρησιμοποιούμενες για τη βελτίωση ή και την απευθείας εκτίμηση της κύριας ή της δευτερεύουσας πληροφορίας, π.χ. οι θερμοκρασίες, υγρασίες αέρα, ηλιοφάνεια, άνεμοι, κλπ, κλιματικοί παράγοντες μιας περιοχής.

Η επιστήμη της τεχνικής υδρολογίας ερευνά τη φυσική δομή των βασικών υδρολογικών της μεταβλητών γιατί μόνο αν την προσεγγίσει μπορεί να βελτιώσει την υδρολογική πληροφορία που ήδη υπάρχει.

Μια ιδιαίτερα χρήσιμη απεικόνιση της αυτής δομής δίνεται από τη μαθηματική ανάλυση των ιστορικών χρονοσειρών της πληροφορίας που περιγράφει τις υδρολογικές μεταβλητές (παροχές, βροχές, θερμοκρασίες, κλπ.).

Στη γενική περίπτωση οι έρευνες έδειξαν ότι η χρονοσειρά της πληροφορίας αποτελείται από ένα προσδιοριστικό και ένα στοχαστικό μέρος, που αναλύονται σε επί μέρους συνιστώσες περιοδικότητας, εμμονής, τάσης, κλπ..

1.5. Μέτρηση της υδρολογικής πληροφορίας

Μια μέτρια μέτρηση αξίζει πολύ περισσότερο από έναν καλό υπολογισμό. Πολλές εντυπωσιακές οικονομικές αποδείξεις της παραπάνω γνωστής σε όλες τις θετικές επιστήμες αρχής, βρίσκονται στην τεχνική υδρολογία συγκρίνοντας π.χ. της δαπάνης εγκαταστάσεως και λειτουργίας ενός υδρομετρικού σταθμού με το επιπλέον κόστος κατασκευής ενός έργου αξιοποίησεως υδατικού δυναμικού λόγω αβεβαιότητας από μη λειτουργία του σταθμού, προκύπτει ότι αποτελεί οικονομικό έγκλημα η καθυστέρηση της εγκαταστάσεως τέτοιων σταθμών σε μια υδρολογική λεκάνη.

Η πυκνότητα, η ποιότητα και η χρονική διάρκεια λειτουργίας ενός εγκατεστημένου δικτύου μετρήσεων της υδρολογικής πληροφορίας, χαρακτηρίζουν το μέγεθος και την ποιότητα της υπάρχουσας στην περιοχή υποδομής για σύνταξη μελετών και κατασκευή έργων αξιοποίησεως των υδατικών πόρων της.

Αντίστροφα, η έλλειψη αξιόπιστης υδρολογικής πληροφορίας συμβαδίζει με γενικότερη έλλειψη τεχνολογικής υποδομής. Πράγματι, εκτός από τον απαιτούμενο ορθό σχεδιασμό για την εγκατάσταση του δικτύου, χρειάζεται στη συνέχεια εκπαιδευμένο προσωπικό για τη λειτουργία και συντήρηση του με σαφώς προσδιορισμένες και άμεσα ελεγχόμενες ευθύνες και υποχρεώσεις.

Όσο καλό και αν είναι ένα δίκτυο υδρολογικών μετρήσεων, παρουσιάζει, όπως και κάθε μετρητικό σύστημα τυχαία ή συστηματικά σφάλματα.

Ο ακριβής εντοπισμός και η εξάλειψη τους είναι συνάρτηση του χρονικού διαστήματος που μεσολαβεί μεταξύ της καταγραφής της πληροφορίας (μετρήσεως) και της πρώτης επεξεργασίας της, δηλαδή ενός πρώτου ελέγχου και στη συνέχεια ταξινομήσεως και συμπυκνώσεώς της.

Πράγματι, όταν η πρώτη επεξεργασία γίνεται σχεδόν αμέσως μετά την καταγραφή, εντοπίζονται με ακρίβεια όλα τα παράδοξα της καταγραφής, αφού τα υδρολογικά γεγονότα είναι πρόσφατα και λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα για τη βελτίωση της λειτουργίας του δικτύου, που τις περισσότερες φορές είναι ασήμαντες μεν αλλά καθοριστικές για την ποιότητα της πληροφορίας. Η σημασία αυτής της ανάγκης για άμεση (σε ελάχιστο χρόνο) πρώτη επεξεργασία της πληροφορίας, γίνεται τόσο μεγαλύτερη όσο χειροτερεύει η ποιότητα των εγκαταστάσεων του δικτύου και των υπηρεσιών συντηρήσεως και λειτουργίας του.

Η έλλειψη ενιαίων και αυστηρών προδιαγραφών προμήθειας και εγκαταστάσεως των οργάνων, επιβαρύνεται και με την εμφανιζόμενη συχνά ελλιπή εκπαίδευση του υπεύθυνου προσωπικού, τη διάσπαση των ευθυνών και τέλος τη μεγάλη καθυστέρηση στην πρώτη επεξεργασία των μετρήσεων.

1.6 Επεξεργασία της πληροφορίας: επαγωγική στατιστική

Γνωστή από τον περασμένο αιώνα σαν επιστήμη της συστηματικής καταγραφής μιας "καταστάσεως" πραγμάτων η στατιστική άλλαξε τελείως στόχους και ορισμό από την αρχή του αιώνα μας: η σύγχρονη στατιστική είναι επαγωγική και ορίζεται σαν "το σύνολο των μεθόδων που επιτρέπουν τη λήψη λογικών αποφάσεων μπροστά σε διάφορες αβεβαιότητες της εξαγωγής συμπερασμάτων με χωροχρονικές προεκτάσεις και υπολογισμένα όρια αξιοπιστίας, από τα πειραματικά γεγονότα ενός δείγματος.

Η τεχνική υδρολογία, προσδιορισμένη σαν επιστήμη των φαινομένων της απορροής και των συνεπειών τους, αποτελεί το ιδεώδες πεδίο εφαρμογής των μεθόδων της σύγχρονης επαγωγικής στατιστικής:πράγματι, ο μελετητής υδρολόγος καλείται να εκτιμήσει και να προβλέψει τη χωροχρονική διανομή των υδατικών πόρων (καταλήγοντας σε αποφάσεις κατασκευής πολυδάπανων έργων) στηριζόμενος συνήθως σε μικρές ή και ανύπαρκτες ιστορικές χρονοσειρές της κύριας υδρολογικής πληροφορίας (παροχές).

Ανεξάρτητα από την τεχνική που θα ακολουθήσει, για να βελτιώσει, την αξιοπιστία της εκτιμήσεως των υδρολογικών μεγεθών σχεδια-

σμού του υδραυλικού έργου, πρέπει να επεξεργαστεί ένα "δείγμα" και να γνωματεύσει για τη συμπεριφορά όλου του "πληθυσμού" από τον οποίο το δείγμα αυτό προέκυψε. Αντιμετωπίζει μάλιστα ιδιαίτερες δυσκολίες, πρώτα γιατί το δείγμα δεν το διαλέγει ο ίδιος, αλλά παίρνει ότι του δίνει το φυσικό περιβάλλον, δεύτερο γιατί τα υδρολογικά γεγονότα δεν είναι τελείως τυχαία γεγονότα (όπως θα ήθελε η θεωρία πιθανοτήτων) και τρίτο γιατί η επιθυμητή ομογένεια των δεδομένων ενός δείγματος είναι και δύσκολη και ευαίσθητη .

Τα φαινόμενα της υδρολογίας επηρεάζονται, όπως ήδη αναφέρθηκε, τόσο από την αιτιότητα, (λεκάνη απορροής), όσο και από την τύχη , (ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα). Η πρώτη προσέγγιση τους με τις στατιστικές τεχνικές είναι, συνήθως, πιθανολογική, δηλαδή κατατάσσει, τα γεγονότα σύμφωνα με το μέγεθος τους, αγνοώντας τη χρονική τους ακολουθία, (ανάλυση συχνοτήτων), είτε γιατί πράγματι, οι πραγματοποιήσεις του φυσικού φαινομένου έχουν μεταξύ τους στατιστική ανεξαρτησία, είτε για την ευκολία της υπολογιστικής διαδικασίας.

Σε πολλές όμως περιπτώσεις είναι αναγκαία η πληρέστερη στοχαστική προσέγγιση που σέβεται τη δομή της φυσικής χρονοσειράς, λαμβάνοντας υπόψη τη χρονική ακολουθία και μελετώντας τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των όρων της σειράς.

Ανεξάρτητα πάντως από την πιθανολογική ή στοχαστική προσέγγιση της χρονοσειράς, τρεις είναι οι κύριες φάσεις κατά τη στατιστική επεξεργασία ενός υδρολογικού δείγματος:

α) Περιγραφή της πληροφορίας, που περιλαμβάνει ταξινόμηση και συμπύκνωση της με τη βοήθεια γραφημάτων ή χαρακτηριστικών τιμών της (μέσος ορός, τυπική απόκλιση, κλπ.).

β) Ανάλυση της πληροφορίας, δηλαδή το "ντύσιμο" της με κάποιο πιθανολογικό ή στοχαστικό ομοίωμα (μοντέλο), που πρέπει να ταιριάζει κατά το δυνατό καλύτερα στο υπάρχον δείγμα.

γ) Πρόγνωση, δηλαδή προβολή στο μέλλον του εκλεγμένου μοντέλου για την εκτίμηση των υδρολογικών μεταβλητών σχεδιασμού, έξω από το εύρος της ιστορικής χρονοσειράς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

Υδατικό Ισοζύγιο λεκάνης απορροής

2.1 Υδατικό ισοζύγιο

Η εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου περιγράφει την συνέπεια της αρχής διατήρησης της μάζας, δηλαδή το αλγεβρικό άθροισμα των διακινήσεων και των μεταβολών αποθήκευσης νερού σε ένα όγκο αναφοράς είναι μηδέν, σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Συμβολικά η εξίσωση γράφεται:

$$\Delta S = I - O \quad (2.1)$$

Όπου ΔS η διάφορα της αποθήκευσης νερού στον όγκο αναφοράς στην συγκεκριμένη περίοδο, και I και O οι συνολικές εισροές και εκροές για την ίδια χρονική στιγμή. Οι τρεις όροι αναλύονται σε διάφορες συνιστώσες, αλλά η ανάλυση εξαρτάται πάντα από το συγκεκριμένο όγκο αναφοράς (π.χ. λεκάνη απορροής, τμήμα λεκάνης, υπόγειος υδροφόρος, λίμνη, κτλ.). Πάντως, σε κάθε περίπτωση η εξάτμιση ή η εξατμισοδιαπνοή συγκαταλέγεται πάντα στον όρο O , αφού πρόκειται για υδρολογική απώλεια.

Ειδικότερα, σε εδαφικές εκτάσεις στον όρο O , υπεισέρχεται πάντα η πραγματική εξατμισοδιαπνοή και όχι η δυνητική. Οι μέθοδοι αυτοί πρακτικώς εκτιμούν την δυνητική εξατμισοδιαπνοή. Εξάιρεση αποτελεί κατ' αρχήν η μέθοδος Penman- Monteith, που θεωρητικά μπορεί να εκτιμήσει την πραγματική εξατμισοδιαπνοή αν είναι γνωστή η πραγματική επιφανειακή φυτοκάλυψη.

Ωστόσο η προϋπόθεση αυτή μπορεί να υλοποιηθεί μόνο ερευνητικές υπολεκάνες και έτσι στις πραγματικές υδρολογικές εφαρμογές η μέθοδος δεν μπορεί να εφαρμοστεί για την εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής.

Κατά συνέπεια, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή εδαφικών επιφανειών στην πράξη μπορεί να εκτιμηθεί με αξιόπιστο τρόπο μόνο από την εξίσωση υδατικού ισοζυγίου, με την προϋπόθεση ότι υπάρχουν αξιόπιστα δεδομένα για τις υπόλοιπες συνιστώσες του ισοζυγίου.

Όμως η προϋπόθεση αυτή μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις εκπληρώνεται, όπως αναλυτικότερα θα δούμε πιο κάτω. Όταν αυτή η προϋπόθεση δεν εκπληρώνεται για την εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής επιστρατεύονται διάφορα μαθηματικά μοντέλα του υδρολογικού κύκλου, απλούστερα

ή συνθετότερα, ή χρησιμοποιούν απλές εμπειρικές σχέσεις που έχουν εξαχθεί από λεκάνες με επάρκεια δεδομένων και υδροκλιματικές συνθήκες κατά το δυνατόν όμοιες με αυτές της υπό μελέτης λεκάνης.

Οι μεθοδολογίες εκτίμησης διασαφηνίζονται παρακάτω, με την παράθεση των απλούστερων και εύκολα κατανοητών τεχνικών της βασικής υδρολογικής βιβλιογραφίας. Τονίζεται ότι σήμερα διατίθενται και χρησιμοποιούνται στην πράξη πολύ συνθετότερα και ακριβέστερα υδρολογικά μοντέλα.

2.2 Εξίσωση υδατικού ισοζυγίου απλής υδρολογικής λεκάνης

Για λόγους εύκολης κατανόησης θεωρούμε μια "απλή" υδρολογική λεκάνη, όπου ο χαρακτηρισμός "απλή" αναφέρεται στην μορφολογία και την υδρολογική δίαιτα της λεκάνης, και έχει την έννοια ότι η λεκάνη έχει σχετικά μικρή έκταση και παρουσιάζει σχετική ομοιομορφία τόσο ως προς την τοπογραφία και γεωλογία, όσο και ως προς τις υδροκλιματικές συνθήκες, βρίσκεται σε φυσική κατάσταση, χωρίς αξιόλογα έργα αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού της που να επηρεάζουν την υδρολογική δίαιτα, δεν έχει αξιόλογους υπόγειους υδροφορείς ούτε παρουσιάζει υπόγειες εισροές ή εκροές από ή προς γειτονικές λεκάνες, δεν παρουσιάζει αξιόλογες χιονοπτώσεις κατά την διάρκεια του χειμώνα.

Θεωρούμε ότι ο όγκος αναφοράς ορίζεται προς τα πάνω από την επιφάνεια της λεκάνης, πλευρικά από μια κατακόρυφη κυλινδρική επιφάνεια γύρω από τον υδροκρήτη της λεκάνης, και προς τα κάτω από ένα οριζόντιο επίπεδο αρκετά χαμηλότερα από την επιφάνεια της λεκάνης. Η μοναδική εισροή στο συγκεκριμένο όγκο αναφοράς είναι η βροχόπτωση P , ενώ η εκροή έχει δυο συνιστώσες: την (πραγματική) εξατμισοδιαπνοή E_T και την επιφανειακή απορροή Q , η οποία εξέρχεται από την διατομή της εξόδου A . Η μοναδική αποθήκευση νερού στον όγκο αναφοράς είναι η αποθήκευση στο έδαφος, υπό μορφή εδαφικής υγρασίας, την οποία συμβολίζουμε με S .

Σημειώνουμε ότι η προσωρινή αποθήκευση νερού υπό μορφή εδαφικής υγρασίας έχει πάντα σημαντικό ρόλο τόσο από πλευράς υδρολογίας όσο και για τις ζωτικές λειτουργίες της χλωρίδας, και δεν μπορεί να αγνοηθεί στην εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου.

Με αυτά τα δεδομένα, η εξίσωση ισοζυγίου για τον συγκεκριμένο όγκο αναφοράς γράφεται:

$$\Delta S = P - ET_a - Q \quad (2.2)$$

Από αυτούς τους όρους εύκολα μπορεί να μετρηθεί ο όρος P και κάπως πιο δύσκολα ο όρος Q. Οπότε στην πιο πάνω εξίσωση έχουμε δύο άγνωστους και δεν μπορούμε να την λύσουμε. Αν τα έτη που μας ενδιαφέρουν είναι παραπάνω από ένα, επειδή οι διακυμάνσεις του S έχουν εποχιακό χαρακτήρα υποθέτουμε ότι $\Delta S = 0$ οπότε η σχέση γίνεται:

$$ET_a = P - Q \quad (2.3)$$

Αν ενδιαφερόμαστε για μικρότερη χρονική περίοδο πρέπει να χρησιμοποιήσουμε μοντέλα προσομοίωσης των υδρολογικών φαινομένων.

2.3 Οι συνιστώσες του υδατικού ισοζυγίου

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται μια λεπτομερή εικόνα του υδατικού ισοζυγίου μιας λεκάνης απορροής, επικεντρώνοντας στον τρόπο με τον οποίο συμμετέχουν σε αυτό τα υπόγεια νερά.

2.3.1 Όγκοι αναφοράς και συνιστώσες ισοζυγίου

Για να γραφεί μια εξίσωση ισοζυγίου θα πρέπει προηγουμένως να καθοριστούν με ακρίβεια

- ο όγκος αναφοράς, τον οποίο αφορά
- η χρονική κλίμακα (ή το χρονικό βήμα) μελέτης,
- οι φυσικές διαδικασίες (είσοδοι και έξοδοι) στον όγκο αναφοράς αυτό,
- οι τεχνητές απολήψεις από τον όγκο αναφοράς και οι επιστροφές σ' αυτόν
- τα μεγέθη της μεταβλητής αποθήκευσης στον όγκο αναφοράς και τη χρονική κλίμακα που έχουν επιλεγεί.

Όγκοι αναφοράς. Κατά μήκος ενός υδατορεύματος, θεωρούμε δύο διαδοχικές διατομές οι οποίες ορίζουν τις αντίστοιχες λεκάνες.

Επικεντρώνουμε την προσοχή μας στο ενδιάμεσο τμήμα μεταξύ των δύο υπολεκανών.

- τα επιφανειακά υδάτινα σώματα (ποτάμιο δίκτυο, λίμνες),
- την αβαθή ζώνη, δηλαδή την εδαφική ζώνη που περιέχει νερό με πίεση χαμηλότερη της ατμοσφαιρικής,
- τη ζώνη υπόγειου νερού (υπόγειοι υδροφορείς), που περιέχει νερό σε συνθήκες κορεσμού και με πίεση μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής.

Ο συνολικός όγκος αναφοράς, ο οποίος συμπεριλαμβάνει και τους τρεις επί μέρους όγκους, αποτελεί ένα ανοικτό σύστημα, το οποίο επικοινωνεί με γειτονικά συστήματα και συγκεκριμένα

- με την ατμόσφαιρα,
- με το ανάντη τμήμα της λεκάνης (εφόσον υπάρχει τέτοιο) και
- με το κατόντη τμήμα της λεκάνης ή τον αποδέκτη της λεκάνης.

Χαρακτηριστικές διεπιφάνειες μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων είναι το έδαφος (διεπιφάνεια μεταξύ αβαθούς ζώνης και ατμόσφαιρας) και οι κατακόρυφες παρειές μεταξύ του υπό εξέταση συστήματος και των ανάντη και κατόντη τμημάτων λεκάνης. Το κάτω όριο του όγκου αναφοράς έχει καθοριστεί σε αρκετά μεγάλο βάθος, ώστε η υπόγεια ροή κάτω από αυτό να είναι αμελητέα.

Διακινήσεις. Οι φυσικές εισοδοι και έξοδοι σε όλους τους επί μέρους όγκους αναφοράς του συστήματος που εξετάζουμε (διακινήσεις νερού από μια ζώνη σε άλλη) οποία συμβολίζουν ποσότητες νερού που εισρέουν στα επιφανειακά υδάτινα σώματα, την αβαθή ζώνη και τη ζώνη υπόγειου νερού, αντίστοιχα.

Στις εξισώσεις υδατικού ισοζυγίου οι διακινήσεις εκφράζονται σαν ισοδύναμα ύψη νερού ή ως όγκοι. Στη συνέχεια περιγράφονται οι διακινήσεις που σχετίζονται με τη ζώνη υπόγειου νερού:

1. Η επαναφόρτιση των υδροφορέων από την αβαθή ζώνη πραγματοποιείται με το μηχανισμό της βαθιάς διήθησης.

2. Η επαναφόρτιση των υδροφορέων από τα επιφανειακά υδάτινα σώματα, πραγματοποιείται σε περιοχές όπου, στη διεπιφάνεια του επιφανειακού υδάτινου σώματος με τον υπόγειο υδροφόρα, η πίεση προς την πλευρά του πρώτου είναι μεγαλύτερη από αυτήν προς την πλευρά του τελευταίου. Σημειώνεται ότι, πολύ συχνά, ένα επιφανειακό υδάτινο σώμα βρίσκεται πάνω από την αβαθή ζώνη και δεν υπάρχει άμεση διεπιφάνεια με τον υπόγειο υδροφόρα. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι προφανές ότι υπάρχει θετική διαφορά πίεσης μεταξύ επιφανειακού υδάτινου σώματος και υπόβαθρου, αλλά η επαναφόρτιση γίνεται έμμεσα, αφού μεσολαβήσει μια φάση κίνησης του νερού σε συνθήκες ακόρεστης ροής στην αβαθή ζώνη.

3. Η εκφόρτιση υδροφορέων, διακίνηση αντίστροφη της πραγματοποιείται σε περιοχές όπου υπάρχει αρνητική διαφορά πίεσης μεταξύ του επιφανειακού υδάτινου σώματος και του σε επαφή υδροφόρα. Συχνά η εκφόρτιση ενός υπόγειου υδροφόρα δεν γίνεται σε ήδη σχηματισμένο επιφανειακό υδάτινο σώμα αλλά στο έδαφος (πηγή νερού), οπότε και είναι υπεύθυνη για το σχηματισμό του επιφανειακού υδάτινου σώματος στη θέση της πηγής.

4. Η τριχοειδής ανύψωση, αποσπά νερό από τους υδροφορείς, μεταφέροντας το προς τα πάνω, στην αβαθή ζώνη, με το μηχανισμό των δυνάμεων τριχοειδούς.

5. Η υπόγεια εισροή, αποτελεί την τροφοδοσία του τμήματος λεκάνης που εξετάζεται από ανάντη υδροφορείς, οι οποίοι βρίσκονται σε συνθήκες μεγαλύτερης πίεσης. Η διακίνηση αυτή μπορεί να υπάρχει ακόμη και αν το τμήμα λεκάνης αποτελεί ολόκληρη επιφανειακή υπολεκάνη, με την έννοια ότι το ανάντη όριο του είναι ο υδροκρίτης της λεκάνης. Σε αυτή την περίπτωση το αντίστοιχο μέγεθος της επιφανειακής είναι μηδενικό, αλλά η υπόγεια εισροή δεν είναι απαραίτητα μηδενική, δεδομένου ότι ο υδροκρίτης της υπόγειας υπολεκάνης δεν ταυτίζεται πάντα με αυτόν της επιφανειακής.

6. Η υπόγεια εκροή, αποτελεί την τροφοδοσία του τμήματος λεκάνης που εξετάζεται προς κατάντη υδροφορείς, οι οποίοι βρίσκονται σε συνθήκες χαμηλότερης πίεσης, ή ακόμη και προς τη θάλασσα.

Τεχνητές απολήψεις και επιστροφές. Πρόκειται για ανθρώπινες παρεμβάσεις στο φυσικό υδατικό σύστημα. Οι απολήψεις νερού γίνονται για την κάλυψη συγκεκριμένων υδατικών αναγκών (π.χ., άρδευση, ύδρευση).

Οι επιστροφές νερού περιλαμβάνουν ένα τμήμα των απολήψεων που αποδίδεται πάλι στο φυσικό υδατικό σύστημα (π.χ., στραγγίσματα αρδευτικού νερού). Οι χρήσεις του νερού διακρίνονται σε καταναλωτικές και σε μη καταναλωτικές. Στις μη καταναλωτικές χρήσεις οι επιστροφές είναι ίσες με τις απολήψεις και, για αυτό μπορούν να παραλειφθούν κατά τη σύνταξη του ισοζυγίου.

Αποθηκεύσεις. Αποθήκευση νερού γίνεται κατά αρχήν και στους τρεις επί μέρους όγκους αναφοράς που προαναφέρθηκαν. Στην πραγματικότητα στο ισοζύγιο δεν ενδιαφέρει το απόλυτο μέγεθος της αποθήκευσης αλλά η διαφορά ΔS στην αρχή και το τέλος του χρονικού βήματος που εξετάζεται. Η σημαντικότητα των αποθηκεύσεων στο ισοζύγιο εξαρτάται σαφώς από τη χρονική κλίμακα μελέτης και συγκεκριμένα η αποθήκευση των επιφανειακών σωμάτων περιλαμβάνει δύο συνιστώσες: την αποθήκευση στο ποτάμιο σύστημα και την αποθήκευση στις φυσικές λίμνες και τους τεχνητούς ταμιευτήρες.

Η πρώτη είναι σημαντική στην ωριαία ή την ημερήσια κλίμακα , αλλά είναι αμελητέα σε μεγαλύτερες κλίμακες.

Η δεύτερη είναι σημαντική σε μηνιαία, ετήσια ή ακόμα και υπερετήσια κλίμακα, ανάλογα με την αποθηκευτική ικανότητα των λιμνών ή ταμιευτήρων. Η αποθήκευση της αβαθούς ζώνης είναι σημαντική σε μηνιαία κλίμακα και μη σημαντική σε ετήσια ή μεγαλύτερη κλίμακα.

Η αποθήκευση της ζώνης υπόγειου νερού είναι σημαντική σε ετήσια ή και υπερετήσια κλίμακα, ανάλογα με το μέγεθος, την μεταφορικότητα και την αποθηκευτικότητα των υδροφορέων

2.3.2 Εξισώσεις υδατικού ισοζυγίου

Για τις εξισώσεις ισοζυγίου που θα αναπτυχθεί θα γίνουν δύο βασικές παραδοχές: η χρονική κλίμακα μελέτης είναι υπερετήσια, και πάντως μεγαλύτερη από το μέσο χρόνο παραμονής του νερού στους υπόγειους υδροφορείς, και δεν υπάρχουν σημαντικές ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στο φυσικό υδατικό σύστημα. Η πρώτη παραδοχή μας επιτρέπει να αγνοήσουμε τις αποθηκεύσεις στο σύστημα και η δεύτερη καθιστά αμελητέες τις απολήψεις και επι-

στροφές. Επομένως, οι εξισώσεις που θα αναπτυχθούν περιλαμβάνουν μόνο τις φυσικές διακινήσεις νερού.

Θεωρώντας ως όγκο αναφοράς το συνολικό σύστημα και κάτω από τις παραδοχές που προαναφέρθηκαν, μπορούμε να γράψουμε την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου ως :

$$(P + Q_1 + G) - (E + Q_0 + G_0) = 0 \quad (2.4)$$

ή ισοδύναμα

$$(P - E) - (Q_0 - Q_1) - (G_0 - G_1) = 0 \quad (2.5)$$

Για τις ίδιες συνθήκες και με τον όγκο αναφοράς να ταυτίζεται με την ζώνη κορεσμού η εξίσωση του ισοζυγίου γράφεται

$$(G_M + G_0 + G_1) - (M_G + Q_G + G_0) = 0 \quad (2.6)$$

Όπου	P	Κατακρημνίσματα
	Q ₀	Επιφανειακή εκροή
	Q ₁	Επιφανειακή εισροή
	Q _G	Εκφόρτιση υδροφορέων
	G ₀	Επιφανειακή εκροή
	G ₁	Υπόγεια εισροή
	G _M	Επαναφόρτιση από το έδαφος
	M _G	Τριχοειδής ανύψωση
	E	Εξατμισοδιαπνοή

2.3.3 Χαρακτηριστικά μεγέθη υπόγειας απορροής

Παρακάτω αξιοποιούνται οι εξισώσεις ισοζυγίου (2.4)-(2.6), προκειμένου να οριστούν ορισμένα χαρακτηριστικά μεγέθη της επιφανειακής, υπόγειας και συνολικής απορροής καθώς και οι σχέσεις ανάμεσα στα μεγέθη αυτά .

Καθαρή επαναφόρτιση των υπόγειων υδροφορέων

Ορίζεται ως.:

$$G_N = G_M + G_Q + M_G \quad (2.7)$$

και αναφέρεται επίσης στην ελληνική υδρογεωλογική βιβλιογραφία ως κατείδυση. Περιγράφει ποσοτικά το φυσικό εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων στον εξεταζόμενο όγκο αναφοράς.

Χρησιμοποιώντας την καθαρή επαναφόρτιση όπως ορίζεται στην εξίσωση (2.7), η εξίσωση ισοζυγίου για την ζώνη υπόγειου νερού απλοποιείται και γράφεται:

$$(G_G - Q_G) - (G_0 - G_1) = 0 \quad (2.8)$$

Συνολική φυσική υδρολογική παραγωγή

Περιγράφει την ποσότητα νερού που πραγματικά έχει παραχθεί στον εξεταζόμενο όγκο αναφοράς. Ορίζεται ως η διαφορά εισρών και εκρών στις διατομές εισόδου και εξόδου του εξεταζόμενου όγκου αναφοράς:

$$\Pi = (Q_0 - Q_1) + (G_0 - G_1) \quad (2.9)$$

Λόγω της (2.5) έχει την ισοδύναμη έκφραση:

$$\Pi = P - E \quad (2.10)$$

Η συνολική υδρολογική παραγωγή

Αναλύεται καταρχήν σε δύο όρους, τον όρο επιφανειακής απορροής Π'_Q και τον όρο υπόγειας ροής Π'_G , όπου:

$$\Pi'_Q = Q_0 - Q_1 \quad (2.11)$$

$$\Pi'_G = G_0 - G_1 \quad (2.12)$$

$$\Pi = \Pi'_Q + \Pi'_G \quad (2.13)$$

Παρατηρούμε ότι οι δύο αυτοί όροι δεν είναι απολύτως αντιπροσωπευτικοί δείκτες των ποσοτήτων των επιφανειακών και υπόγειων νερών που παράγονται στον εξεταζόμενο όγκο αναφοράς.

Αυτό μπορεί εύκολα να διαπιστωθεί από το γεγονός ότι οι όροι αυτοί μπορούν να πάρουν και αρνητικές τιμές ενώ ασφαλώς σε κάθε περίπτωση η συνολική υδρολογική παραγωγή είναι θετική.

Έτσι, ο όρος επιφανειακής απορροής μπορεί να γίνει αρνητικός αν υπάρχουν σημαντικές επαναφορτίσεις υπογείων υδροφορέων από επιφανειακά υδάτινα σώματα.

Αντίστοιχα ο όρος υπόγειας απορροής μπορεί να γίνει αρνητικός αν υπάρχει σημαντική εκφόρτιση υδροφορέων στο εξεταζόμενο τμήμα της λεκάνης. Για τους λόγους αυτούς οι φυσικές παραγωγές επιφανειακού και υπόγειου νερού δεν ταυτίζονται με τα μεγέθη Π_Q και Π_G , αντίστοιχα, αλλά ορίζονται με διαφορετικό τρόπο, όπως φαίνεται .

Φυσική παραγωγή επιφανειακού νερού : Περιγράφει την ποσότητα επιφανειακής απορροής που πραγματικά έχει παραχθεί στον εξεταζόμενο όγκο αναφοράς και ορίζεται ως:

$$\Pi_Q = (Q_0 - Q_1) + G_Q = \Pi'_Q + G_Q \quad (2.14)$$

Φυσική παραγωγή υπόγειου νερού

Περιγράφει την ποσότητα υπόγειας απορροής που πραγματικά έχει παραχθεί στον εξεταζόμενο όγκο αναφοράς και ορίζεται ως:

$$\Pi_G = (G_0 - G_1) + G_G = \Pi'_G + Q_G \quad (2.15)$$

Παρατηρούμε ότι λόγω της (2.8) η φυσική παραγωγή υπόγειου νερού ταυτίζεται με την καθαρή επαναφόρτιση :

$$\Pi_G = G_N \quad (2.16)$$

Το άθροισμα των παραγωγών επιφανειακού και υπόγειου νερού δεν ταυτίζεται με την συνολική υδρολογική παραγωγή, αλλά την υπερβαίνει

$$\Pi_G + \Pi_Q = \Pi + Q_G + G_Q > \Pi \quad (2.17)$$

Αυτή η φαινομενική ασυμφωνία αντικατοπτρίζει το γεγονός ότι ένα τμήμα της απορροής, το $Q_G + G_Q$, έχει υπάρξει σε ένα χρονικό διάστημα (ή σε μια περιοχή) ως υπόγειο νερό, και σε ένα άλλο διάστημα (ή περιοχή) ως επιφανειακό νερό.

Δείκτες σχετικής φυσικής παραγωγής

Οι δείκτες αυτοί είναι αδιάστατα μεγέθη που εκφράζουν τους λόγους των επί μέρους φυσικών παραγωγών προς τη συνολική υδρολογική παραγωγή. Ορίζονται με τις ακόλουθες σχέσεις:

$$\pi'_Q = \Pi'_Q / \Pi \quad (2.18)$$

$$\pi_Q = \Pi_Q / \Pi \quad (2.19)$$

$$\pi'_G = \Pi'_G / \Pi \quad (2.20)$$

$$\pi_G = \Pi_G / \Pi \quad (2.21)$$

άλλα ισχύει

$$\pi'_Q + \pi'_G = 1 \quad (2.22)$$

$$\pi_Q + \pi_G > 1 \quad (2.23)$$

Συντελεστές απορροής

Οι συντελεστές αυτοί είναι επίσης αδιάστατα μεγέθη που εκφράζουν τους λόγους της συνολικής και των επί μέρους φυσικών παραγωγών προς τον όγκο των κατακρημνισμάτων στον εξεταζόμενο όγκο αναφοράς και ορίζονται με τις πιο κάτω σχέσεις :

$$\psi = \Pi_Q / P \quad (2.24)$$

$$\psi'_Q = \Pi'_Q / P \quad (2.25)$$

$$\Psi_Q = \Pi_Q / P \quad (2.26)$$

$$\psi'_G = \Pi'_G / P \quad (2.27)$$

$$\psi_G = \Pi_G / P \quad (2.28)$$

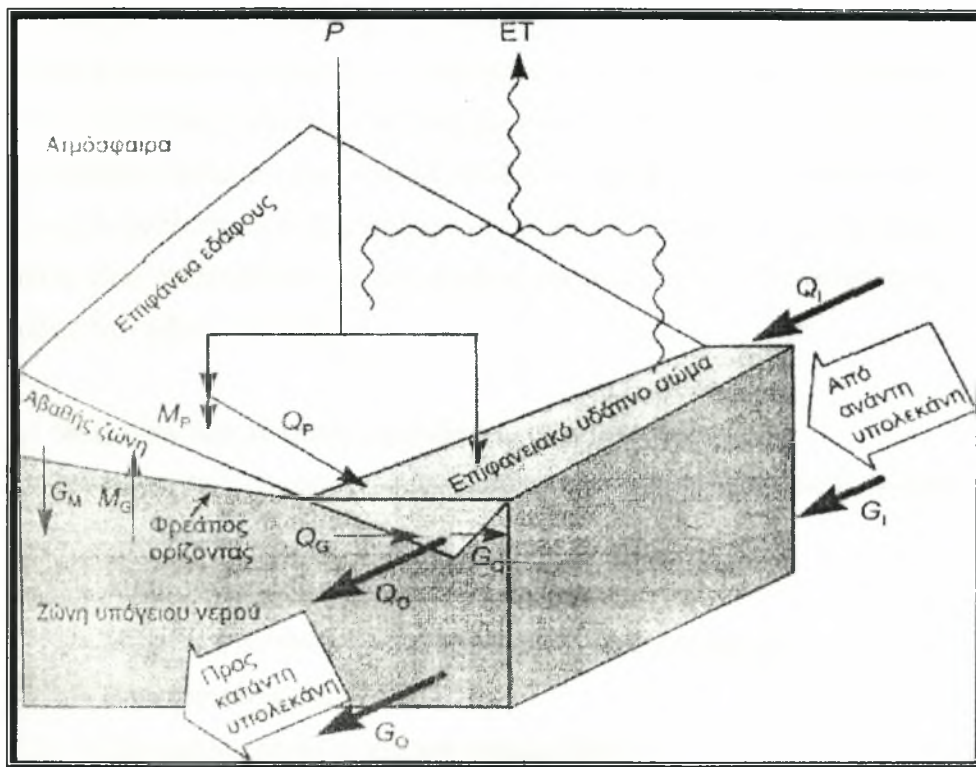
όπου ισχύει:

$$\psi'_Q + \psi'_G = \psi \quad (2.29)$$

$$\psi_Q + \psi_G > \psi \quad (2.30)$$

Είναι προφανές ότι οι εξισώσεις ισοζυγίου (2.4) & (2.6) δεν αρκούν για την εκτίμηση όλων των διακινήσεων νερού που υπεισέρχονται σε αυτό.

Απλώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση μιας ή δύο συνιστωσών, όταν είναι γνωστές οι υπόλοιπες. Όπως είναι γνωστό, τα κατακρημνίσματα και η επιφανειακή απορροή μπορούν να μετρηθούν με ικανοποιητική ακρίβεια, ενώ δεν συμβαίνει το ίδιο με τις υπόλοιπες συνιστώσες. Έτσι, η ακριβής γνώση του συνόλου των συνιστωσών του υδατικού ισοζυγίου, απαιτεί το συνδυασμό μετρήσεων, μαθηματικών μοντέλων, εμπειρικών τεχνικών, εμπειρίας και κρίσης .



Σχήμα 2.1 Σχηματική παράσταση των όγκων αναφοράς και των συνιστωσών του υδατικού ισοζυγίου, (Κουτσογιάννης, 1999).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Μέθοδοι εκτίμησης επιφανειακής βροχόπτωσης & μοντέλα εκτίμησης εξατμισοδιαπνοής

3.1 Ατμοσφαιρικά Κατακρημνίσματα

Η ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων σε ένα τόπο μετριέται με το κατακόρυφο ύψος που θα έφτανε το νερό αν δεν συνέβαιναν απώλειες απορροής, διήθησης και εξατμησης.

Από όλες τις μετεωρολογικές παρατηρήσεις τη σημαντικότερη θέση για την Τεχνική Υδρολογία κατέχουν οι μετρήσεις των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα η βροχόπτωση και το χιόνι έχουν άμεση επίπτωση στο υδατικό ισοζύγιο. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η μέτρηση και η ανάλυση των βροχομετρικών παρατηρήσεων για τις υδρολογικές μελέτες που απαιτούνται για τον σχεδιασμό των έργων αξιοποίησης και προστασίας των υδατικών πόρων.

3.1.1 Μέτρηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων

Για τη μέτρηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα με διαφορετικούς στόχους:

- Απλή παρατήρηση (π.χ. βροχόμετρο)
- Μηχανική αυτόματη καταγραφή (π.χ. βροχογράφος)
- Ηλεκτρονική καταχώρηση
- Σύγχρονη καταχώρηση και τηλεμετάδοση

Τα κύρια όργανα μέτρησης των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι:

- ✓ Βροχόμετρα
- ✓ Βροχογράφοι
- ✓ Ραντάρ
- ✓ Δορυφόροι

Το βροχόμετρο είναι μεταλλικό κυλινδρικό δοχείο με στόμιο στο επάνω μέρος για την εισδοχή των κατακρημνισμάτων. Η επιφάνεια του στομίου κυμαίνεται από 200-500 cm. Μέσα στο βροχόμετρο υπάρχει ειδικά κατασκευα-

σμένο μικρότερο δοχείο συλλογής, όπου τα κατακρημνίσματα οδηγούνται δια μέσου χοάνης.

Το όργανο τοποθετείται κατακόρυφα στην επιφάνεια του εδάφους και οι αναγνώσεις γίνονται σε ημερήσια ή εβδομαδιαία βάση. Το ύψος των κατακρημνισμάτων μεταξύ δύο διαδοχικών αναγνώσεων είναι θεωρητικά ίσο με το λόγο του όγκου του νερού στο δοχείο συλλογής δια της επιφάνειας του στομίου.

Στην πράξη όμως χρησιμοποιούνται ειδικοί γυάλινοι ογκομετρικοί σωλήνες, προσαρμοσμένοι συνήθως μέσα στο βροχόμετρο που δίνουν το ύψος με απλή ανάγνωση της κλίμακας τους. Σε πολλές περιπτώσεις για κάθε mm βροχής αντιστοιχεί 1 cm στην κλίμακα του σωλήνα ώστε να εξασφαλίζεται μεγαλύτερη ακρίβεια.

Τα βροχόμετρα που χρησιμοποιούνται στις διάφορες χώρες (Σχήμα 3.1) έχουν συνήθως διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά. Όλα όμως τα όργανα, ανεξαρτήτως χαρακτηριστικών, μετρούν το ύψος των κατακρημνισμάτων με ορισμένο σφάλμα το οποίο σε ετήσια βάση κυμαίνεται από 2-20% για τη βροχή και μέχρι 50% για το χιόνι .

Για τη μείωση του σφάλματος που αναφέρθηκε λαμβάνονται διάφορα μέτρα και μεταξύ αυτών η χρήση βροχόμετρων επιφανείας εδάφους, καθώς και η χρήση αλεξήνεμου γύρω από το όργανο, είναι από τα πιο σημαντικά. Πάντως παρά τα μέτρα που λαμβάνονται, το ύψος των κατακρημνισμάτων που συλλέγει το βροχόμετρο είναι διαφορετικό από εκείνο που θα έφθανε στην συγκεκριμένη θέση της επιφανείας του εδάφους αν το όργανο δεν ήταν τοποθετημένο εκεί.

Το γεγονός ότι το βροχόμετρο δεν παρέχει πληροφορίες για την κατανομή των κατακρημνισμάτων με το χρόνο, οδήγησε τους τεχνικούς στην κατασκευή του βροχογράφου ή αυτογραφικού βροχόμετρου. Το όργανο αυτό, εκτός από το συνολικό ύψος κατακρημνισμάτων, παρέχει και τις παραπάνω πληροφορίες. Αυτές καταγράφονται σε ειδικά διαβαθμισμένη ταινία, τοποθετημένη γύρω από μεταλλικό τύμπανο που περιστρέφεται με ωρολογιακό μηχανισμό ή ηλεκτρική ενέργεια. Οι κύριοι τύποι βροχογράφων είναι:

- Βροχογράφος με πλωτήρα .
- Βροχογράφος ανατρεπόμενου κάδου .

- Βροχογράφος ζυγού . Ο βροχογράφος αυτός βασίζεται στο ζύγισμα του νερού που αποθηκεύεται και με ειδικό μηχανισμό καταγράφει το βάρος στην ταινία του κυλίνδρου που περιστρέφεται (Σχήμα 3.2).

Τα βροχόμετρα και οι βροχογράφοι μετρούν το ύψος των κατακρημνισμάτων, μόνο στα σημεία που είναι τοποθετημένα, ενώ στην πράξη μας ενδιαφέρει το ύψος αυτών σε μία ευρεία περιοχή. Το ύψος αυτό εκτιμάται με διάφορους μεθόδους από τα όργανα που είναι τοποθετημένα στις διάφορες θέσεις και η ακρίβεια εκτίμησης εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό των οργάνων ή διαφορετικά από την πυκνότητα του βροχομετρικού δικτύου.

Όμως πυκνό βροχομετρικό δίκτυο σημαίνει και μεγάλη οικονομική επιβάρυνση. Για το λόγο αυτό έχουν γίνει προσπάθειες για την κάλυψη της εικόνας των κατακρημνισμάτων από ένα μόνο όργανο με τη χρήση ραντάρ ή ακόμα και με τη βοήθεια δορυφόρων.

3.1.2 Βροχομετρικοί σταθμοί

Για τη μέτρηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων πέρα από τα όργανα που είναι απαραίτητα πρέπει να υπάρχουν οι κατάλληλες εκείνες συνθήκες που να επιτρέπουν την μέτρηση με την απαιτούμενη ακρίβεια.

Για το λόγο αυτό τα όργανα μέτρησης των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων τοποθετούνται σε επιλεγμένες θέσεις ειδικά διαμορφωμένες και περιφραγμένες που ονομάζονται βροχομετρικοί σταθμοί.

Ένας βροχομετρικός σταθμός μπορεί να έχει βροχόμετρο ή βροχογράφο ή και τα δύο. Γενικά δεν τοποθετείται σε κεκλιμένο έδαφος και καλύπτεται με γρασίδι ή χονδρόκοκκο αδρανές υλικό ώστε να αποφεύγεται η αναπήδηση των σταγόνων. Το βροχόμετρο στερεώνεται στο έδαφος ώστε το ύψος του από αυτό να είναι ένα μέτρο. Οι αποστάσεις του βροχόμετρου από πιθανά εμπόδια πρέπει να είναι μεγαλύτερες του τετραπλασίου του ύψους του εμποδίου (Σχήμα 3.3).

3.1.3 Βροχομετρικά Δίκτυα

Είναι φανερό ότι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα μιας περιοχής επηρεάζονται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε περιοχής και τη θέση της

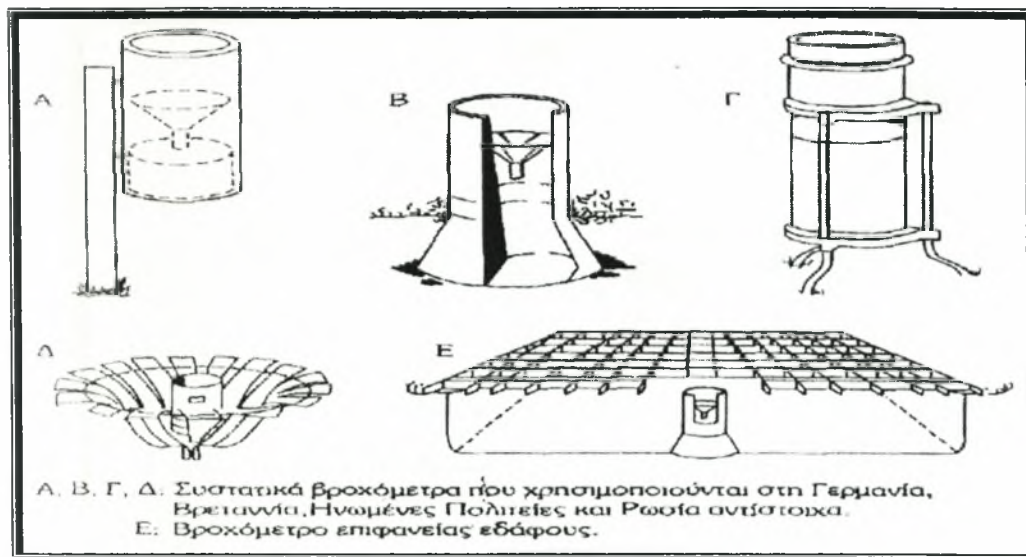
περιοχής σε σχέση με τη διεύθυνση των κυκλωνικών συστημάτων. Για την καταγραφή και ανάλυση των κατακρημνισμάτων είναι απαραίτητη η εγκατάσταση δικτύου βροχομετρικών σταθμών.

Η πυκνότητα και η ποιότητα (δηλαδή ακρίβεια μετρήσεων) ενός βροχομετρικού δικτύου εξαρτάται κύρια από τους σκοπούς που υπηρετεί και την απαιτούμενη ακρίβεια των παρατηρήσεων. Για πεδινές περιοχές Μεσογειακού κλίματος απαιτείται ένας σταθμός για 600-900 Km² ή το λιγότερο ένας σταθμός για 900-3000 Km². Για ορεινές περιοχές Μεσογειακού κλίματος απαιτείται ένας σταθμός ανά 100-250 Km² ή το λιγότερο ένας σταθμός ανά 250-1000 Km².

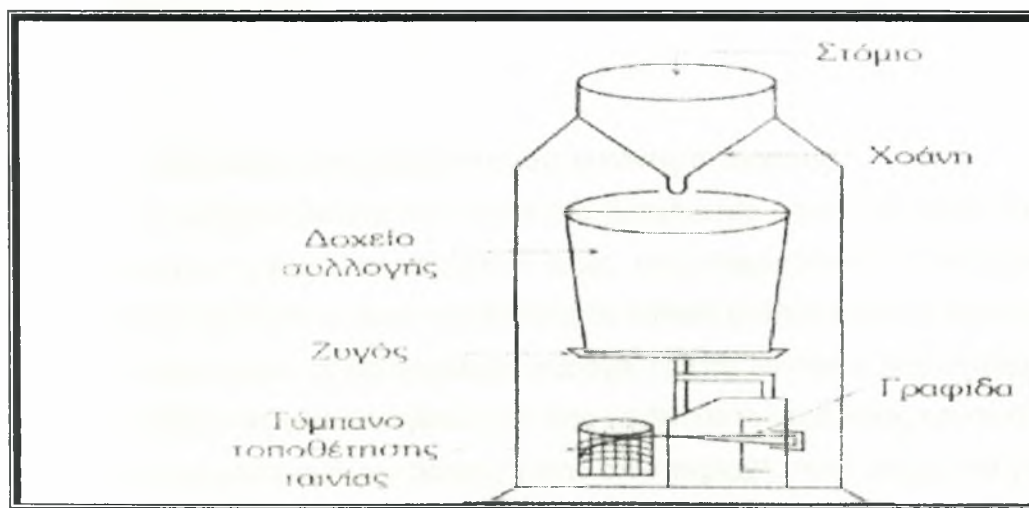
Βέβαια με αυστηρά κριτήρια δίκτυο αποτελεί ένα σύνολο σταθμών των οποίων οι μετρήσεις έχουν κάποια συνάφεια μεταξύ τους. Μπορούν δηλαδή να υπάρξουν αξιόπιστες συσχετίσεις μεταξύ των βροχομετρικών παρατηρήσεων των σταθμών ώστε να είναι δυνατή η συμπλήρωση πιθανόν ελλειπουσών παρατηρήσεων και η επέκταση των παρατηρήσεων σε περιοχές που βρίσκονται μεταξύ των σταθμών με μεθόδους όπως αυτή της παρεμβολής.

Η πυκνότητα των σταθμών, ο εξοπλισμός που διαθέτουν καθώς και ο τρόπος καταχώρησης των παρατηρήσεων εξαρτάται επίσης από οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες. Συνήθως είναι ιδιαίτερα δύσκολο να αξιολογηθεί η προσφορά ενός αξιόπιστου βροχομετρικού σταθμού ενώ η κοινωνία δύσκολα θα δεχόταν μια υπέρογκη επιβάρυνση για την εγκατάσταση και λειτουργία ενός σύγχρονου δικτύου. Όπως παρατηρούν διεθνείς οργανισμοί οι φάσεις δημιουργίας ενός δικτύου είναι:

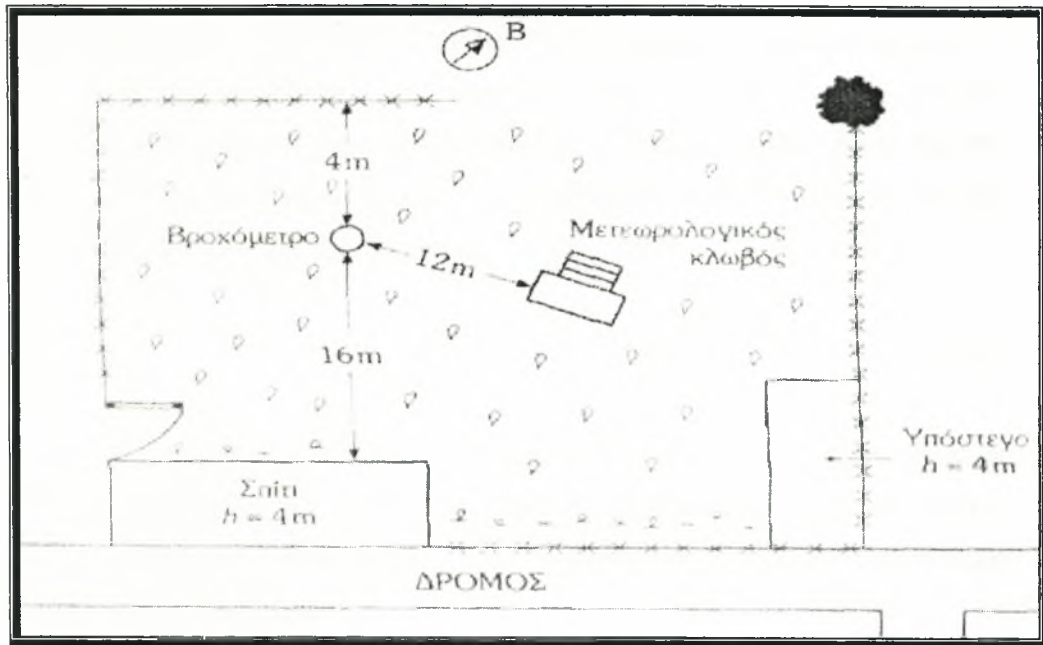
- Δημιουργία ανεξάρτητων σταθμών για τοπικές ανάγκες.
- Πύκνωση των σταθμών και υποτυπώδες δίκτυο.
- Εγκατεστημένο δίκτυο με σημαντικό βαθμό συνάφειας μεταξύ των σταθμών.
- Μείωση του δικτύου των σταθμών με κατάργηση μερικών από αυτούς που δεν επηρεάζουν την συνάφεια.



Σχήμα 3.1 : Τύποι βροχομέτρων, (Τσακίρης, 1995).



Σχήμα 3.2: Τομή βροχογράφου τύπου ζυγού, (Τσακίρης, 1995).



Σχήμα 3.3:Τυπική διάταξη μετεωρολογικού σταθμού με βροχόμετρο, (Τσακίρης, 1995).

3.2 Επιφανειακή βροχόπτωση λεκάνης απορροής

Η μέτρηση βροχής που κάνει ένα βροχόμετρο αφορά το σημείο που είναι εγκατεστημένο. Τον υδρολόγο όμως, στις περισσότερες περιπτώσεις, ενδιαφέρει όχι τόσο το ύψος της βροχής σε κάποιο σταθμό αλλά το ύψος της βροχής που έπεσε σε μια ολόκληρη περιοχή. Πρέπει λοιπόν οι παρατηρήσεις των σταθμών να τροποποιηθούν έτσι που να δίνουν το μέσο ύψος και αν είναι δυνατόν την κατανομή της βροχής πάνω στην περιοχή. Αυτό μπορεί να γίνει με μια από τις παρακάτω μεθόδους:

3.2.1 Μέθοδος του αριθμητικού μέσου όρου

Με τη μέθοδο αυτή αθροίζονται τα ύψη βροχής, που παρατηρήθηκαν σε όλους τους σταθμούς μιας περιοχής και το άθροισμα αυτό διαιρείται με τον αριθμό των σταθμών. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι ο τρόπος αυτός δίνει ένα κάποιο μέσο ύψος βροχής της περιοχής και καθόλου την κατανομή της. Είναι τα ύψη βροχής, που μετρήθηκαν σε καθένα σταθμό, στη διάρκεια μιας

χρονικής περιόδου. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο όταν η περιοχή είναι σχετικά ομοιόμορφη και υπάρχει πυκνό δίκτυο βροχομετρικών σταθμών. Δεν πρέπει να εφαρμόζεται όταν το ανάγλυφο της περιοχής είναι πολύ ανώμαλο και οι σταθμοί λιγοστοί και όχι συμμετρικά κατανομημένοι.

Αν n είναι ο αριθμός των σταθμών και p_1, \dots, p_n είναι τα ύψη της βροχής, που μετρήθηκαν σε κάθε σταθμό, στην διάρκεια μιας ορισμένης περιόδου, το μέσο ύψος βροχής (p_m) που αντιστοιχεί στην περιοχή για την συγκεκριμένη χρονική περίοδο βρίσκεται από την σχέση :

$$P_m = (p_1 + p_2 + \dots + p_n) / n \quad (3.1)$$

Αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο όταν η περιοχή είναι ομοιόμορφη και υπάρχει πυκνό δίκτυο βροχομετρικών σταθμών. Δεν πρέπει να εφαρμόζεται όταν το ανάγλυφο είναι ανώμαλο και οι σταθμοί λίγοι και όχι συμμετρικά κατανομημένοι.

3.2.2 Η μέθοδος των πολύγωνων Thiessen

Η μέθοδος αυτή πλεονεκτεί του αριθμητικού μέσου όρου στο ότι το ύψος βροχής που παρατηρείται σε κάθε σταθμό σταθμίζεται με μια αντιπροσωπευτική έκταση.

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η παρακάτω: οι βροχομετρικοί σταθμοί μιας περιοχής τοποθετούνται πάνω στο χάρτη και ενώνονται μεταξύ τους με ευθείες γραμμές. Στα μέσα των γραμμών αυτών χρειάζονται άλλες κάθετες γραμμές που συναντιούνται μεταξύ τους και σχηματίζουν πολύγωνα γύρω από κάθε σταθμό. Το ύψος της βροχής που μετρήθηκε σε κάθε σταθμό θεωρείται ότι είναι το ύψος που έπεσε στο πολύγωνο που τον περιβάλλει. Για να βρεθεί το μέσο ύψος βροχής μιας περιοχής, το ύψος βροχής κάθε σταθμού πολλαπλασιάζεται με το εμβαδόν του πολύγωνου που τον περιβάλλει, τα γινόμενα αυτά αθροίζονται και το άθροισμα διαιρείται με το συνολικό εμβαδόν της έκτασης.

Τα ύψη βροχής που παρατηρήθηκαν σε κάθε έναν από τους n σταθμούς που είναι μέσα ή και γύρω στην περίμετρο μιας περιοχής, τα εμβαδά των πολύγωνων που περιβάλλουν αντίστοιχα τους σταθμούς μέσα στα όρια της περιοχής και είναι το εμβαδόν ολόκληρης της περιοχής, το μέσο ύψος

βροχής της περιοχής μπορεί να βρεθεί με τη σχέση 3.2 που αναλύεται παρακάτω.

Με τη μέθοδο αυτή, όπως αναφέρθηκε παραπάνω μπορεί να χρησιμοποιηθούν και οι σταθμοί που βρίσκονται γύρω από την περιοχή κάνοντας έτσι πιο αντιπροσωπευτικό το τελικό αποτέλεσμα. Η μέθοδος στηρίζεται στην παραδοχή ότι το ύψος βροχής μεταβάλλεται γραμμικά από σταθμό σε σταθμό και έτσι δεν επιτρέπει στον αναλυτή να χρησιμοποιήσει την επιδεξιότητα του για την εκτίμηση της επίδρασης του ανάγλυφου του εδάφους.

Αν p_1, \dots, p_n είναι τα ύψη βροχής που παρατηρήθηκαν σε καθένα από τους σταθμούς που είναι μέσα ή βρίσκονται γύρω από την περίμετρο μιας περιοχής, a_1, \dots, a_n είναι τα εμβαδά των πολυγώνων που περιβάλλουν αντίστοιχα τους σταθμούς μέσα στα όρια της περιοχής και A είναι το εμβαδόν ολόκληρης της περιοχής, το μέσο ύψος βροχής της περιοχής p_m μπορεί να βρεθεί από την σχέση :

$$P_m = (p_1 a_1 + p_2 a_2 + \dots + p_n a_n) / A \quad (3.2)$$

Με την μέθοδο αυτή μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι σταθμοί που είναι γύρω στην περιοχή κάνοντας έτσι το τελικό αποτέλεσμα.

Η μέθοδος στηρίζεται στην παραδοχή ότι το ύψος βροχής μεταβάλλεται γραμμικά από σταθμό σε σταθμό και δεν εκτιμάται η επίδραση του ανάγλυφου του εδάφους.

3.3.3 Η μέθοδος των ισοϋέτιων καμπυλών

Η μέθοδος των ισοϋέτιων καμπυλών είναι η πιο πλήρης και αντικειμενική για την εκτίμηση της μέσης βροχόπτωσης μιας περιοχής γιατί παίρνει υπόψη την τοπογραφία περιοχής, τα χαρακτηριστικά της βροχής και αλλά στοιχεία που βοηθούν στην σωστή εκτίμηση. Η εφαρμογή της μεθόδου γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο: πρώτα παίρνεται ένα χάρτης της περιοχής στον οποίο φαίνεται η τοπογραφική της διαμόρφωση και τοποθετούνται οι θέσεις των βροχομετρικών σταθμών. Μετά, στη θέση κάθε σταθμού τοποθετούνται τα ύψη βροχής που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης χρονικής περιόδου της οποίας επιχειρείται η ανάλυση. Στη συνέχεια χαράσσονται

οι ισοϋέτιες καμπύλες που είναι καμπύλες που ενώνουν σημεία ίσου ύψους βροχής.

Κατά τη χάραξη τους, όπως και παραπάνω αναφέρθηκε, εκτός από τα ύψη βροχής των σταθμών παίρνονται υπόψη τα χαρακτηριστικά της βροχής, η τοπογραφική διαμόρφωση, η τυχόν ύπαρξη σχέσεων ανάμεσα στο ύψος της βροχής και τα υψόμετρα και κάθε άλλο στοιχείο που μπορεί να φανεί χρήσιμο στη διαμόρφωση σωστής γνώμης. Ακόμη, στη διαδικασία χρησιμοποιούνται και σταθμοί εκτός της περιοχής.

Για τον υπολογισμό της μέσης βροχόπτωσης της περιοχής βρίσκονται τα εμβαδά των ζωνών που περικλείονται ανάμεσα σε διαδοχικές ισοϋέτιες, τα εμβαδά αυτά πολλαπλασιάζονται με το μέσο όρο του ύψους βροχής των ισόβροχων που τα περικλείουν, τα γινόμενα που προκύπτουν προστίθενται και το άθροισμα αυτό διαιρείται με το εμβαδόν ολόκληρης της περιοχής. Αν p_1, p_2, \dots, p_n είναι το ύψος των ισοϋέτιων καμπυλών που έχουν χαραχτεί σε μια περιοχή, για συγκεκριμένη χρονική περίοδο, $a_{1,2}, a_{2,3}, \dots, a_{n-1}$ είναι τα εμβαδά των ζωνών ανάμεσα στις ισοϋέτιες, $(p_1 + p_2)/2, (p_2 + p_3)/2, \dots, (p_{n-1} + p_n)/2$ είναι τα μέσα ύψη βροχής που αντιστοιχούν σε κάθε ζώνη και A είναι το εμβαδόν ολόκληρης της περιοχής, η μέση βροχόπτωση που πέφτει στην περιοχή, στην συγκεκριμένη χρονική περίοδο εκφράζεται από την σχέση :

$$P_m = \{(p_1 + p_2)a_{1,2} + (p_2 + p_3)a_{2,3} + \dots + (p_{n-1} + p_n)a_{n-1,n}\} / 2A \quad (3.3)$$

Γενικά αυτή η μέθοδος εκτός από τη μέση βροχόπτωση δίνει και την κατανομή της στην περιοχή και επιτρέπει τον χωρισμό της περιοχής σε τμήματα που συμβάλουν ανάλογα με την απορροή.

3.3.4 Μέθοδος βροχοβαθμίδας

Η υψομετρική μέθοδος της βροχοβαθμίδας βασίζεται στην παρατήρηση ότι το ύψος βροχής αυξάνει με την αύξηση του υψόμετρου και χρησιμοποιεί τη βροχοβαθμίδα που είναι όρος που περιγράφει την αύξηση του ετήσιου βροχομετρικού ύψους ανά εκατό μέτρα αύξηση του υψόμετρου. Η μέθοδος χρησιμοποιεί μια απλή γραμμική σχέση που συσχετίζει τα υψόμετρα των σταθμών με το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κάθε σταθμού και εφόσον υπάρχει

ικανοποιητική συσχέτιση, η σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του ύψους βροχής, σε οποιοδήποτε υψόμετρο.

Η μέθοδος της βροχοβαθμίδας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την συμπλήρωση παρατηρήσεων όσο και για την εύρεση της μέσης βροχόπτωσης μιας λεκάνης, με ανάγωση στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης. Η διαδικασία της βροχοβαθμίδας πρέπει να χρησιμοποιείται με μεγάλη προσοχή και τα μεγέθη να αναφέρονται σε μεγάλο χρονικό βήμα (π.χ. έτος) και στη συνέχεια με μεθόδους επιμερισμού να γίνεται εκτίμηση μεγεθών μικρότερων χρονικών βημάτων (π.χ. μήνας).

Πολλές φορές η ευθεία γραμμικής παλινδρόμησης που χαράσσεται για προσδιορισμό της βροχοβαθμίδας προκύπτει με χαμηλό βαθμό γραμμικής συσχέτισης. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να ελεγχθούν οι δυνατότητες εξαίρεσης κάποιων σταθμών ή ο χωρισμός της περιοχής σε υποπεριοχές στις οποίες να προκύπτει η ευθεία γραμμή παλινδρόμησης με ικανοποιητικό συντελεστή γραμμικής συσχέτισης.

Γενικά δεν έχει έννοια η βροχοβαθμίδα σε ολόκληρα υδατικά διαμερίσματα λόγω της ποικιλίας των τοπικών συνθηκών που συναντώνται σε μια ευρύτερη περιοχή ενός υδατικού διαμερίσματος.

Αντίθετα είναι απαραίτητο το κάθε υδατικό διαμέρισμα να χωρίζεται σε περιοχές με ομοιογενείς συνθήκες ώστε σε κάθε τέτοια περιοχή να υπάρχει ένα αξιόπιστο μέγεθος βροχοβαθμίδας.

Η γενική μεθοδολογία χωρισμού μιας ευρύτερης περιοχής σε ομοιογενείς υποπεριοχές (σε σχέση πάντα με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα) είναι γνωστή στην Υδρολογία με τον όρο περιοχοποίηση. Η μέθοδος αυτή εκτός από τη μέση βροχόπτωση δίνει και την κατανομή της στην περιοχή και επιτρέπει τον χωρισμό της περιοχής σε τμήματα που συμβάλουν ανάλογα με την απορροή.

3.4 Ανάλυση βροχομετρικών παρατηρήσεων

Αντίθετα με πολλά άλλα υδρολογικά μεγέθη η βροχόπτωση είναι μέγεθος ιδιαίτερα μεταβλητό που δύσκολα μπορεί να αποτυπωθεί και να αναλυθεί. Η βροχόπτωση επίσης έχει πολλά χαρακτηριστικά η ανάλυση των οποίων γίνεται για διαφορετικούς κάθε φορά σκοπούς.

Από ένα γεγονός βροχής που καταγράφεται σε ένα βροχομετρικό σταθμό μπορεί να ενδιαφέρει το συνολικό ύψος της βροχής, η διάρκεια της, η μέση έντασή της, η μέγιστη ένταση της και η αντίστοιχη διάρκεια, η ομοιομορφία κατανομής στο χρόνο κ.ά.

Είναι γεγονός ότι όταν ως όργανα μέτρησης χρησιμοποιούνται τα απλά βροχόμετρα τότε η μόνη πληροφορία που παίρνεται άμεσα είναι το ύψος βροχής στο 24ωρο. Αν από το συνολικό ύψος βροχής του 24ώρου υπολογισθούν άλλες ενδιαφέρουσες παράμετροι θα προκύψουν σημαντικά σφάλματα και θα δώσει εσφαλμένη εικόνα της διαίτας της βροχής.

Η αντιπροσωπευτική καταγραφή της βροχής γίνεται με τη χρήση του βροχογράφου που παράγει μια αθροιστική καμπύλη . Από την αθροιστική αυτή καμπύλη παράγεται πίνακας τιμών έντασης και ύψους βροχής για κάθε βήμα χρόνου που επιλέγουμε.

3.5 Στοιχεία Γεωμορφολογίας

Γεωμορφολογία, είναι η επιστήμη που εξετάζει τα φυσικά χαρακτηριστικά των διαφόρων μορφών του ανάγλυφου της γης και τις διεργασίες που επιδρούν στην διαμόρφωση του. Από τις διεργασίες που παρατηρούνται σε μια λεκάνη απορροής σπουδαιότερες είναι η δημιουργία της απορροής από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (και οι μεταβολές της, τοπικά και χρονικά), η διάβρωση του εδάφους, οι γεωλισθήσεις και γεωκατακρημνίσεις, η στερεομεταφορά των υδατορευμάτων κ.λ.π..

Οι διεργασίες αυτές επηρεάζονται από τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής και επομένως πλήρης κατανόηση και μελέτη αυτών των διεργασιών επιτυγχάνεται με τη διατύπωση σχέσεων μεταξύ των δύο κατηγοριών παραγόντων. Έτσι η αριθμητική έκφραση των μορφολογικών χαρακτηριστικών μιας λεκάνης απορροής είναι αναγκαία και διευκολύνει την πρόβλεψη των μελλοντικών διεργασιών, καθώς και εκείνων που έλαβαν χώρα στο παρελθόν. Μια τέτοια σχέση μπορεί να διατυπωθεί παραμετρικά, στοχαστικά ή και με πειραματικές μετρήσεις .

Οι διεργασίες όμως που παρατηρούνται σε μια λεκάνη απορροής επηρεάζονται και από τα χαρακτηριστικά του υδρογραφικού τους δικτύου.

Χαρακτηριστικά λεκάνης απορροής είναι

- Μέγεθος

- Σχήμα
- Υψόμετρο
- Ανάγλυφο και κλίσεις εδάφους

Χαρακτηριστικά υδρογραφικού δικτύου

- Κατάταξη
- Πυκνότητα
- Γεωμετρία κύριου ρεύματος

Άλλα χαρακτηριστικά

- Γεωγραφική θέση
- Έδαφος /Διηθητικότητα κ.ά..

3.6 Μοντέλα εκτίμησης εξατμισοδιαπνοής

3.6.1 Εισαγωγή

Το φαινόμενο της εξάτμισης τόσο από μια υδάτινη επιφάνεια όσο και από μια έκταση καλυμμένη με φυτά είναι σήμερα πολύ καλύτερα κατανοητό από ότι μισό αιώνα πριν. Ο λόγος είναι ότι γινόταν διάκριση παλιότερα ανάμεσα στο φαινόμενο της διαπνοής που θεωρείται ως ο ενεργός έλεγχος της εξάτμισης του νερού από το φυτό, και της εξάτμισης από μια υδάτινη επιφάνεια που μελετούνταν ως ένα καθαρά φυσικό φαινόμενο.

Είναι φανερό ότι το νερό που βρίσκεται πάνω στα φύλλα ή στα ανοικτά στόματα των φύλλων χρειάζεται μια ποσότητα θερμότητας (λανθάνουσα θερμότητα) για να γίνει υδρατμός. Ο υδρατμός αυτός θα μεταφερθεί στην ατμόσφαιρα με μεταγωγή και διάχυση.

Η καθαρά αυτή φυσική ακολουθία είναι η ίδια είτε πρόκειται για υδάτινη επιφάνεια είτε για βλάστηση είτε για γυμνό έδαφος.

Συνεπώς, η γνώση ορισμένων ατμοσφαιρικών συνθηκών μοιάζει ότι επαρκεί για την πλήρη μελέτη του φαινομένου. Παράλληλα στις μαθηματικές σχέσεις που θα προκύψουν, θα εισχωρήσουν και μερικοί συντελεστές που θα αναφέρονται στα ειδικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα της επιφάνειας για την

οποία μελετάτε η εξάτμιση. Ο ενιαίος λοιπόν τρόπος μελέτης, τόσο της εξάτμισης όσο και της διαπνοής οδηγεί στην υιοθέτηση και ενός ενιαίου ονόματος της εξατμισοδιαπνοής.

Η εξαγωγή ποσοτικών αποτελεσμάτων γίνεται είτε με την απευθείας εμπειρική συσχέτιση της εξατμισοδιαπνοής με ορισμένους κλιματικούς παράγοντες είτε με καθαρά πειραματικές μεθόδους που βασίζονται αντίστοιχα, σε δυο βασικές αρχές, τη διατήρηση της ενέργειας και την διατήρηση της μάζας.

Με βάση την αρχή διατήρησης της ενέργειας, μπορεί να υπολογιστεί η ενέργεια που δαπανάται με μορφή λανθάνουσας θερμότητας στην αεριοποίηση του νερού, και στην συνέχεια η ίδια η ποσότητα του νερού. Με βάση την διατήρηση της μάζας γίνεται απείθειας υπολογισμός της μάζας του νερού που μετατρέπεται σε υδρατμό.

Στηριζόμενοι στην αρχή διατήρησης της ενέργειας, υπολογίζεται η μέγιστη ποσότητα υδρατμών που θα μεταφερθεί από μια περιοχή στην ατμόσφαιρα κάτω από τις ειδικές μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής. Η ποσότητα αυτή ονομάζεται δυνητική εξατμισοδιαπνοή (potential evapotranspiration) και παριστάνεται με το E_p . Στον υπολογισμό αυτό γίνεται η παραδοχή ότι η υπάρχουσα ποσότητα νερού επαρκεί για να καλύψει τις ατμοσφαιρικές απαιτήσεις. Αν συμβαίνει το αντίθετο, τότε το πρόβλημα γίνεται ακόμα πιο πολύπλοκο.

Έτσι δημιουργείται η ανάγκη να εισαχθεί ακόμα ένας όρος, ο όρος της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (actual evapotranspiration) E_a ο οποίος θα παριστάνει την πραγματική ποσότητα υδρατμού που μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα και ο οποίος δεν θα εξαρτάται μόνο από τις μετεωρολογικές συνθήκες αλλά και από αυτήν την επάρκεια του νερού.

Για παράδειγμα σε μια περιοχή όπου υπάρχει επάρκεια νερού αμέσως μετά την βροχόπτωση οι τιμές της δυνατής και πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ταυτίζονται και οι πιθανές μεταβολές από σημείο σε σημείο οφείλονται σε καθαρά μετεωρολογικά αίτια. Με την πάροδο όμως του χρόνου, καθώς η ποσότητα του διαθέσιμου νερού μειώνεται, η τιμή της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής γίνεται μικρότερη από αυτήν της δυνατής και αρχίζει να εξαρτιέται από την υγρασία του εδάφους, το βάθος του ριζοστρώματος καθώς και άλλα φυτικά χαρακτηριστικά.

Παρόλα αυτά σε πρακτικές εφαρμογές για τον υπολογισμό του νερού που χάνεται σε βαθιές διηθήσεις, χρησιμοποιούνται οι μέσες μηνιαίες τι-

μές της δυνατής εξατμισοδιαπνοής μια και σε μηνιαία βάση αυτές διαφέρουν ελάχιστα από τις μέσες μηνιαίες της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής.

3.6.2 Πρακτική σημασία της εξατμισοδιαπνοής

Η εξατμισοδιαπνοή του νερού στο φυσικό περιβάλλον, είτε από ελεύθερες υδάτινες επιφάνειες, είτε από γυμνές ή φυτοκαλυμμένες επιφάνειες της γης, είναι από τις σημαντικές συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου, είναι ένα από τα δεδομένα εισόδου στα μοντέλα υδατικού ισοζυγίου. Ο υδρολογικός κύκλος, ξεκινά με την διαρκή προσφορά νερού από την ατμόσφαιρα στην επιφάνεια της γης υπό τη μορφή υδρομετεώρων που καταλήγουν στους ποταμούς, στις λίμνες και στις θάλασσες, είτε μέσα από διήθηση των υπογείων νερών είτε άμεσα σαν επιφανειακή απορροή. Η επιφανειακή απορροή είναι το δεδομένο εξόδου που εκτιμάνε τα μοντέλα υδατικού ισοζυγίου της παρούσας εργασίας. Τέλος, ο κύκλος κλείνει με την επαναφορά νερού στην ατμόσφαιρα μέσω της εξάτμισης.

Το νερό εισερχόμενο στη φάση εξάτμισης του υδρολογικού κύκλου είναι πλέον μη προσιτό και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω. Αυτό είναι πολύ σημαντικό για όλο σχεδιασμό και τη διαχείριση των υδατικών πόρων.

Σε πολλά μέρη του κόσμου οι υδατικοί πόροι βρίσκονται σε οριακό σημείο και συνεπώς η ορθολογιστική χρήση μέσω και της γνώσης της εξατμισοδιαπνοής είναι επιβεβλημένη. Η εξατμισοδιαπνοή από διάφορες επιφάνειες της γης και η βροχόπτωση, καθορίζουν το ποσόν της επιφανειακής απορροής των λεκανών. Επίσης προσδιορίζουν σε ένα μεγάλο βαθμό τα χαρακτηριστικά των λεκανών που μπορούν να προκαλέσουν ραγδαία επιφανειακή απορροή ή πλημμύρες σε περίπτωση μεγάλων βροχοπτώσεων.

Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή πολλές φορές θεωρείται ως η απαιτούμενη παροχή νερού στο σχεδιασμό των προτεινόμενων αρδευτικών συστημάτων.

Το ποσόν και ο ρυθμός εξάτμισης από υδάτινες επιφάνειες είναι απαραίτητη πληροφορία για το σχεδιασμό φραγμάτων, ή την άντληση των φυσικών λιμνών που απαιτούνται για την οικιακή και βιομηχανική παροχή, την άρδευση των καλλιεργούμενων εκτάσεων, τις μονάδες ψύξης των υδροηλεκτρικών σταθμών, της ναυτιλίας κλπ.

Δυστυχώς, η εξατμισοδιαπνοή από φυτοκαλυμμένες περιοχές και η εξατμηση από ελεύθερες επιφάνειες νερού είναι ακόμη από τις λιγότερο κατανοητές συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου και η εκτίμηση τους σε εκτεταμένες περιοχές παραμένει δύσκολη.

Η εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου που εκφράζει τη διατήρηση της μάζας σε μια κατατομή μπορεί να γραφεί:

$$P + I + \Delta SW \pm RO - D - ET_a = 0 \quad (3.4)$$

όπου P είναι η βροχόπτωση, I είναι η άρδευση, RO είναι η επιφανειακή απορροή, D είναι βαθιά διήθηση, ΔSW είναι η αλλαγή του περιεχόμενου νερού της εδαφικής κατατομής και ET_a είναι η πραγματική εξατμισοδιαπνοή.

3.6.3 Μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής

Οι διάφοροι ερευνητές έχοντας κατά νου συγκεκριμένες εφαρμογές έχουν αναπτύξει πολλές μεθόδους για την άμεση και έμμεση μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής .

Για λόγους ευκολίας της περιγραφής τους, οι μέθοδοι ανάλογα με το αν βασίζονται σε έννοιες της υδρολογίας ή της μικρό μετεωρολογίας μπορούν να κατανεμηθούν σε δύο ευρείες κατηγορίες.

3.6.3.1 Μέθοδοι Υδατικού Ισοζυγίου

Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται στην εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής από την Εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου

Έμμεση Μέτρηση της Εξατμισοδιαπνοής

Έμμεσα η εξατμισοδιαπνοή μπορεί να υπολογιστεί σαν υπολειπόμενος όρος της Εξίσωσης του υδατικού ισοζυγίου, ενώ οι άλλες συνιστώσες είτε μετρώνται είτε υπολογίζονται.

Όταν δεν υπάρχει άρδευση έχουμε:

$$ET_a = P + \Delta SW \pm RO \quad (3.5)$$

Η εξίσωση (3.5) μπορεί να εφαρμόζεται σε οποιαδήποτε κλίμακα και μέγεθος, από ήπειρο και υδρολογική λεκάνη, έως μικρές καλλιεργούμενες εκτάσεις .

Η υδρολογική προσέγγιση έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα για την περισυλλογή δεδομένων, με σκοπό υδατικούς σχεδιασμούς. Η ακρίβεια αυτής της μεθόδου εξαρτάται από την ακρίβεια με την οποία η βροχόπτωση, η επιφανειακή απορροή και το ΔSW μετρώνται. Τα σφάλματα στην μέτρηση αυτή των παραμέτρων είναι μερικές φορές πολύ σημαντικά. Οι υποθέσεις που αφορούν βαθιά διήθηση χρειάζεται επαλήθευση. Έχει αποδειχθεί ότι οι μετρήσεις μπορεί να μην ανταποκρίνονται στις ποσότητες του νερού που είτε διηθείται είτε εξατμίζεται από το έδαφος, επειδή μεγάλες ποσότητες υδρατμών και νερού ρέουν και προς τις δυο κατευθύνσεις σαν αποτέλεσμα των κλίσεων της θερμοκρασίας και του υδραυλικού φορτίου.

Οι Davidson (1969) μέτρησαν την ροή εδαφικού νερού σε διάφορα βάθη με κανονική ή περιορισμένη εξάτμιση στην επιφάνεια, με σκοπό να μπορούν να εκτιμήσουν καλύτερα τη διήθηση ή τη βαθιά στράγγιση για την εκτίμηση της ET_a στις υδρολογικές μελέτες

Όταν το D μετρηθεί κατάλληλα, το ET_a μπορεί να εκτιμηθεί από τις αλλαγές στο ΔSW που γίνονται στη διάρκεια της περιόδου ανάμεσα σε βροχές.

Άλλες φορές, κυρίως στις μελέτες του υδατικού ισοζυγίου, το ΔSW υποτίθεται ότι είναι μηδέν, τα PI και RO μετρούνται και το D είτε αγνοείται είτε μετρείται με κάποιον τρόπο. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε:

$$EP=PI+RO \quad (3.6)$$

Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιείται κυρίως για χρονικά διαστήματα στην διάρκεια των οποίων μπορεί κανείς να υποθέσει ότι το περιεχόμενο νερό δεν μεταβάλλεται.

Η προσέγγιση της ET_a μέσω του υδατικού ισοζυγίου, συγκρινόμενη με τις μετρήσεις της ροής των υδρατμών που γίνονται πάνω από το έδαφος, υπερέρχει ως προς την εύκολη επεξεργασία των δεδομένων και την ολοκλήρωση των ρυθμών εξαγωγής από το εδαφικό υδατικό δυναμικό, ανάμεσα στις παρατηρήσεις.

Μειονεκτήματα της είναι η χαμηλού επιπέδου ακρίβεια των μετρήσεων και οι δυσκολίες εκτίμησης της ET_a στην διάρκεια των περιόδων βροχής. Ακόμη και με τη χρησιμοποίηση προσεκτικών μετρήσεων είναι δύσκολο να ανιχνεύσει κανείς αλλαγές εδαφικού νερού με ακρίβεια μεγαλύτερη των $\pm 2\text{mm}$ νερού.

Τα σφάλματα που συνδέονται με τη μέθοδο του υδατικού ισοζυγίου την κάνουν μη επαρκή σε ημερήσια βάση. Εάν η στράγγιση μπορεί να μετρηθεί επαρκώς, η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαστήματα 2 ή 3 ημερών. Όταν η μέθοδος εφαρμόζεται σε μεγάλες εκτάσεις, το κύριο πρόβλημα δεν είναι αυτή καθ' αυτή η μέθοδος, αλλά έλλειψη καλών μέσων τιμών (ως προς το χώρο) των συνιστωσών της, εξ' αιτίας της μεταβλητότητας της βροχόπτωσης πάνω από μεγάλες επιφάνειες και της ανομοιογένειας της τοπογραφίας και των εδαφών που βρίσκονται κάτω από αυτές.

Άμεση Μέτρηση της Εξατμισοδιαπνοής με Λυσίμετρα

Μια χρησιμοποιούμενη και δυνητικά ίσως η πιο ακριβής μέθοδος μέτρησης εξατμισοδιαπνοής είναι η μέτρηση της με τα ζυγιζόμενα λυσίμετρα, όπου κάθε συνιστώσα του υδατικού ισοζυγίου μετριέται ακριβώς, και η εξατμισοδιαπνοή αντιπροσωπεύεται άμεσα σαν απώλεια βάρους.

Το λυσίμετρο είναι ένα κυλινδρικό (βάθους 1-2 μέτρα και διαμέτρου 1-6 μέτρα) στο οποίο ένα τμήμα χώματος και βλάστησης απομονώνεται και το υδατικό τους ισοζύγιο απομονώνεται και ελέγχεται.

Η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος εδάφους- βλάστησης και ο εγκλεισμός του με την ελάχιστη ενόχληση και την μη τροποποίηση του μικροκλίματος της περιβάλλουσας επιφάνειας, είναι οι ουσιαστικοί παράγοντες που πρέπει να εξετάζονται σοβαρά στη χρήση των λυσιμέτρων.

3.6.3.2 Μικρομετεωρολογικές Μέθοδοι

Με αυτές τις μεθόδους η εξατμισοδιαπνοή μπορεί να εκτιμάται από τις μετεωρολογικές μεταβλητές (θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα του ανέμου, ακτινοβολία) που μετριέται στην (ή πάνω από την) εξατμίζουσα επιφάνεια. Για τις περισσότερες των μεθόδων στιγμιαία δεδομένα συγκεντρώνονται και ολοκληρώνονται. Απαιτείται εξοπλισμός ευαίσθητων οργάνων και μηχανημάτων

περισυλλογής και επεξεργασίας δεδομένων. Έτσι αυτές οι μέθοδοι είναι πολλές φορές υψηλού κόστους και περιορίζονται επομένως σε μικρές κρίσιμες περιόδους. Η εξατμισοδιαπνοή μετρείται σε περιόδους μικρότερες της μίας ώρας ή στη βάση ημερήσιων και μερικές φορές μηνιαίων τιμών. Προς το παρόν μπορούν να εφαρμόζονται σε μεγάλες, επίπεδες επιφάνειες με ομοιόμορφη φυτοκάλυψη.

Πρέπει να υπάρχει μεγάλη προσοχή όταν εφαρμόζονται σε αεροδυναμικά τραχείες φυτοκαλυμμένες επιφάνειες και κάτω από συνθήκες οριζόντιας μεταφοράς. Οι περισσότερες μέθοδοι είναι κατάλληλες για ερευνητικούς σκοπούς και μόνο λίγες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συνήθεις μετρήσεις, για εκτεταμένες χρονικές περιόδους.

- ✓ Μέθοδος των Κατακόρυφων Απολίξεων
- ✓ Αεροδυναμική Μέθοδος ή Μέθοδος των Βαθμίδων
- ✓ Μέθοδος Κατανομών
- ✓ Μέθοδος Συντελεστή Μαζικής Μεταφοράς
- ✓ Μέθοδος Ενεργειακού Ισοζυγίου ή Μέθοδος του Λόγου Bowen
- ✓ Προσέγγιση Penman

3.7 Συσχέτιση πραγματικής και δυνατής εξατμισοδιαπνοής

Αρκετοί ερευνητές προσπάθησαν να συσχετίσουν εμπειρικά σε ετήσια κλίμακα την πραγματική εξατμισοδιαπνοή μιας λεκάνης κατ' αρχήν με την βροχόπτωση P και στην συνέχεια με την δυνατή εξατμισοδιαπνοή E_p . Αναπτύχθηκαν έτσι διάφορες απλές εμπειρικές εξισώσεις, που συνοψίζουν από πολλές λεκάνες της Ευρώπης και της Αμερικής, οι οποίες είναι χρήσιμες για προκαταρκτικές εκτιμήσεις του υδατικού ισοζυγίου για περιπτώσεις που δεν διατίθενται δεδομένα απορροής.

Η διάφορα ανάμεσα στην πραγματική και την δυνατή εξατμισοδιαπνοή μπορεί να είναι μικρή στην περίπτωση που υπάρχει επάρκεια νερού και η επιφάνεια είναι πλήρως καλυμμένη με βλάστηση. Στις περιπτώσεις όμως που για μικρά χρονικά διαστήματα παρατηρείται έλλειψη νερού ή η βλάστηση δεν καλύπτει ολόκληρη την επιφάνεια του εδάφους, είναι φανερό ότι η πραγματική εξατμισοδιαπνοή θα είναι αισθητά μικρότερη της δυνατής.

Οι περισσότερες εμπειρικές εξισώσεις στηρίζονται στην λογική ότι για εξαιρετικά ξηρές συνθήκες, δηλαδή όταν ο λόγος E_p/P παίρνει πολύ ψηλές

τιμές, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή τείνει να είναι ίση με την βροχόπτωση ή $E/P \rightarrow 1$, έτσι ώστε η απορροή πρακτικώς να μηδενίζεται. Αντίθετα, για εξαιρετικά υγρές συνθήκες, δηλαδή όταν $E_p/P = 0$, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή τείνει να είναι ίση με τη δυνατή ή $E/P = E_p/P$

Διάφορες σχέσεις της μορφής :

$$E = KE_p \quad (3.7)$$

έχουν προταθεί για να συνδέσουν την πραγματική με την δυνατή εξατμισοδιαπνοή, όπου είναι συνάρτηση της βροχόπτωσης, εδαφικής υγρασίας και ακτινοβολίας.

Στην απλούστερη τους μορφή το K παίρνει την τιμή $K=1$ για υγρασία μεγαλύτερη του σημείου μαράνσεως και $K=0$ για υγρασία ίση με αυτή του σημείου μαράνσεως δηλαδή η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι κλάσμα της υγρασίας που παραμένει στο έδαφος. Επίσης έχουν διατυπωθεί εξισώσεις που συνδέουν την βροχόπτωση και την δυνατή εξατμισοδιαπνοή με την πραγματική εξατμισοδιαπνοή:

$$E = P[1 - e^{-(E_p/P)}] \quad (3.8)$$

$$E = E_p \tanh[-E_p/P] \quad (3.9)$$

Οι εξισώσεις (3.8) και (3.9) αποδίδονται στον OI'dekor, όπου βασίζονται σε προηγούμενες εργασίες.

3.8 Προσομοίωση της εξατμισοδιαπνοής

Ένα μοντέλο που θα περιλαμβάνει όλες τις διεργασίες της ροής του νερού μέσα από το σύστημα έδαφος- φυτό-ατμόσφαιρα και θα βασίζεται σε καταξιωμένες φυσικές αρχές θα μπορεί να εφαρμόζεται για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής.

Ομως η δημιουργία ενός τέτοιου μοντέλου δεν είναι εφικτή αφενός μεν γιατί όλες οι διεργασίες της ροής του νερού δεν είναι εξολοκλήρου κατανοητές και αφετέρου εάν ήταν κατανοητές η μαθηματική τους παρουσίαση θα απαιτούσε ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων στον υπολογιστή.

Έτσι τα μοντέλα προσομοίωσης της εξατμισοδιαπνοής ποικίλουν, από τα σύνθετα, που έχουν φυσικό υπόβαθρο και αναφέρονται και στις φυσικές διεργασίες που διέπουν την εξατμισοδιαπνοή, ως τα πλέον απλά

που βασίζονται σε συσχετίσεις της εξατμισοδιαπνοής με μια άλλη παράμετρο. Ένα μοντέλο βέβαια δεν μπορεί να αναμένεται να εκτιμά μια μεταβλητή καλύτερα από την μέτρηση της. Επειδή όμως η μέτρηση της φυσικής εξατμισοδιαπνοής έχει αποδειχθεί δύσκολη και δαπανηρή, γίνονται μέχρι σήμερα πολλές προσπάθειες για την ανάπτυξη εμπειρικών ή ημιεμπειρικών μοντέλων υπολογισμού. Για λόγους ευκολίας, τα διάφορα μοντέλα για την δυνητική και την πραγματική εξατμισοδιαπνοή, ευρέως ταξινομούνται σε εκείνα που βασίζονται σε συσχετίσεις και σε εκείνα που βασίζονται στις διεργασίες της εξατμισοδιαπνοής.

3.8.1 Μοντέλα βασισμένα σε συσχετίσεις

Τα μοντέλα αυτά βασίζονται σε μια ή περισσότερες μετεωρολογικές μεταβλητές και εκτιμούν την εξατμισοδιαπνοή με διάφορους βαθμούς επιτυχίας. Οι απαιτήσεις σε μετεωρολογικά δεδομένα είναι μικρές, οι μέθοδοι είναι απλές.

Αυτά τα μοντέλα βασίζονται σε συσχετίσεις και για αυτό η χρήση τους είναι αρκετά τοπική. Η ακρίβεια τους ελαττώνεται αισθητά εάν χρησιμοποιηθούν έξω από την περιοχή βαθμονόμησης τους.

1. Μοντέλα βασισμένα στην ηλιακή ακτινοβολία

Οι μεγαλύτερες ποσότητες της ενέργειας που καταναλώνεται στην εξατμισοδιαπνοή προέρχονται από δυο πηγές: την ενέργεια από την ακτινοβολία και την ενέργεια από αέρα που είναι θερμότερος από ότι η επιφάνεια. Και οι δυο αυτές μορφές ενέργειας βασικά ανάγονται στην ηλιακή ακτινοβολία. Η περισσότερη από την ενέργεια που απαιτείται για την εξατμισοδιαπνοή, ακόμη και στις ξηρές περιοχές, προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία.

Ως εκ τούτου η εξατμισοδιαπνοή σχετίζεται με την ηλιακή ακτινοβολία και η εξάρτηση της από αυτήν μεταβάλλεται, διότι το κλίμα και οι συνθήκες επιφάνειας αλλάζουν με την εποχή του έτους. Πρέπει να σημειωθεί ότι στις ξηρές περιοχές η μεταφορά ενέργειας στο οριζόντιο επίπεδο και η προς τα κάτω μεταφορά της αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό της αντίστοιχης ενέργειας που παρέχεται για εξατμισοδιαπνοή στις υποτροπικές και ημίξηρες περιοχές.

Πολλές από τις μεθόδους που βασίζονται στην ηλιακή ακτινοβολία εμπεριέχουν και κάποιον όρο εξαρτώμενο από την θερμοκρασία.

Παρακάτω αναφέρονται οι μέθοδοι που αναπτύχθηκαν από τον TURC (1954) και τους Jensen-Haise (1963) οι οποίες δίνουν μικρότερες τιμές από τις πραγματικές για το E_p κατά την διάρκεια της άνοιξης και μεγαλύτερες κατά την διάρκεια του καλοκαιριού το οποίο οφείλεται στο γεγονός ότι υπερεκτιμούν την επίδραση της θερμοκρασίας σε σχέση με την επίδραση της ακτινοβολίας.

Άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι οι παρακάτω:

Μέθοδοι παλινδρόμησης

Μέθοδος Makink

2. Μοντέλα βασισμένα στη θερμοκρασία :

Μέθοδοι βασισμένες σχεδόν αποκλειστικά στην θερμοκρασία χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής στις περιοχές που παρουσιάζουν έλλειψη μετεωρολογικών και κλιματολογικών δεδομένων. Αυτές οι μέθοδοι στηρίζονται στην έντονη συσχέτιση μεταξύ θερμοκρασίας και ακτινοβολίας. Δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα μόνο για μικρές εκτάσεις και για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους για τις οποίες εκτιμήθηκαν οι συντελεστές. Μερικά από αυτά τα μοντέλα είναι :

Μοντέλο του Thornthwaite (1948)

Μέθοδος Blaney-Criddle (1959)

Μοντέλο Hargreaves (1974)

Μέθοδος Linacre (1977)

3. Μοντέλα βασισμένα στην υγρασία

Ο Dalton (1800) παρήγαγε μια γενική σχέση που εκτιμά την εξάτμιση σαν συνάρτηση της τάσης των υδρατμών:

$$E = C(e_0 - e_a) \quad (3.10)$$

όπου C είναι μια εμπειρική σταθερά που εμπεριέχει κάποια εξάρτηση από τον άνεμο, E_0 είναι η τάση των υδρατμών στην επιφάνεια και e_a είναι η πραγματική τάση των υδρατμών στον αέρα, σε κάποιο σημείο πάνω από την επιφάνεια.

Παρ' όλα αυτά, η απλουστευμένη αυτή σχέση, δεν μπορεί να εφαρμοζείται εύκολα λόγω δυσκολίας προσδιορισμού του e_0 . Μόνον όταν η επιφάνεια

είναι κορεσμένη (π.χ. μια λίμνη) μπορεί κανείς να υποθέσει ότι η τάση των υδρατμών στην επιφάνεια είναι ίση με την τάση κεκορεσμένων ατμών στην επιφάνεια e_s στην θερμοκρασία επιφάνειας T_s .

Έχουν προταθεί κατά καιρούς διάφορες παραλλαγές της σχέσης. Ο Rohrer (1931) δίνει:

$$K = (0.44 + 0.118u)(e_s - e_a) \quad (3.11)$$

όπου u είναι η ταχύτητα του ανέμου. Αυτή η Σχέση (3.11) παρήχθη από δεδομένα εξατμισιμέτρου λεκάνης σε ύψος πάνω από 1500 μέτρα στο Colorado.

Ο Penman (1948) πρότεινε:

$$E = 0.40(e_s - e_a)(1 + 0.17u_2) \quad (3.12)$$

όπου u_2 είναι ο άνεμος μετρούμενος στα 2 μέτρα πάνω από το έδαφος.

Ο Harbeck (1962) ανέπτυξε μια ελαφρά διαφορετική εξίσωση για την εκτίμηση της εξατμίσης από ταμιευτήρες νερού:

$$E = Nu_2(e_s - e_a) \quad (3.13)$$

όπου N συντελεστής σχετιζόμενος με το εμβαδόν της επιφάνειας του ταμιευτήρα.

4. Μοντέλα βασισμένα σε μετρήσεις εξατμισίμετρων

Με αυτά τα μοντέλα, μετριέται η εξάτμιση από σταθερές επιφάνειες γνωστών διαστάσεων και συσχετίζεται με την δυνητική εξατμισοδιαπνοή με ένα συντελεστή. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στην υπόθεση ότι η ET ελέγχεται αποκλειστικά από την ατμόσφαιρα. Οι πιο γνωστές από αυτά τα μοντέλα είναι:

- Μέθοδος εξατμισιμέτρου λεκάνης (Evaporation pan method)
- Μέθοδος ατμομέτρου (Atmometer method)

3.8.2 Μοντέλα βασισμένα στις διεργασίες της εξατμισοδιαπνοής

Τα πιο γνωστά από αυτά τα μοντέλα είναι:

- Μέθοδοι Συνδυασμού (Combination methods).
- Μέθοδος Εξατμισοδιαπνοής Ισορροπίας (Equilibrium Evapotranspiration).
- Μέθοδος των Priestley-Taylor.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Περιοχές μελέτης και δεδομένα προέλευσης

4.1 Γενικά

Η πεδιάδα της Θεσσαλίας διαρρέετε από δυτικά προς ανατολικά από τον ποταμό Πηνειό που συγκεντρώνει τα νερά από τους παραποτάμους Ενιπέα, Πάμισου, Σοφαδίτικου, Τιταρήσιου και άλλων μικρότερων.

Το έδαφος είναι μια χαμηλή πεδιάδα που περικλείεται από ορεινά συγκροτήματα που αποτελούν τα φυσικά όρια. Προς τα βόρεια υψώνεται ο Όλυμπος, ο Κάτω Όλυμπος, ο Τίταρος, τα Καμβούνια, τα Χάσια και τα Αντιχάσια. Προς τα δυτικά υψώνεται η Νότια Πίνδος και ο Κόζιακας, προς τα νοτιοδυτικά ο Ίταμος. Στα νοτιοανατολικά ο Όλυμπος, ο Κίσσαβος και το Μαυροβούνι και στην συνέχεια το Πήλιο. Στο εσωτερικό της πεδιάδας της Θεσσαλίας το διασχίζουν λοφώδεις σειρές και διακλαδώσεις των βουνών Ζάρκου, Κυνός Κεφαλαί, Μακροβούνι κ.α..

Το κλίμα είναι ηπειρωτικό στο εσωτερικό με ψυχρούς χειμώνες και εξαιρετικά θερμά καλοκαίρια και μεσογειακό στα παράλια. Στην περιοχή παρατηρούνται οι μεγαλύτερες θερμοκρασιακές διαφορές, πολλές βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις στα ψηλά βουνά που μετριάζονται στην πεδιάδα.

4.2 Τα δεδομένα της Θεσσαλίας

Τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση είναι η μέση μηνιαία επιφανειακής βροχόπτωση και θερμοκρασία από τους σταθμούς που φαίνονται στο πίνακα 4.2 και επίσης μετρήσεις παροχής στην έξοδο της κάθε λεκάνης, μετατρέποντας τα κυβικά μέτρα το δευτερόλεπτο σε χιλιοστά ανά μήνα οπότε υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή της παροχής για να μπορέσουν να λειτουργήσουν τα μοντέλα. Το εμβαδόν κάθε λεκάνης υπάρχει στον πίνακα 4.1. Επίσης η μηνιαία εξατμισοδιαπνοή υπολογίστηκε με την μέθοδο Thornthwaite, για την προσομοίωση χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω παράμετροι συντελεστής δυνητικής μηνιαίας τήξης χιονιού (Cm), Curve Number (CN), συντελεστής κατείδυσης (K), συντελεστής πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, συντελεστής ενδιάμεσης απορροής, συντελεστής

βασικής απορροής που ανάλογα τα μοντέλα παίρνουν και διαφορετικές τιμές. Περισσότερα για τους συντελεστές κάθε μοντέλων υπάρχουν στο Κεφάλαιο 7.

Το κλίμα είναι ηπειρωτικό στο εσωτερικό με ψυχρούς χειμώνες και εξαιρετικά θερμά καλοκαίρια και μεσογειακό στα παράλια. Στην περιοχή παρατηρούνται οι μεγαλύτερες θερμοκρασιακές διαφορές, πολλές βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις στα ψηλά βουνά που μετριάζονται στην πεδιάδα.

4.2 Θεσσαλία

Πίνακας.4.1 : Θεσσαλία έκταση περιοχών μελέτης.

Περιοχές	Αλή Εφέντη	Γαύρος	Μεσοχώρι	Μουζάκι	Πύλη	Σαρακίνα	Σκοπιά
Έκταση (Km ²)	2773,404	230,9255	1652,993	144,1058	132,2172	998,7745	410,462



Σχήμα 4.1: Θέσεις βροχομετρικών σταθμών Θεσσαλίας.

Πίνακας 4.2: Βροχομετρικοί σταθμοί.

A/A	Όνομα βροχομετρικού σταθμού	Υψόμετρο (mm)	Υπηρεσία	A/A	Όνομα βροχομετρικού σταθμού	Υψόμετρο (mm)	Υπηρεσία
1	Αγχιαλος	15	ΕΜΥ	31	Μουζάκι	226	ΥΠΕΧΩΔΕ
2	Αμάραντος	0	ΥΠΓΕ	32	Μούχα	870	ΔΕΗ
3	Ανάβρα	208	ΥΠΕΧΩΔΕ	33	Παλαιά Γιαννιτσού	960	ΥΠΓΕ
4	Αργιθέα	980	ΔΕΗ	34	Πιτσιωτά	800	ΔΕΗ
5	Βαθύλακος	800	ΔΕΗ	35	Πολυδένδρι	100	ΔΕΗ
6	Βερδικούσα	863	ΥΠΕΧΩΔΕ	36	Πύθιο	750	ΥΠΓΕ
7	Βόλος	3	ΕΜΥ	37	Πυργετός	31	ΥΠΕΧΩΔΕ
8	Γιαννωτά	578	ΥΠΕΧΩΔΕ	38	Σκοπιά	580	ΥΠΓΕ
9	Δεσκάτη	830	ΔΕΗ	39	Σπηλιά	813	ΥΠΕΧΩΔΕ
10	Δομοκός	615	ΕΜΥ	40	Στουρναρέικα	860	ΔΕΗ
11	Δρακότρυπα	680	ΔΕΗ	41	Σωτήριο	51	ΥΠΓΕ
12	Ελάτη	900	ΥΠΕΧΩΔΕ	42	Ταυρωπός	220	ΔΕΗ
13	Ελλάσσονα	314	ΥΠΕΧΩΔΕ	43	Τρίκαλα	149	ΕΜΥ
14	Ζάππειο	170	ΥΠΓΕ	44	Τρίλοφο	580	ΥΠΕΧΩΔΕ
15	Ιστιαία	45	ΥΠΕΧΩΔΕ	45	Τύρναβος	92	ΥΠΕΧΩΔΕ
16	Καλαμπάκα	222	ΕΜΥ	46	Φαρκαδόνα	87	ΥΠΕΧΩΔΕ
17	Καρδίτσα	138	ΥΠΕΧΩΔΕ	47	Φάρσαλα	148	ΕΜΥ
18	Καροπλέσι	910	ΔΕΗ	48	Χαλκιάδες	250	ΥΠΓΕ
19	Καρπερό	510	ΔΕΗ	49	Χρυσομηλιά	940	ΥΠΕΧΩΔΕ
20	Κατάφυτο	980	ΥΠΕΧΩΔΕ				
21	Κηπουργιό	868	ΔΕΗ				
22	Κονίσκος	860	ΥΠΓΕ				
23	Κρυσβύρση	1030	ΥΠΓΕ				
24	Λάρισα	73	ΕΜΥ				
25	Λιβάδι	1183	ΥΠΓΕ				
26	Λουτροπηγή	730	ΥΠΕΧΩΔΕ				
27	Μακρυνίτσα	690	ΥΠΕΧΩΔΕ				
28	Μαλακάσιο	842	ΥΠΕΧΩΔΕ				
29	Μεγάλη Κερασιά	500	ΥΠΕΧΩΔΕ				
30	Μετέωρα	596	ΥΠΕΧΩΔΕ				

4.3 Γενικά για την Κρήτη

Η Κρήτη είναι νησί της Μεσογείου και το μεγαλύτερο σε έκταση νησί της Ελλάδας. Βρέχεται στα βόρεια από το Κρητικό πέλαγος, νότια από το Λυβικό πέλαγος, ανατολικά από το Καρπάθιο και τέλος δυτικά από το Ιόνιο πέλαγος. Το έδαφος είναι πολύ ορεινό δεσπόζουν τρεις μεγάλες οροσειρές τα Λευκά Όρη, ο Ψηλορείτης και η Δίκη. Δεν έχει μεγάλους ούτε πολλούς ποταμούς αλλά χείμαρρους που κατεβαίνουν ορμητικά στην θάλασσα.

Επίσης τα πετρώματα είναι ασβεστολιθικά και σχηματίζουν καρστικά φαινόμενα. Το κλίμα είναι εύκρατο εκτός από τις ορεινές περιοχές όπου είναι ψυχρότερο. Ο χειμώνας στις χαμηλές και παράκτιες περιοχές είναι ήπιος και οι βροχοπτώσεις γίνονται μεγαλύτερες από τις ανατολικές προς τις δυτικές ακτές, επίσης το χιόνι είναι συχνό στα τρία μεγάλα βουνά.

4.4 Δεδομένα για την Κρήτη

Στην ευρύτερη περιοχή των λεκανών απορροής του Δήμου Ηρακλείου υπάρχουν 4 μετεωρολογικοί σταθμοί με χαρακτηριστικά που φαίνονται στον πίνακα 4.3. Επίσης το εμβαδόν της κάθε λεκάνης απορροής φαίνεται στον πίνακα 4.4. Για τα υδρομετρικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν οι τρεις διαθέσιμοι υδρομετρικοί σταθμοί για τους χείμαρρους Αποσελέμης, Γιόφυρος, Γαζανό και εδώ από κυβικά μέτρα το δευτερόλεπτο μετατράπηκε σε ομοιόμορφο χιλιοστά το μήνα. Τα μετεωρολογικά δεδομένα και εδώ είναι μέση μηνιαία βροχόπτωση, θερμοκρασία και υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής με την μέθοδο Thornthwaite.

Επίσης για την προσομοίωση χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω παράμετροι συντελεστής δυνητικής μηνιαίας τήξης χιονιού (Cm), Curve Number (CN), συντελεστής κατείσδυσης (K), συντελεστής πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, συντελεστής ενδιάμεσης απορροής, συντελεστής βασικής απορροής που ανάλογα τα μοντέλα παίρνουν και διαφορετικές τιμές. Περισσότερα για τους συντελεστές κάθε μοντέλων υπάρχουν στο κεφάλαιο 7.

Τα δεδομένα αυτά μετά την επεξεργασία τους έγινε η εκτίμηση της επιφανειακής βροχόπτωσης, θερμοκρασίας και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής για κάθε μια από τις λεκάνες απορροής οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση όλων των λεκανών απορροής της μελέτης, όπως αναλύεται στις επόμενες παραγράφους.

Πίνακας 4.3: Μετεωρολογικοί σταθμοί Κρήτης

Μετεωρολογικός Σταθμός	Υψόμετρο
Καστέλι	350
Φοινικιά	40
Ηράκλειο	37
Κρουσώνας	500

Πίνακας 4.4: Έκταση περιοχών μελέτης Κρήτης

Περιοχές	Άνω Αποσελέμης	Γιόφυρος	Γαζανός
Έκταση (Km ²)	56.1	186.3	177.1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Μέθοδοι προσομοίωσης φυσικών φαινομένων

5.1 Γενικές αρχές προσομοίωσης

A) Θεωρητική τεκμηρίωση του φυσικού φαινομένου

Η θεωρητική τεκμηρίωση του φυσικού φαινομένου, καθώς και το σύνολο των αναλυτικών εξισώσεων που αποτελούν το ομοίωμα (μοντέλο) με το οποίο πρόκειται να προσομοιωθεί το φυσικό αυτό φαινόμενο, αναπτύσσεται σχεδόν πάντοτε από ειδικούς επιστήμονες. Πάντοτε είναι επιβεβλημένη η δράση μιας διεπιστημονικής ομάδας ειδικών επιστημόνων που επεξεργάζονται, μέσα στα πλαίσια του ερευνητικού τους έργου, τη θεωρητική επίλυση του φαινομένου αυτού, δεδομένου ότι υπάρχει πάντα ανάμιξη των αντικειμένων διαφόρων επιστημών.

Η θεωρητική αυτή τεκμηρίωση θα πρέπει να στηρίζεται σε σαφείς και παραδεκτές μαθηματικές μεθοδολογίες και παραδοχές και να διατυπώνονται ρητά οι απαραίτητες μαθηματικές εξισώσεις καθώς και η συγκεκριμένη ακολουθία τους, από την αρχή μέχρι το τέλος.

Στο σύνολο των εξισώσεων που περιγράφουν το μοντέλο είναι δυνατόν να περιέχονται διάφορα σύμβολα που έχουν ειδική σημασία για την σωστή εκτέλεση των διαφόρων υπολογισμών των εξισώσεων στις οποίες εμπλέκονται. Πέρα δε απ' αυτό θα πρέπει να είναι επιβεβλημένη η χρησιμοποίηση ενός υπολογιστικού συστήματος βασισμένο σε σύγχρονους Η/Υ.

B) Λογική ανάλυση του ομοιώματος

Μετά τη κατανόηση της θεωρητικής τεκμηρίωσης γίνεται μια προεργασία μετατροπής της σε μορφή τέτοια που να μπορεί να μετατραπεί σε πρόγραμμα εκτέλεσιμο από τον Η/Υ. Η διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται αυτό καλείται λογική ανάλυση του ομοιώματος είναι μια διαδικασία μερικές φορές πολύ δύσκολη που απαιτεί γνώσεις και εμπειρία.

Η διαδικασία αυτή, σε τελική ανάλυση, δεν μπορεί να είναι τίποτε άλλο από την στρατηγική που ενδείκνυται χρησιμοποιώντας τα δεδομένα στοιχεία εισόδου να δώσει στοιχεία εξόδου - απαντήσεις -αποτελέσματα στα ερωτή-

ματα και υλική υπόσταση στα αποτελέσματα του μοντέλου. Η διαδικασία αυτή καταλήγει τελικά στη διατύπωση ορισμένων και σαφών βημάτων που πρέπει να γίνουν διαδοχικά ή συγχρόνως για να λυθεί το συγκεκριμένο μοντέλο και να προσομοιωθεί έτσι το φυσικό φαινόμενο.

Γ) Συνταγή επίλυσης του ομοιώματος

Μετά την φάση της ανάλυσης το πρόβλημα στο σύνολο του, ή το μέρος του που θα δοθεί στον Η/Υ, πρέπει να είναι σαφές και να εξελίσσεται σύμφωνα με προκαθορισμένους νόμους, για την εκτέλεση των πράξεων και κριτήρια, για τη λήψη αποφάσεων από τον Η/Υ. Το σύνολο των οδηγιών που θα δώσουμε στον Η/Υ αποτελεί έναν αλγόριθμο. Ο αλγόριθμος αυτός συνδυαζόμενος με τους υπάρχοντες στον υπολογιστή νόμους λειτουργίας του θα δώσει ένα αιτιοκρατικά (deterministic) προκαθορισμένο αποτέλεσμα. Για την ανθρώπινη λογική χρησιμοποιούμε το λογικό διάγραμμα (flow chart) το οποίο αποτελεί μια εικόνα του τι θα γίνει μέσα στον υπολογιστή.

Ένα λογικό διάγραμμα αποτελείται από διάφορα απλά επίπεδα σχήματα συνδεδεμένα με γραμμές.

Το λογικό διάγραμμα είναι ένας θαυμάσιος τρόπος απεικόνισης και παρουσίασης της ροής των πράξεων που χρησιμοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων και ομοιωμάτων φυσικών φαινομένων, ιδιαίτερα όταν τα διάφορα τμήματα του ομοιώματος (μοντέλου) αναπτύσσονται από διαφορετικούς προγραμματιστές.

Δ) Σχεδίαση του ομοιώματος σε πηγαία μορφή

Το επόμενο βήμα στην δημιουργία του ομοιώματος είναι η επιλογή της γλώσσας προγραμματισμού και το γράψιμο του κώδικα. Στο σημείο αυτό πρέπει να ακολουθηθούν οι παρακάτω αρχές:

Ο προγραμματιστής πρέπει να είναι επίμονος και κάθε στιγμή να είναι συγκεντρωμένος στο έργο του και μέσα στο πρόγραμμα πρέπει να γίνεται ευρεία χρήση της έννοιας δομής. Η δομή ενός προγράμματος αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο τα διάφορα τμήματα του συνδέονται μεταξύ τους τόσο κατά τη διαμόρφωση του τελικού αποτελέσματος όσο και κατά την διάρκεια εκτέλεσης του. Από την άποψη αυτή διακρίνουμε τα παρακάτω είδη δομής:

- Μαζική δομή ή Καμιά δομή
- Κεντρική δομή ή Ανοικτή δομή
- Κυτταρική δομή

Η πράξη έχει δείξει ότι η δομή εκείνη που παρουσιάζει τα περισσότερα μειονεκτήματα είναι η μαζική δομή, κυρίως κατά τη διόρθωση λαθών, ενώ εκείνη που παρουσιάζει τα περισσότερα πλεονεκτήματα είναι η κεντρική δομή που εξασφαλίζει τεμαχισμό του κώδικα και κατά συνέπεια εύκολη πρόσβαση στα διάφορα τμήματα του σε οποιαδήποτε φάση του προγραμματισμού. Η κυτταρική δομή είναι εκείνη που πρέπει να χρησιμοποιείται όταν τα αποτελέσματα ενός τμήματος του προγράμματος εισάγονται σαν δεδομένα στο επόμενο τμήμα του προγράμματος.

Το πρόγραμμα πρέπει να δομείται από τα γενικά προς τα ειδικά όπως ακριβώς δομείται ένα κτίριο, το πρόγραμμα να διαιρείται σε επιμέρους κομμάτια. Χρήση της φιλοσοφίας top-down. Αυτό σημαίνει ότι κατά τον προγραμματισμό ενός τμήματος δεν πρέπει να μας απασχολεί το ενδιάμεσο αποτέλεσμα μιας διαδικασίας.

Η υιοθέτηση της θέσης αυτής επιβάλλει τα γράψιμο μικρών συμπαγών κομματιών πηγαίου κώδικα (που καλούνται υπορουτίνες), και των οποίων τα χαρακτηριστικά τους είναι ότι δέχονται κάποια είσοδο και δίνουν κάποια έξοδο, μπορούμε δε να χρησιμοποιούνται σε όποιο σημείο του προγράμματος κρίνεται σκόπιμο και το πέρασμα σε αυτές των ανάλογων παραμέτρων. Γίνεται χρήση των εντολών και του συντακτικού της συγκεκριμένης γλώσσας προγραμματισμού με την οποία εργαζόμαστε.

Με το τέλος του γραψίματος ο τύπος του προγράμματος που έχουμε δημιουργήσει λέγεται πηγαίος κώδικας. Επίσης με τον κατάλληλο τεμαχισμό του προγράμματος μπορεί με ευκολία να εντοπίσει κάποιο τμήμα και να το αλλάξει προσθέτοντας ή αφαιρώντας αποφεύγοντας χάσιμο χρόνου σε άσκοπες αναζητήσεις.

Ε) Μετατροπή του πηγαίου σε εκτελέσιμο κώδικα

Η μετατροπή του πηγαίου κώδικα σε εκτελέσιμο κώδικα γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο μέρος γίνεται μετάφραση του κώδικα από την γλώσσα προγραμματισμού στη γλώσσα μηχανής με τον μεταγλωττιστή (compiler) που

είναι γνωστός σαν αντικειμενικός κώδικας. Το δεύτερο στάδιο είναι η σύνδεση των λειτουργικών μονάδων του αντικειμενικού κώδικα. Το συνδεδετικό πρόγραμμα ή συνδεδετικός διορθωτής εκτελεί δύο κύριες λειτουργίες: συνδέει διαφορετικές λειτουργικές μονάδες του αντικειμενικού κώδικα, κάνοντας τις απαραίτητες λειτουργικές συνενώσεις μεταξύ τους και μετατρέπει τις λειτουργικές μονάδες από την μορφή του αντικειμενικού κώδικα σε ένα πρόγραμμα που μπορεί να φορτωθεί σε μορφή εκτελέσιμου αρχείου (stand alone executable).

ΣΤ) Δημιουργία ή επιλογή κατάλληλης βάσης δεδομένων

Για την εκτέλεση του προγράμματος απαιτείται η εισαγωγή δεδομένων καθώς και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Η εισαγωγή των δεδομένων μπορεί να γίνει είτε από το πληκτρολόγιο, είτε από αρχεία, είτε τέλος από υπάρχουσες βάσεις δεδομένων. Για να μπορούν να διαβαστούν τα δεδομένα πρέπει να είναι γνωστή η εσωτερική δομή του αρχείου.

Τα στοιχεία εξόδου μπορούν να εκτυπωθούν απευθείας κατά την εκτέλεση του προγράμματος ή να εισαχθούν σε ένα αρχείο με ορισμένη δομή για περαιτέρω επεξεργασία ή σε μια βάση δεδομένων. Οι μορφές των αρχείων είναι δύο τα σειριακά αρχεία, και τα αρχεία τυχαίας προσπέλασης.

Στην πρώτη μορφή αρχείων, τα δεδομένα εγγράφονται με κάποια δεδομένη σειρά και χωρίζονται το ένα από το άλλο με κάποιο χαρακτήρα (κόμμα ή κενό) κάποια εγγραφή χωρίζεται από την επόμενη της από ένα χαρακτήρα τέλους γραμμής και δεν είναι απαραίτητα σταθερού μήκους. Η ανάγνωση των εγγραφών, αλλά και η εγγραφή τους, στα αρχεία αυτά γίνεται με τη σειρά πράγμα που δεν ευνοεί καθόλου την ανάγνωση συγκεκριμένων δεδομένων.

Στα αρχεία τυχαίας προσπέλασης, τα δεδομένα εγγράφονται με τη λογική των πεδίων των εγγραφών που η κάθε μία είναι συγκεκριμένου σταθερού μήκους.

Οι εγγραφές τοποθετούνται σειριακά και η κάθε εγγραφή δεν χωρίζεται από την επόμενη της από κάποιο χαρακτήρα. Η ανάγνωση των εγγραφών, αλλά και η εγγραφή τους, στα αρχεία αυτά γίνεται με την τοποθέτηση του δείκτη εγγραφών του αρχείου σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο στο αρχείο, που αντιστοιχεί στην αρχή της επιθυμητής εγγραφής, χωρίς να είναι απαραίτητο να περάσουμε από τις προηγούμενες εγγραφές.

Ζ) "Τρέξιμο" πιστοποίηση του ομοιώματος

Μετά την τακτοποίηση όλων των ανωτέρω γίνεται το πρώτο "τρέξιμο" του προγράμματος του μοντέλου. Ο κύριος στόχος είναι να διορθωθούν λάθη εκτέλεσης (Run Time Errors) και να ληφθούν υπ' όψη οι διάφορες προειδοποιήσεις του συστήματος που αφορούν τις δηλώσεις μεταβλητών αλλά και των διαφόρων υπορουτίνων. Τα λάθη αυτά δεν είναι ούτε λάθη σύνταξης ούτε χρήσης δεσμευμένων λέξεων αλλά λάθη λογικής και διατύπωσης δεδομένων. Τα λάθη αυτά διορθώνονται και το ομοίωμα «τρέχεται» από την αρχή.

Η) Σύγκριση υπολογιζόμενων τιμών με μετρούμενες

Μετά το "τρέξιμο" του ομοιώματος τα εξαγόμενα του που προκύπτουν από την χρησιμοποιούμενη σειρά δεδομένων συγκρίνονται με τη σειρά μετρήσεων. Η σύγκριση μπορεί να γίνει με την χρήση πινάκων αντιπαραθέσεως διπλής εισόδου, ή διαγραμμάτων ή με την εύρεση της κατανομής των διαφορών υπολογιζόμενων και μετρούμενων τιμών και την εύρεση της κατανομής των διαφορών σφαλμάτων, ή τέλος με την στατιστική επεξεργασία και σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις παρατηρήσεις.

Για την εύρεση των κατανομών, όπου αυτό είναι απαραίτητο, ή την στατιστική επεξεργασία,

Όποιος όμως και να είναι ο τρόπος ελέγχου των αποτελεσμάτων του ομοιώματος, επιπρόσθετα θα πρέπει να ελεγχθούν και τα παρακάτω χαρακτηριστικά του ομοιώματος:

1) Η ευαισθησία του ομοιώματος (Mondel Sensitivity)

Αναφέρεται στον βαθμό ευαισθησίας του ομοιώματος όταν αλλάζουμε κάποια από τις αρχικά παραδεκτές συνθήκες ή παραμέτρους τηρουμένων των άλλων σταθερών. Η ανάλυση της ευαισθησίας του ομοιώματος ως προς το σύνολο των παραμέτρων είναι το ολοκλήρωμα της ευαισθησίας ως προς την κάθε μία ξεχωριστά. Για την κατανομή της ευαισθησίας του ομοιώματος καταφεύγουμε, συνήθως, σε κάποιο στατιστικό πακέτο. Πάντως μετά την ανάλυση ευαισθησίας είμαστε σε θέση να εφοδιάσουμε το ομοίωμα μας με τα λεγόμενα Όρια Ευαισθησίας (Sensitivity Limits) για να είναι δυνατή η χρήση του από άλλους χρήστες σε άλλες περιοχές.

2. Η σταθερότητα του ομοιώματος (Model Stability)

Αναφέρεται στο εύρος των δυνατών χρησιμοποιούμενων πακέτων δεδομένων και αρχικών και οριακών συνθηκών τα οποία το ομοίωμα μπορεί να χρησιμοποιήσει, μέσα στα όρια της ευαισθησίας του, για την προσομοίωση του φυσικού φαινομένου. Είναι ένα χαρακτηριστικό του ομοιώματος αντιστρόφως ανάλογο της ευαισθησίας του. Τα Όρια Σταθερότητας του Ομοιώματος (Stability Limits) γίνονται σαφή μετά από μια πληθώρα εφαρμογών του ομοιώματος με ένα μεγάλο πλήθος αρχικών και οριακών συνθηκών.

3. Η ταχύτητα σύγκλισης του ομοιώματος (Model Convergence)

Σε όλα τα ομοιώματα που χρησιμοποιούν κάποιους εμπειρικούς, κυρίως συντελεστές (Ιδιαίτερα ομοιώματα πεπερασμένων διαφορών ή πεπερασμένων στοιχείων) ένα άλλο χαρακτηριστικό τους είναι η ταχύτητα σύγκλισης (Convergence Speed) τους.

1) Δημιουργία Μελλοντικών Προβλέψεων ή Εφαρμογή του Μοντέλου διαφορετικά Δεδομένα

Αφού το ομοίωμα πιστοποιηθεί με τη χρησιμοποιούμενη σειρά των δεδομένων και καταδειχθεί σαφώς η δυνατότητα του στο να προσομοιάζει το φυσικό φαινόμενο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία σειράς προβλέψεων για τη συμπεριφορά του φυσικού συστήματος στο μέλλον. Η αρχή που ακολουθείται είναι η δημιουργία χρονολογικών σειρών προβλέψεων διάρκειας όχι μεγαλύτερης εκείνης της χρονικής σειράς των δεδομένων χρησιμοποιούμενων για την ταυτοποίηση του ομοιώματος.

Ακόμη, το ομοίωμα μπορεί να δοκιμαστεί με διαφορετικές σειρές δεδομένων κάποιων άλλων περιοχών όποτε επαναλαμβάνονται τα στάδια 6 έως 10 του φυσικού φαινομένου. Είναι ένα χαρακτηριστικό του ομοιώματος αντιστρόφως ανάλογο της ευαισθησίας του. Τα Όρια Σταθερότητας του Ομοιώματος (Stability Limits) γίνονται σαφή μετά από μια πληθώρα εφαρμογών του ομοιώματος με ένα μεγάλο πλήθος αρχικών και οριακών συνθηκών.

5.2 Σύντομο ιστορικό

Οι πρώτες προσπάθειες για την ανάπτυξη μοντέλων βροχής - απορροής άρχισαν κατά το δεύτερο μισό του 19ου αιώνα.

Σύμφωνα με τον Dooge (1957, 1973) στα τέλη του 19ου αιώνα και στις αρχές του 20ου, οι περισσότεροι μηχανικοί χρησιμοποιούσαν είτε εμπειρικές μεθόδους, οι οποίες είχαν ελεγχθεί σε συγκεκριμένες συνθήκες με την υπόθεση ότι θα μπορούσαν να επεκταθεί η εφαρμογή τους και σε άλλες περιπτώσεις κάτω από παρόμοιες συνθήκες, είτε την λεγόμενη "ορθολογική μέθοδο", (προσδιοριστικό black-box μοντέλο) η οποία αποτελεί την πρώτη προσπάθεια ορθολογικής προσέγγισης στο πρόβλημα της πρόβλεψης της σχέσης βροχής-απορροής.

Η ορθολογική μέθοδος η οποία προτάθηκε από τον Mulvaney το 1850 για μικρές λοφώδεις λεκάνες απορροής, βασιζόταν στην αντίληψη του χρόνου συγκέντρωσης. Δηλαδή η μέγιστη παροχή που προξενείται από μια δεδομένη έντασης βροχή, συμβαίνει όταν η διάρκεια της βροχής είναι ίση ή μεγαλύτερη από τον χρόνο συγκέντρωσης.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1920, όταν προέκυψε η ανάγκη υπολογισμού των παροχών για μεγαλύτερες λεκάνες απορροής, έγιναν αρκετές αλλαγές στην ορθολογική μέθοδο με σκοπό την προσαρμογή της στην ανομοιόμορφη χωρική και χρονική κατανομή της βροχής και στα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής.

Η τροποποιημένη ορθολογική μέθοδος βασίστηκε στην αντίληψη των ισόχρονων και μπορεί να θεωρηθεί σαν το πρώτο μοντέλο βροχής-απορροής. Το μοντέλο αυτό βασίστηκε σε μια απλοποιημένη συνάρτηση μεταφοράς το σχήμα και οι παράμετροι της οποίας, προέκυπταν από τοπογραφικούς χάρτες, ενώ για την εκτίμηση χρόνων συγκέντρωσης χρησιμοποιείτο ο τύπος του Manning.

Η προσπάθεια για ακριβέστερες και πιο αξιόπιστες λύσεις του προβλήματος, οδήγησαν στην ανάπτυξη του μοναδιαίου υδρογραφήματος από τον Sherman (1932) το οποίο βασιζόταν στην αρχή της επαλληλίας, δηλαδή στην υπόθεση ότι η λεκάνη απορροής συμπεριφέρεται ως ένα γραμμικό, χρονικά αμετάβλητο σύστημα όσον αφορά τη μετατροπή της βροχής σε απορροή.

Η αρχή του μοναδιαίου υδρογραφήματος επιτάχυνε το ενδιαφέρον των υδρολόγων οι οποίοι ήταν πλέον σε θέση να υπολογίσουν όχι μόνο την

παροχή αιχμής αλλά επίσης και τα υδρογραφήματα που προέκυπταν από πιο πολύπλοκα γεγονότα βροχής.

Η αρχή όμως του μοναδιαίου υδρογραφήματος παρουσιάζει μια σειρά προβλημάτων όπως:

- το διαχωρισμό της επιφανειακής απορροής από τη βασική απορροή
- τον υπολογισμό της ωφέλιμης βροχόπτωσης και
- την κατασκευή του μοναδιαίου υδρογραφήματος.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1930 και κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1940 προτάθηκε ένας μεγάλος αριθμός τεχνικών για την βελτίωση της αντικειμενικότητας των μεθόδων υπολογισμού της σχέσης βροχόπτωσης-απορροής και των αποτελεσμάτων τους, με την εμπλοκή διαφόρων τεχνικών στατιστικής ανάλυσης.

Όμως η πραγματική τομή στο θέμα της πρόβλεψης της σχέσης βροχής-απορροής έγινε στις αρχές της δεκαετίας το 1950 όταν οι υδρολόγοι ήταν σε θέση να χρησιμοποιούν τις τεχνικές της ανάλυσης πολύπλοκων δυναμικών συστημάτων.

Τότε ανακάλυψαν ότι το σχήμα του μοναδιαίου υδρογραφήματος μπορούσε να αναπαρασταθεί με τη βοήθεια της επίλυσης περισσότερο ή λιγότερο απλοποιημένων διαφορικών εξισώσεων, τέτοιες όπως εκείνες που για παράδειγμα περιγράφουν τη χρονική συμπεριφορά της αποθηκευτικότητας ενός ταμιευτήρα (Nash, 1958).

Το μοναδιαίο υδρογράφημα μπορούσε επομένως να αναπαρασταθεί με ορισμένες παραμέτρους οι οποίες μπορούν να εκτιμηθούν από τα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής ή μέσω ορισμένων στατιστικών διαδικασιών, όπως ροπές, παλινδρόμηση, μέγιστη πιθανοφάνεια κλπ.

Οι Box και Jenkins (1970) έδωσαν στους υδρολόγους μια άλλη μέθοδο έκφρασης του μοναδιαίου υδρογραφήματος. Η μέθοδος αυτή περιελάμβανε τα αυτοσυσχετιζόμενα μοντέλα τάξεως p $\{AR(p)\}$ τα ομοιώματα κινουμένων μέσων όρων τάξεως q $\{AR(q)\}$, και τα μικτά ARMA $\{p, q\}$, (στοχαστικά black-box μοντέλα) .

Όμως όλες αυτές οι τεχνικές, αν και επιτυχείς από φιλοσοφικής και μαθηματικής πλευράς, δεν έχουν σχέση με τον πραγματικό κόσμο υδρολογικών

προβλημάτων. Υπάρχει μια σειρά από προφανείς κινδύνους σε όλα τα μοντέλα που δεν αποτελούν αναπαράσταση της πραγματικότητας ενώ είναι εύκολο να ελεγχθούν στη βάση των πραγματικών τι βροχής και απορροής, είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθούν για προβλέψεις κάτω από σημαντικά διαφοροποιημένες αρχικές συνθήκες.

Στην αρχή της δεκαετίας του 1960 εισήχθη μια καινούργια αντίληψη στην προσομοίωση της διαδικασίας βροχής-απορροής. Η αντίληψη βασίστηκε στην προσπάθεια ανεύρεσης μιας πιο φυσικής ερμηνείας διαδικασιών που αναπαριστούν την συμπεριφορά των του υδρολογικού κύκλου, σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Έτσι χρησιμοποιήθηκε ένας αριθμός διασυνδεδεμένων εννοιολογικών στοιχείων κάθε ένα από τα οποία αναπαριστούσε ένα ιδιαίτερο υποσύστημα (αυτή απετέλεσε τη βάση των λεγόμενων παραμετρικών (conceptual) υδρολογικών μοντέλων.

Τα μοντέλα αυτά παρουσίαζαν πλεονεκτήματα:

- Ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για μακρές βάσεις δεδομένων, αποφεύγοντας την πολυπλοκότητα και αβεβαιότητα ίου διαχωρισμού της πλημμυρικής από τη βασική απορροή
- Ήταν δυνατόν να εφαρμοσθούν σε μεγάλες λεκάνες απορροής με μεγάλη ποικιλία εδαφών, ειδών βλαστήσεως, κλίσεων κλπ
- Ήταν δυνατόν να εφαρμοσθούν κατά προσέγγιση χωρίς νέα ρύθμιση σε άλλες παρόμοιες λεκάνες απορροής.

Στη βιβλιογραφία μπορεί κανείς να συναντήσει ένα μεγάλο αριθμό τέτοιων μοντέλων, τα πιο γνωστά από τα οποία είναι το Stanford IV (Crawford και Linsley, 1966), το Sacramento (HFS) (Bumash και άλλοι 1973, Georgakakos, 1986) και το U.S. Army Corps of Engineers (SSAR) (Rocwood και Nelson, 1966).

Στη θεωρία αν η δομική αναπαράσταση της λεκάνης απορροής ήταν σωστή, τότε και οι παράμετροι του μοντέλου (π.χ. αποθηκευτικότητα, ρυθμός διείσδυσης κλπ) θα σχετίζονταν με τα πραγματικά φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής. Όμως μια λεκάνη απορροής είναι ένα σύστημα ετερογενές με μεγάλο ρυθμό πολυπλοκότητας και επομένως ο

προσδιορισμός των παραμέτρων αυτών, σε επίπεδο λεκάνης απορροής είναι μια διαδικασία πολύπλοκη που πρέπει να γίνει με ρύθμιση του μοντέλου.

Αυτή η έλλειψη της σχέσης ένας - προς ένα μεταξύ μοντέλου και πραγματικότητας έδωσε ώθηση στην ερευνητική προσπάθεια ενός μεγάλου αριθμού υδραυλικών και υδρολογικών εργαστηρίων σε όλο τον κόσμο.

Η ερευνητική αυτή προσπάθεια που άρχισε στις αρχές της δεκαετίας του 1970, υποβοηθήθηκε αφ' ενός μεν από το θεωρητικό υπόβαθρο που αφορά τις διάφορες συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου (εξισώσεις Richards για τη διείσδυση στην ακόρεστη ζώνη, εξισώσεις Darcy για την υπόγεια ροή, εξισώσεις De Saint Venant για τη ροή στην επιφάνεια του εδάφους και κατά μήκος υδατορεύματος) και αφ' ετέρου από την σημαντική ανάπτυξη των δυνατοτήτων των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Το αποτέλεσμα της ερευνητικής αυτής προσπάθειας ήταν τα λεγόμενα μοντέλα " φυσικής βάσης". Στα τέλη της δεκαετίας του 1970, χαρακτηρίστηκαν από αυξημένο παγκόσμιο ενδιαφέρον για το περιβάλλον και τις επιπτώσεις ανθρωπογενών αλλαγών πάνω στα φυσικά οικοσυστήματα.

Το ενδιαφέρον αυτό οδήγησε ανάπτυξη ενός άλλου τύπου σύνθετων οικολογικών-υδρολογικών μοντέλων που περιλαμβάνουν επίσης τη μοντελοποίηση φαινομένων όπως η εδαφική διάβρωση, η ρύπανση των υπόγειων και επιφανειακών συστημάτων .

Άλλοι τύποι μοντέλων βροχής - απορροής που αναπτύχθηκε στις ης δεκαετίας του 1980 είναι τα μοντέλα πρόβλεψης σε πραγματικό χρόνο (real-time forecasting). Τα μοντέλα αυτά προήλθαν από ανάγκη για πρόβλεψη πλημμύρων σε ευαίσθητες περιοχές και αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για τη διαχείριση ταμιευτήρων ή υδραυλικών κατασκευών.

Γενικώς τα μοντέλα αυτά βασίζονται σε διάφορες τεχνικές φίλτρα Kalman, διαρκούς ενημέρωσης και ρύθμισης και αποτελούν μέρος ενός ολόκληρου συστήματος πρόβλεψης το οποίο περιλαμβάνει αυτόματη ενσωμάτωση των δεδομένων, αξιολόγηση δεδομένων, τεχνικές πρόβλεψης και αξιοποίηση των προβλέψεων (Nemec, 1986).

5.3 Υδρολογικά μοντέλα

5.3.1 Γενική ταξινόμηση των μοντέλων

Το υδρολογικό μοντέλο ορίζεται σαν ένα σύνολο μαθηματικών εξισώσεων οι οποίες απεικονίζουν κατά προσέγγιση το σύνολο των αλληλοσυσχετιζόμενων φαινομένων που υπεισέρχονται στη διαδικασία μετατροπής της βροχής σε απορροή.

Τα εισαγωγικά δεδομένα ενός υδρολογικού μοντέλου είναι οι μετεωρολογικές μεταβλητές (κατακρημνίσεις, θερμοκρασία, άνεμος, κλπ.).

Το μοντέλο είναι ένα σύνολο μαθηματικών εξισώσεων που απεικονίζουν τις φυσικές διαδικασίες μετατροπής της βροχής σε απορροή που είναι το εξαγόμενο αποτέλεσμα.

Τα υδρολογικά μοντέλα μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- ✓ Τα μοντέλα ενός μεμονωμένου υδρολογικού γεγονότος, που περιλαμβάνουν ως εισαγωγικά δεδομένα ένα μεμονωμένο γεγονός βροχής και το εξαγόμενο αποτέλεσμα είναι ένα υδρογράφημα πλημμύρας.
- ✓ Τα συνεχή μοντέλα που περιλαμβάνουν ως εισαγωγικά δεδομένα μια ή περισσότερες σειρές παρατηρήσεων στο χρόνο (χρονοσειρές) μίας ή περισσότερων μετεωρολογικών μεταβλητών.

Τα ενιαία ή αδρομερή μοντέλα που βασίζονται στην υπόθεση της ομοιόμορφης κατανομής στην επιφάνεια της λεκάνης απορροής των μεγεθών εισόδου (βροχή, κλπ.) και εξόδου (απορροής).

Τα κατανεμημένα μοντέλα, σε αντίθεση με τα ενιαία, βασίζονται στην υπόθεση της χωρικής κατανομής των μεγεθών εισόδου και εξόδου στην λεκάνη απορροής. Τα μοντέλα αυτά περιλαμβάνουν το διαχωρισμό της λεκάνης σε τμήματα με ανομοιόμορφα τοπογραφικά ή άλλα χαρακτηριστικά.

5.3.2 Ταξινόμηση των συνεχών μοντέλων

Τα συνεχή μοντέλα βροχής-απορροής μπορούν να ταξινομηθούν με βάση δύο κριτήρια:

- ✓ το κριτήριο είδους εξισώσεων. Με βάση το κριτήριο αυτό τα μοντέλα ταξινομούνται σε φυσικά ή φυσικής βάσης, παραμετρικά ή εννοιολογικά και μοντέλα μαύρου κουτιού
- ✓ το κριτήριο που βασίζεται στο αν λαμβάνεται υπ' όψιν η τυχαιότητα των φαινομένων. Με βάση το κριτήριο αυτό τα μοντέλα ταξινομούνται σε προσδιοριστικά και στοχαστικά.

α. Τα προσδιοριστικά φυσικά μοντέλα βασίζονται στις εξισώσεις της φυσικής δηλαδή στις εξισώσεις συνέχειας και ποσότητας κίνησης. Τα μοντέλα αυτά περιλαμβάνουν ένα σύνολο περίπλοκων μαθηματικών εξισώσεων και συνήθως περιλαμβάνουν ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων. Επίσης τα μοντέλα αυτά απαιτούν πολλά δεδομένα εισόδου που συνήθως δεν είναι διαθέσιμα. Τέτοια μοντέλα έχουν εφαρμοσθεί μόνο σε μικρές πειραματικές λεκάνες απορροής, για τις οποίες υπάρχουν τα δεδομένα εισόδου.

β. Τα προσδιοριστικά παραμετρικά μοντέλα προσομοιώνουν τη σχέση βροχής- απορροής βασιζόμενα σε ένα σύνολο απλουστευτικών παραδοχών του φυσικού συστήματος. Τα μοντέλα αυτά είναι πολύ διαδεδομένα και περιλαμβάνουν παραμέτρους οι οποίες καθορίζονται από τη διαδικασία "ρύθμισης" του μοντέλου. Η διαδικασία ρύθμισης ενός μοντέλου, είναι ένας αλγόριθμος ο οποίος συνίσταται στην αλλαγή των τιμών των παραμέτρων, έτσι ώστε οι διαφορές μεταξύ των προσομοιωμένων και των παρατηρημένων παροχών να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες.

γ. Τα προσδιοριστικά μοντέλα "μαύρου κουτιού" βασίζονται σε απλές μαθηματικές εξισώσεις οι οποίες προσομοιώνουν ικανοποιητικά το υδρογράφημα της μετρημένης παροχής. Ένα παράδειγμα τέτοιου μοντέλου είναι το μοναδιαίο υδρογράφημα.

δ. Τα στοχαστικά μοντέλα "μαύρου κουτιού" είναι μοντέλα τα οποία υπολογίζουν τη μεταβλητή εξόδου (απορροή) λαμβάνοντας υπ' όψιν τα στατιστικά χαρακτηριστικά της μεταβλητής εισόδου (βροχή), υπό τον όρο να διατηρού-

νται τα στατιστικά χαρακτηριστικά της μετρημένης παροχής (π.χ. μέσος, διασπορά, αυτοσυσχέτιση, διασταυρούμενη συσχέτιση κλπ) (π.χ. μοντέλο ARIMA).

ε. Τα στοχαστικά παραμετρικά και φυσικά μοντέλα λαμβάνουν υπ' όψιν τα στατιστικά χαρακτηριστικά της εισόδου και συγχρόνως περιλαμβάνουν εξισώσεις που απεικονίζουν τις βασικές διαδικασίες μετασχηματισμού της βροχής σε απορροή. Τέτοια μοντέλα δεν έχουν ακόμα εφαρμοσθεί σε πραγματικές λεκάνες απορροής και βρίσκονται ακόμα σε στάδιο έρευνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

Περιγραφή μοντέλων υδατικού ισοζυγίου

6.1 Εισαγωγή

Σ' αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται τα μοντέλα υδατικού ισοζυγίου τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα διπλωματική εργασία. Αυτά τα μοντέλα είναι:

- I. Abulohom
[Abulohom et al, (2001)]
- II. Loukas
[Loukas et al, (2003)]
- III. GR2M
[Makhlouf and Michel, (1994)]
- IV. Giakoumakis
[Giakoumakis et al, (1991)]
- V. L. Xiong and S. Guo
[L. Xiong and S. Guo, (1998)]

6.2 Μοντέλο υδατικού ισοζυγίου Abulohom

Το μοντέλο Abulohom έχει προταθεί πρόσφατα (Abulohom et al, 2001) και είναι ένα μοντέλο πέντε παραμέτρων. Στο μοντέλο οι τιμές τριών παραμέτρων, α_1 , α_2 , α_3 , προσδιορίζονται με βελτιστοποίηση. Οι τιμές των άλλων δύο παραμέτρων, b_1 , b_2 , παίρνουν διακριτές τιμές.

Το μοντέλο Abulohom διακρίνει τη συνολική απορροή σε δύο συνιστώσες: την άμεση απορροή και την βασική απορροή.

Η εξίσωση με την οποία υπολογίζεται η άμεση απορροή είναι:

$$(R_d)_j = \alpha_1 (m_{j-1})^{b_1} (P_a)_j \quad (6.1)$$

όπου, $(R_d)_j$ η άμεση απορροή του μήνα j , α_1 , και b_1 παράμετροι που βελτιστοποιούνται, m_{j-1} η αποθηκευμένη εδαφική υγρασία στην αρχή του μήνα J και $(P_a)_j$ η ενεργός βροχόπτωση του μήνα J , η οποία δίνεται από τον τύπο:

$$(P_a)_j = P_j - (E_a)_j \{1 - \exp[-P_j / (E_a)_j]\} \quad (6.2)$$

Στην Εξίσωση (6.2) P_j είναι η βροχοπτώση του μήνα j και $(E_a)_j$ η πραγματική εξατμισοδιαπνοή του μήνα j .

Η εξίσωση με την οποία υπολογίζεται η βασική απορροή είναι:

$$(R_g)_j = a_2 (m_{j-1})^{b_2} \quad (6.3)$$

όπου, $(R_g)_j$ η βασική απορροή του μήνα j και a_2, b_2 παράμετροι που εκτιμούνται με βελτιστοποίηση.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα ζεύγη των τιμών (a_1, b_1) και (a_2, b_2) είναι υψηλά συσχετισμένα μεταξύ τους. Τα b_1, b_2 παίρνουν τις συγκεκριμένες τιμές $b_1 = (0, 0.5, 1, 2)$ και $b_2 = (0.5, 1, 2)$.

Φυσικά για κάθε λεκάνη απορροής χρησιμοποιείται μια μόνο τιμή για κάθε παράμετρο.

Η αποθηκευμένη εδαφική υγρασία στο m_j , στο τέλος του μήνα j δίδεται από την εξίσωση

$$m_j = m_{(j-1)} + P_j - (E_a)_j - (R_c)_j \quad (6.4)$$

όπου, $(R_c)_j$ είναι η συνολική υπολογισμένη απορροή του μήνα J και είναι ίση με:

$$(R_c)_j = (R_d)_j = (R_g)_j \quad (6.5)$$

Το αποτέλεσμα της σχέσης (6.4) είναι η αποθηκευμένη εδαφική υγρασία στο τέλος του τρέχοντα μήνα και ταυτόχρονα η αποθηκευμένη εδαφική υγρασία στην αρχή του επόμενου μήνα.

Η μηνιαία πραγματική εξατμισοδιαπνοή, $(E_a)_j$, βασίζεται σε δύο ποσότητες: στη διαθέσιμη αποθηκευμένη υγρασία για εξατμισοδιαπνοή κατά το μήνα j και στη δυνητική εξατμισοδιαπνοή $(E_p)_j$ του μήνα J . Δίδεται από την παρακάτω εξίσωση:

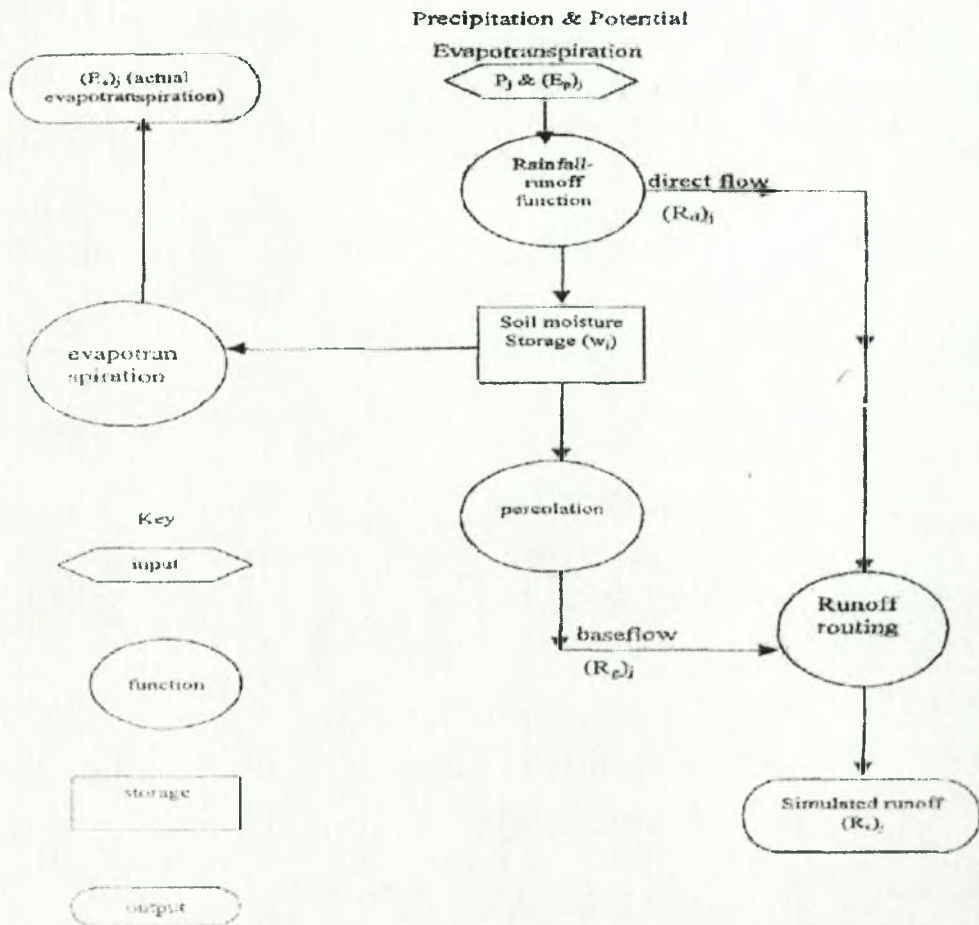
$$(E_a)_j = \min [(E_p)_j (1 - a_3^{w_j / (E_p)_j}), w_j] \quad (6.6)$$

όπου, W_j διαθέσιμη αποθηκευμένη υγρασία για εξατμισοδιαπνοή κατά το μήνα j , η οποία υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$w_j = P_j + m_{j-1} \quad (6.7)$$

και a_3 είναι μία άγνωστη παράμετρος που εκτιμάται μέσω της βελτιστοποίησης του μοντέλου.

Τέλος το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου Abulohom et al (2001) μπορεί να περιγραφεί στο παρακάτω λογικό διάγραμμα (Σχήμα 6.1).



Σχήμα 6.1 : Λογικό διάγραμμα του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου του Abulohom et al, 2001.

6.3 Μοντέλο υδατικού ισοζυγίου Loukas

Το μοντέλο διακρίνει την συνολική απορροή σε τρεις συνιστώσες απορροής, δηλαδή, την επιφανειακή απορροή, την ενδιάμεση ή επιδερμική απορροή, και την βασική απορροή ή απορροή που προέρχεται από την εκροή του υδροφορέα. Σύμφωνα με το μοντέλο πρώτη προτεραιότητα στο υδατικό ισοζύγιο πριν τη δημιουργία απορροής αποτελεί η ικανοποίηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής. Η μηνιαία πραγματική εξατμισοδιαπνοή E_a του μήνα J εξαρτάται από τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία του μήνα I , και την μέση επιφανειακή δυνητική εξατμισοδιαπνοή E_p του μήνα J .

Η μηνιαία πραγματική εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται από τη σχέση που πρότειναν οι Vandewiele και Win (Vandewiele and Win, 1998):

$$E_a(J) = \min\{E_p(J) * (1 - \alpha^{S_{moist}(J)/E_p(J)}), S_{moist}(j)\} \quad (6.7)$$

όπου $S_{moist}(J)$ η διαθέσιμη εδαφική εργασία του μήνα J για πλήρωση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, α ένας συντελεστής πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ($0 < \alpha < 1$), και $E_p(J)$ η δυνητική εξατμισοδιαπνοή του μήνα J .

Η επιφανειακή απορροή, SR , του μήνα J υπολογίζεται ως:

$$SR(J) = (1 - K) * (AS_{moist}(J) - S_{max}) \text{ εάν } AS_{moist}(J) > S_{max} \quad (6.8)$$

ή

$$SR(J) = 0 \text{ εάν } AS_{moist}(J) < S_{max} \quad (6.9)$$

όπου, $AS_{moist}(J) = S_{moist}(J) - E_a(J)$, η υπολειπόμενη εδαφική υγρασία του μήνα μετά την ικανοποίηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, $S_{max} = (25400/CN) - 254$, η μέγιστη εδαφική υγρασία, CN το Curve Number της Soil Conservation Method (SCS, 1972) ($0 < CN < 100$), και K ο συντελεστής κατείσδυσης ($0 < K < 1$).

Η διήθηση προς τον υπόγειο υδροφορέα, D , του μήνα J υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$D(J) = K * (AS_{moist}(J) - S_{max}) \text{ εάν } AS_{moist}(J) > S_{max} \quad (6.10)$$

ή

$$D(J) = 0 \text{ εάν } AS_{\text{moist}}(J) < S_{\text{max}} \quad (6.11)$$

Η διαθέσιμη εδαφική εργασία του μήνα J, N_{moist} , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$N_{\text{moist}}(J) = AS_{\text{moist}}(J) - SR(J) - D(J) \quad (6.12)$$

Η ενδιάμεση απορροή από την εδαφική υγρασία, MR, τον μήνα J υπολογίζεται ως:

$$MR(J) = \beta * [N_{\text{moist}}(J-1) + N_{\text{moist}}(J)] \quad (6.13)$$

όπου, β ο συντελεστής ενδιάμεσης απορροής ($0 < \beta < 1$).

Η υπολειπόμενη υγρασία στο τέλος του μήνα J, NS_{moist} , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$NS_{\text{moist}}(J) = N_{\text{moist}}(J) - MR(J) \quad (6.14)$$

Η διαθέσιμη εδαφική εργασία για πλήρωση της πραγματικής εξατμισο-διαπνοής του επόμενου μήνα J+1 είναι:

$$S_{\text{moist}}(J+1) = P(J+1) + NS_{\text{moist}}(J) \quad (6.15)$$

Η βασική απορροή ή απορροή από την εκροή του υδροφορέα, Q_g , του μήνα J υπολογίζεται από τη διήθηση, D, του προηγούμενου μήνα J-1, από τη σχέση:

$$Q_g(J) = \gamma * D(J-1) \quad (6.16)$$

όπου, γ ο συντελεστής βασικής απορροής ή συντελεστής εκροής του υδροφορέα ($0 < \gamma < 1$).

Τέλος, η συνολική απορροή, Q_c , υπολογίζεται ως άθροισμα των επιμέρους συνιστωσών της απορροής, δηλαδή της επιφανειακής απορροής, ενδιάμεσης απορροής και βασικής απορροής:

$$Q_c(J) = SR(J) + MR(J) + Q_g(J) \quad (6.17)$$

Το μοντέλο υδρολογικού ισοζυγίου Loukas et al (2003) , είναι ένα μοντέλο πέντε παραμέτρων. Είναι όμως δυνατόν δύο από τους παραμέτρους του μοντέλου, το CN και ο συντελεστής κατείδυσης, K, να εκτιμηθούν άμεσα από εδαφολογικούς και γεωλογικούς αναλογικούς ή ψηφιακούς χάρτες, και χάρτες χρήσεων γης, περιορίζοντας έτσι σημαντικά τον αριθμό των παραμέτρων που πρέπει να προσδιορισθούν με τη βοήθεια μεθόδων βελτιστοποίησης.

6.4 Μοντέλο υδατικού ισοζυγίου Giakoumakis

Σύμφωνα με το μοντέλο Giakoumakis (Giakoumakis et al, 1991; Τσακίρης, 1995) το υδατικό ισοζύγιο λειτουργεί στην ανωτέρα επιφανειακή ζώνη του εδάφους. Η εδαφική αυτή ζώνη του ριζοστρώματος, θεωρείται ως δεξαμενή αποθήκευσης μέγιστης χωρητικότητας S_{max} , στην οποία η ποσότητα S_j παριστάνει τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία κατά το μήνα J. Επομένως η διάφορα ($S_{max} - S_j$) είναι το μέσο μηνιαίο έλλειμμα υγρασίας στην επιφάνεια μιας μοναδιαίας λεκάνης. Είναι προφανές ότι το ύψος της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας αυξάνει από την βροχόπτωση P_j και μειώνεται τόσο από την δυνητική εξατμισοδιαπνοή E_{pj} , όσο και από την βαθιά διήθηση D_j .

Η εξίσωση υδατικού ισοζυγίου είναι η εξής:

$$S'_j = S_{j-1} + P_j - E_{pj} \quad (6.18)$$

όπου, S_j η διαθέσιμη εδαφική υγρασία του μήνα J, $0 < S < S_{max}$, P_j το ύψος της μηνιαίας βροχόπτωσης J, και E_{pj} η μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή. Ανάλογα με την τιμή της μεταβλητής S_j , το αντίστοιχο ύψος επιφανειακής απορροής του μήνα J, h_{oj} , εκτιμάται ως ακολούθως :

$$\text{Εάν } S'_j < 0 \text{ τότε: } S_j = 0, h_{oj} = 0, D_j = 0 \quad (6.19)$$

όπου, D_j το ύψος βαθιάς διήθησης το μήνα J

$$\text{Εάν } 0 < S'_j < S_{max} \text{ τότε: } S_j = S'_j, h_{oj} = 0, D_j = 0 \quad (6.20)$$

Εάν $S_j > S_{max}$ ΤΟΤΕ:

$$S_j = S_{max}, h_oj = K' (S_j - S_{max}), D_j = K (S_j - S_{max}) \quad (6.21)$$

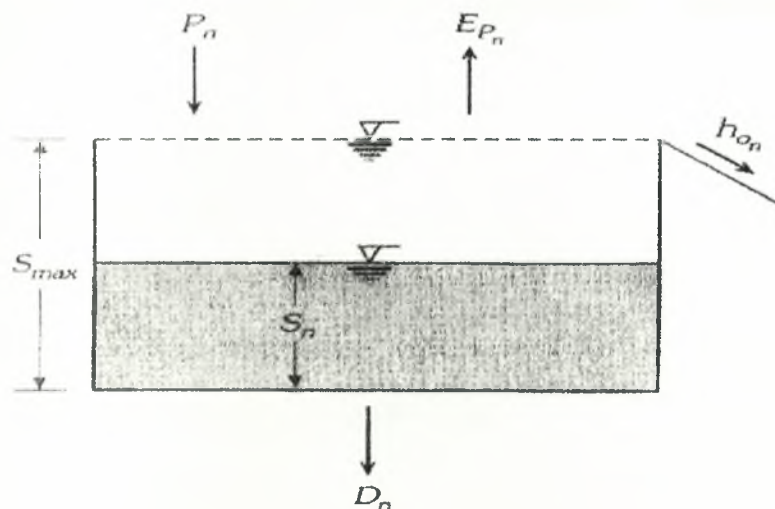
όπου, $K' = 1 - K$.

Στο μοντέλο περιέχονται δυο παράμετροι που πρέπει να προσδιοριστούν: η μέγιστη διαθέσιμη εδαφική υγρασία, S_{max} , της επιφανειακής εδαφικής ζώνης και ο συντελεστής βαθιάς διήθησης, K , που εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής (ανάγλυφο, διηθητικότητα του εδάφους, φυτοκάλυψη κτλ.), ή να γίνει βελτιστοποίηση αυτών (calibration).

Για τον περιορισμό του αριθμού των παραμέτρων βαθμονόμησης, ο συντελεστής βαθιάς διήθησης, K , και η μέγιστη διαθέσιμη εδαφική υγρασία, S_{max} , μπορεί να εκτιμηθεί από την παρακάτω εξίσωση της Soil Conservation Service (Soil Conservation Service, 1972):

$$S_{max} = 25.4 [(1000/CN) - 10] \quad (6.22)$$

όπου, CN ο αριθμός της καμπύλης, που προσδιορίζεται από πίνακες, με βάση τις συνθήκες εδάφους, γεωλογίας, φυτοκάλυψης και χρήσης γης της λεκάνης απορροής, ($0 < CN < 100$).



Σχήμα 6.2: Παρουσίαση σχηματικά του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου του Γιακουμάκη, (Τσακίρης, 1995).

6.5 Μοντέλο υδατικού ισοζυγίου GR2M

Σύμφωνα με το μοντέλο GR2M (Makhouf and Michel, 1994) αποτελείται από δύο δεξαμενές, οι οποίες αποθηκεύουν νερό και συμβολίζονται στο Σχήμα 6.3 ως H και S . Για κάθε μήνα έχουμε σαν εισαγόμενα στοιχεία την βροχόπτωση R και την δυναμική εξατμισοδιαπνοή, E .

$$R_n = R - [RE / (R^{1/2} + E^{1/2})^2] \quad (6.23)$$

$$E_n = E - [RE / (R^{1/2} + E^{1/2})^2] \quad (6.24)$$

$$R'_n = X_1 R_n \quad (6.25)$$

$$E'_n = X_1 E_n \quad (6.26)$$

$$H_1 = (H + AV) / [1 + (HV / A)] \quad (6.27)$$

Όπου $A = 200 \text{ mm}$ και $V = \tanh(R'_n / A)$

$$R_e = R'_n - H - H_1 \quad (6.28)$$

$$H_2 = H_1 (1 - W) / \{1 + W [1 - (H_1 / A)]\} \quad (6.29)$$

Με $W = \tanh(E'_n / A)$

Η δεύτερη αποθήκη που αρχικά είναι στο επίπεδο S , δέχεται $(4/5 R_e)$ και τελικά γίνεται

$$S_1 = S + (4/5 R_e) \quad (6.30)$$

Και δίνει παροχή Q_s

$$Q_s = X_2 S_1 \quad (6.31)$$

$$S_2 = S_1 - Q_s \quad (6.32)$$

Τελικά η μηνιαία συνολική απορροή είναι :

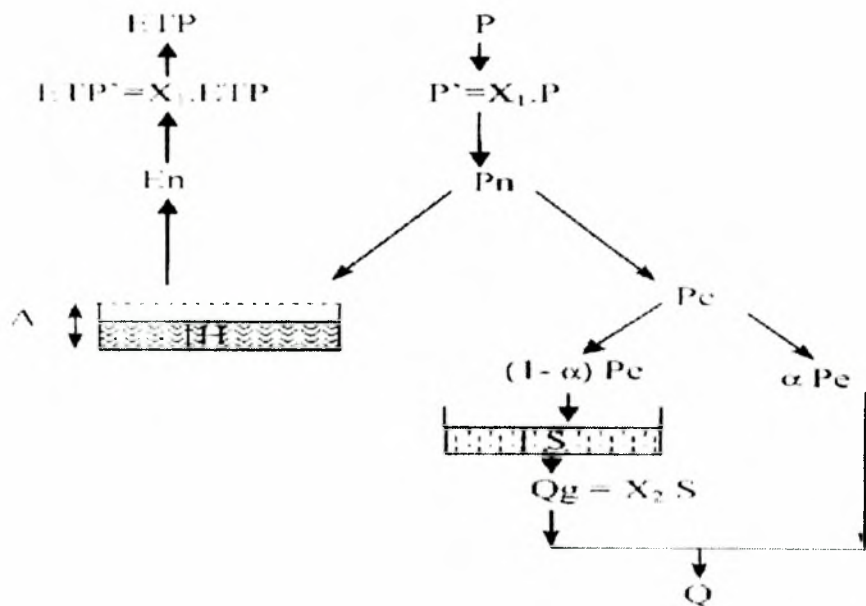
$$Q = Q_s + (R_e / 5) \quad (6.33)$$

Τα H_2 και S_2 είναι έτοιμα να χρησιμοποιηθούν στον επόμενο μήνα.

Το μοντέλο GR2M έχει δύο ελεύθερους παραμέτρους X_1 και X_2 και άλλους δύο που μπορούν να πάρουν ορισμένες τιμές. Επειδή το μοντέλο αυ-

τό έχει αναπτυχθεί σε 91 λεκάνες απορροής στην Γαλλία, έχει υπολογισθεί ότι για την συγκεκριμένη περιοχή η ελάχιστη χωρητικότητα είναι $A = 200 \text{ mm}$ και η άλλη παράμετρος, που είναι η υπόγεια απορροή είναι ίση με το 20% της συνολικής εισροής.

Αυτές οι τιμές των A και α μπορούν βέβαια να αλλάζουν ανάλογα την περιοχή που βρισκόμαστε, λόγω της τοπογραφίας, των γεωλογικού υπόβαθρου και του κλίματος. Μόνο οι παράμετροι X_1 και X_2 βελτιστοποιούνται αν δοθούν οι κατάλληλες τιμές για τις άλλες παραμέτρους.



Σχήμα 6.3: Σχηματική παράσταση του μοντέλου GR2M (Makhlouf and Michel, 1994).

6.6 Μοντέλο υδατικού ισοζυγίου L. Xiong - S.Guo

Το τελευταίο από τα χρησιμοποιούμενα μοντέλα είναι των Lihua Xiong, Shenglian Guo 1998. Είναι ένα μοντέλο δύο παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση της απορροής σε εβδομήντα λεκάνες απορροής στην Νότιο Κίνα. Το μοντέλο είναι σχετικά απλό σε σχέση με άλλα μοντέλα περισσότερων παραμέτρων. Σε σχέση με άλλα μοντέλα μια ακόμη

διαφορά είναι, ότι χρησιμοποιείται η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (actual evapotranspiration). Οι περιοχές που μπορεί αυτό το μοντέλο να δώσει καλά αποτελέσματα είναι σύμφωνα με τους Xiong- Guo υγρές και ημι-υγρές λεκάνες απορροής.

$$E(t) = EP(t) * \tanh [P(t) / EP(t)] \quad (6.34)$$

Όπου $E(t)$ πραγματική ετήσια εξάτμιση

$EP(t)$ πραγματική ετήσια εξάτμιση

$P(t)$ πραγματική ετήσια βροχόπτωση

Από την σχέση (6.34) συνεπάγεται ότι :

$$E(t) / EP(t) = \tanh [P(t) / EP(t)] \quad (6.35)$$

Επειδή θέλουμε την πραγματική μηνιαία εξατμισοδιαπνοή έχουμε μετά από πολλές δοκιμές ότι :

$$E(t) = c * EP(t) * \tanh [P(t) / EP(t)] \quad (6.36)$$

Όπου c η πρώτη παράμετρος του μοντέλου.

Για τον υπολογισμό της μηνιαίας απορροής ο τύπος είναι ο παρακάτω:

$$Q(t) = S(t) * \tanh [S(t) / SC] \quad (6.37)$$

$$S(t) = S(t-1) + P(t) - E(t) - Q(t) \quad (6.38)$$

Όπου $Q(t)$ η μηνιαία απορροή

$S(t)$ η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό

SC είναι ο συμβολισμός της περιοχής, η χωρητικότητά της. Αυτή είναι η δεύτερη παράμετρος του μοντέλου και οι μονάδα είναι σε χιλιοστά.

Κεφάλαιο 7°

Εφαρμογή μοντέλων υδατικού ισοζυγίου

7.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής των μοντέλων υδατικού ισοζυγίου που χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα πτυχιακή εργασία. Η υδατική προσομοίωση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού των λεκανών απορροής πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια των μοντέλων του Abulohom et al (2001), του Loukas et al (2003), GR2M (2001), Giakoumakis et al (1991) και Xiong - Guo (1998).

Τα δεδομένα εισόδου (input) των μοντέλων είναι: η μηνιαία επιφανειακή βροχόπτωση, η μηνιαία επιφανειακή δυνητική εξατμισοδιαπνοή (E_p)_n και η αποθηκευμένη υγρασία S_{n-1} στην αρχή του τρέχων μήνα (ή στο τέλος του προηγούμενου) ενώ τα εξαγόμενα (output) είναι: η μηνιαία επιφανειακή απορροή Q_n , η μηνιαία επιφανειακή πραγματική εξατμισοδιαπνοή και η αποθηκευμένη υγρασία S_n στο τέλος του τρέχων μήνα (ή στην αρχή του επόμενου).

Αφού συντάχθηκαν τα πέντε μοντέλα υδατικού ισοζυγίου, ακολούθησε η βελτιστοποίηση (calibration) των παραμέτρων των μοντέλων και ο υπολογισμός των δεδομένων εξόδων (output) του καθενός για την περίοδο των υδρολογικών ετών για κάθε λεκάνη απορροής που υπήρχαν δεδομένα, κυρίως (Σεπτέμβριο έως Οκτώβριο 1960-2001). Η βελτιστοποίηση (calibration) έγινε με τη βοήθεια της μεθόδου SIMPLEX και σαν στατιστική παράμετρος βελτιστοποίησης χρησιμοποιήθηκε η Model Efficiency (Eff) που προτάθηκε από τους Nash and Sutcliffe (1970).

Η μέθοδος SIMPLEX δεσμευμένων μεταβλητών της επίλυσης του Microsoft Excel χρησιμοποιεί τον κώδικα μη γραμμικής βελτιστοποίησης, μειωμένης γενικευμένης κλίσης (Generalized Reduced Gradient), που ανέπτυξαν ο Leon Lasdon του Πανεπιστημίου του Texas, στο Austin, και ο Allan Waren του Πανεπιστημίου του Cleveland.

Η επίλυση του Microsoft Excel χρησιμοποιήθηκε για να καθοριστεί η μέ-

γιστη τιμή του Model Efficiency (που είναι ίση με τη μονάδα), μεταβάλλοντας τις παραμέτρους των μοντέλων. Η διαδικασία της επίλυσης απαιτεί ορισμένες ρυθμίσεις όπως ο μέγιστος χρόνος (100 secs).

Οι επαναλήψεις (100), η ακρίβεια των λύσεων (0,000001), η ανοχή (5%) η οποία είναι το ποσοστό κατά το οποίο η λύση ικανοποιεί τους ακέραιους περιορισμούς των παραμέτρων και μπορεί να διαφέρει από την πραγματική βέλτιστη τιμή και ο στόχος να εξακολουθεί να θεωρείται αποδεκτός και η σύγκλιση (0,601), δηλαδή η σχετική μεταβολή της λύσης κατά τις τελευταίες πέντε επαναλήψεις για την οποία η διαδικασία επίλυσης σταματά.

Οι παράμετροι των μοντέλων μεταβλήθηκαν έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί η στατιστική παράμετρος Model Efficiency (Eff), (Nash and Sutcliffe, 1970), η οποία είναι ίση με:

$$\text{Eff} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obsi} - Q_{simi})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obsi} - \overline{Q_{obs}})^2} \quad (7.1)$$

όπου

- Q_{obsi} , η παρατηρημένη απορροή του μήνα i ,
- Q_{simi} , η υπολογισμένη απορροή του μήνα i ,
- $\overline{Q_{obs}}$ ο μέσος όρος των τιμών της μηνιαίας παρατηρημένης απορροής.

Αφού υπολογίστηκε η μηνιαία απορροή της λεκάνης, κατασκευάστηκαν διαγράμματα μηνιαίας υπολογισμένης-παρατηρημένης απορροής για την περίοδο Οκτ1960-Σεπ2001 καθώς και τα διαγράμματα διασποράς αυτών, τα οποία χρησιμοποιούν την ευθεία γραμμικής παλινδρόμηση υπολογισμένης-παρατηρημένης απορροής και την ευθεία 1:1 της παρατηρημένης απορροής.

Στη συνέχεια, αφού είχαν υπολογιστεί οι παράμετροι των μοντέλων υδατικού ισοζυγίου από την βελτιστοποίηση, πραγματοποιήθηκε η πιστοποίηση (validation) των μοντέλων για την περίοδο των υδρολογικών ετών (Οκτώβριο έως Σεπτέμβριο) 1992-1998, με σταθερές τις τιμές των παραμέτρων.

(Οκτώβριο έως Σεπτέμβριο) 1992-1998, με σταθερές τις τιμές των παραμέτρων.

Κατασκευάσθηκαν διαγράμματα όμοια με αυτά της βελτιστοποίησης, τα οποία φαίνονται στα παραρτήματα. Η πιστοποίηση των μοντέλων έγινε για να φανεί κατά πόσο τα μοντέλα, με σταθερές και βελτιστοποιημένες τις παραμέτρους για μια χρονική περίοδο, μπορούν να προσομοιώσουν την απορροή των λεκανών για μια άλλη οποιαδήποτε χρονική περίοδο και συγκεκριμένα για την περίοδο Οκτ1986-Σεπ1998.

Ακόμη, τα μοντέλα πιστοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας και άλλες στατιστικές παραμέτρους, οι οποίες ήταν οι εξής:

A. Αριθμητικός μέσος όρος των τιμών της πραγματικής απορροής για τα αντίστοιχα χρόνια που κάνουμε την βελτιστοποίηση, την πιστοποίηση αλλά και για ολόκληρη την χρονοσειρά.

$$\overline{Q_{obs}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{obsi}}{N} \quad (7.2)$$

οπού:

- Q_{obsi} , η παρατηρημένη απορροή του μήνα i ,
- N , ο αριθμός των περιπτώσεων
- $\overline{Q_{obs}}$ ο μέσος όρος των τιμών της μηνιαίας παρατηρημένης απορροής.

B) Αριθμητικός μέσος όρος των τιμών της υπολογιζόμενης απορροής για τα αντίστοιχα χρόνια που κάνουμε την βελτιστοποίηση, την πιστοποίηση αλλά και για ολόκληρη την χρονοσειρά.

$$\overline{Q_{sim}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{simi}}{N} \quad (7.3)$$

οπού: Q_{simi} , η παρατηρημένη απορροή του μήνα i ,

- N , ο αριθμός των περιπτώσεων

- Q_{sim} , ο μέσος όρος των τιμών της μηνιαίας παρατηρημένης απορροής.

Γ) Συντελεστής προσδιορισμού R^2 (coefficient of determination)

$$R^2 = (C_c)^2 \quad (7.4)$$

όπου:

- C_c ο συντελεστής συσχέτισης (coefficient of correlation).

Δ) Ποσοστιαία μεταβολή του όγκου που μας δείχνει κατά πόσο το μοντέλο εκτιμάει τον συνολικό όγκο απορροής.

$$\Delta V = \left[\frac{\sum_{i=1}^n Q_{simi} - \sum_{i=1}^n Q_{obsi}}{\sum_{i=1}^n Q_{obs}} \right] * 100 \quad (7.5)$$

οπού:

- Q_{obs_i} , η παρατηρημένη απορροή του μήνα i ,
- Q_{sim_i} , η παρατηρημένη απορροή του μήνα i ,
- N , ο αριθμός των περιπτώσεων

Ε) RMCE

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (Q_{obsi} - \overline{Q_{obsi}})^2}{K}} \quad (7.6)$$

σπού:

- $Q_{obs,i}$, η παρατηρημένη απορροή του μήνα i ,
- $\overline{Q_{obs,i}}$, η μέση τιμή της παρατηρημένης απορροής της περιόδου που γίνεται η βελτιστοποίηση ή η πιστοποίηση,
- K , ο αριθμός των περιπτώσεων.

7.2 Βελτιστοποίηση και Πιστοποίηση μοντέλων υδατικού ισοζυγίου

Στην ενότητα 7.2 παρουσιάζονται οι συγκεντρωτικοί πίνακες για κάθε λεκάνη απορροής και περιλαμβάνουν τις στατιστικές παραμέτρους του κάθε μοντέλου που χρησιμοποιήθηκαν ως μέτρο σύγκρισης της υδρολογικής προσομοίωσης. Όλη η χρονοσειρά χωρίστηκε σε δύο περιόδους, στην πρώτη περίοδο έγινε βελτιστοποίηση (Calibration), και στη δεύτερη περίοδο η πιστοποίηση του μοντέλου (Validation). Για κάθε λεκάνη απορροής το ίδιο έγινε και με την αντίστροφη σειρά, δηλαδή έγινε η βελτιστοποίηση των παραμέτρων στη δεύτερη χρονική περίοδο και πιστοποίηση στην πρώτη χρονική περίοδο για όλες τις λεκάνες απορροής. Στους συγκεντρωτικούς πίνακες έχουν υπογραμμισθεί οι τιμές του μέγιστου και του ελάχιστου Model Efficiency (mod. Eff).

Στο παράρτημα 2 υπάρχουν αναλυτικά τα διαγράμματα πραγματικής και προσομοιωμένης απορροής και τα αντίστοιχα διαγράμματα διασποράς, για την περίοδο βελτιστοποίησης και πιστοποίησης, όπως και το διάγραμμα διασποράς για όλη τη χρονοσειρά.

Στο παράρτημα 3 υπάρχουν τα ίδια όπως και παραπάνω αλλά με βελτιστοποίηση της τελευταίας περιόδου και πιστοποίηση της πρώτης χρονικής περιόδου για όλες τις λεκάνες απορροής.

Στα διαγράμματα διασποράς για καλύτερη σύγκριση έχει προστεθεί και η γραμμή τάσης 1:1. Ταυτόχρονα εμφανίζεται και η εξίσωση της γραμμής τάσης και η τιμή του R^2 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1Α

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή της Πύλης (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993.

Α/Α Στατιστ.	Abulohom			Loukas			GR2M			Giakoumakis			Xilong-Guo		
	Cal	Val.	Per.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.
Eff	0.70	0.77	0.73	0.70	0.76	0.73	0.71	0.77	0.74	0.60	0.64	0.62	0.69	0.75	0.71
RSQ	94.90	93.20	94.10	94.90	93.20	94.10	0.72	0.79	0.75	0.62	0.68	0.65	0.70	0.75	0.72
Qmsim	96.94	99.03	97.95	89.02	91.66	90.30	103.90	106.94	105.39	82.28	84.77	83.49	93.43	97.50	95.40
Qmobs	94.94	93.19	94.10	94.94	93.19	94.09	94.94	93.19	94.10	94.95	93.19	94.10	94.94	93.19	94.10
DV%	2.10	6.27	4.10	-6.25	-1.64	-4.03	9.46	14.75	12.00	-13.33	-9.04	-11.27	-1.59	4.63	1.40
RMCE	118.61	97.09	108.57	118.60	96.84	108.58	118.55	96.83	108.54	126.31	90.67	108.57	118.61	96.83	108.57

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. 2Α

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή της Πύλης (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977.

Α/Α Στατιστ.	Abulohom			Loukas			GR2M			Giakoumakis			Xiong-Guo		
	Cal	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.
Eff	0,69	0,78	0,73	0,69	0,77	0,72	0,69	0,79	0,73	0,59	0,64	0,62	0,68	0,75	0,71
RSQ	0,72	0,79	0,74	0,71	0,77	0,73	0,72	0,79	0,75	0,62	0,68	0,64	0,70	0,75	0,72
Qmslim	96,94	95,21	97,93	88,57	90,98	89,74	95,44	98,31	96,83	76,84	79,17	77,97	87,97	92,19	90,02
Qmobs	94,94	93,19	94,09	94,94	93,19	94,09	94,94	93,19	94,09	94,95	93,19	94,09	94,94	93,19	94,09
DV%	0,28	4,51	2,31	-6,71	-2,36	-4,62	0,53	5,49	2,91	-19,06	-15,05	-17,13	-7,34	-1,07	-4,33
RMCE	118,60	97,08	108,57	118,61	96,84	108,57	118,55	96,84	108,53	126,31	90,67	108,58	118,61	96,83	108,57

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. 1B

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Μουζάκι (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993.

A/A Στατιστ.	Abulohom			Loukas			GR2M			Giakoumakis			Xiong-Guo		
	Cal	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.
Eff	0,69	0,69	0,66	0,65	0,69	0,66	0,65	0,73	0,67	0,52	0,57	0,54	0,65	0,66	0,65
RSQ	0,65	0,72	0,67	0,65	0,70	0,66	0,65	0,74	0,67	0,57	0,64	0,59	0,64	0,67	0,65
Qmslm	79,3	71,28	75,7	72,73	65,05	69,25	75,89	67,79	72,38	56,60	48,79	53,074	75,08	69,86	72,72
Qmobs	74,27	62,51	68,963	74,27	62,52	68,96	74,27	62,52	68,96	74,27	62,52	68,96	74,27	62,52	68,96
DV%	6,8	14,01	9,76	-2,06	4,66	0,68	2,18	9,00	4,97	-23,78	-21,95	-23,04	1,103	12,41	5,73
RMCE	92,38	69,50	82,76	92,38	68,88	82,54	92,38	68,88	82,54	92,38	69,05	82,60	92,38	68,88	82,54

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. 2B

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Μουζάκι (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977.

A/A Στατιστ.	Abulohom		Loukas		GR2M		Giakoumakis		Xiong-Guo	
	Cal.	Val.	Cal.	Period.	Cal.	Period.	Cal.	Period.	Cal.	Period.
Eff	0,62	0,74	0,64	0,66	0,63	0,6755	0,522	0,57	0,63	0,65
RSQ	0,63	0,74	0,64	0,67	0,64	0,68	0,57	0,64	0,64	0,65
Qmsim	74,1	65,48	66,38	63,70	72,31	68,84	55,70	47,99	69,94	67,28
Qmobs	74,2	62,51	74,27	68,96	74,27	68,96	74,27	62,52	74,27	68,96
DV%	-0,23	4,75	-10,61	-7,37	-2,63	-0,15	-25,00	-23,23	-5,82	-2,17
RMCE	92,3	69,0	92,38	82,54	92,38	82,54	92,38	69,05	92,38	82,54

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. 1Γ

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Σαρακίνα (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1974 έως Σεπτέμβριο 1985.

A/A Στατιστ.	Abulohom			Loukas			GR2M			Giakoumakis			Xiong-Guo		
	Cal	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.
Eff	0,61	0,19	0,50	0,62	0,22	0,51	0,63	0,27	0,55	0,20	-0,06	0,14	0,54	0,47	0,52
RSQ	0,61	0,48	0,54	0,60	0,53	0,55	0,64	0,54	0,57	0,39	0,30	0,34	0,57	0,51	0,53
Qmslim	42,5	40,85	41,9	42,38	40,61	41,74	40,78	38,91	40,24	17,79	17,41	17,16	36,64	35,87	36,28
Qmobs	40,08	28,1	34,50	40,08	28,12	34,50	40,08	28,12	34,50	40,08	28,12	34,50	40,08	28,12	34,61
DV%	6,11	47,48	21,84	4,93	46,93	20,61	84,42	39,75	67,748	-56,09	-36,94	-48,94	-21,10	73,02	5,15
RMCE	52,72	32,45	44,40	52,72	32,36	44,37	53,01	32,10	44,40	52,96	31,710	44,30	52,81	32,10	44,33

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. 2Γ

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Σαρακίνας (Θεσσαλία, με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1974 έως Σεπτέμβριο 1985, πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973.

A/A Στατιστ.	Abulohorn			Loukas			GR2M			Glaoumakis			Xlong-Guo		
	Cal	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.
Eff	0,45	0,54	0,48	0,45	0,57	0,48	0,49	0,59	0,53	0,34	0,37	0,35	0,48	0,52	0,49
RSQ	0,58	0,53	0,54	0,57	0,58	0,54	0,63	0,57	0,58	0,51	0,45	0,46	0,56	0,51	0,52
Qmslm	30,80	29,35	30,20	28,46	27,95	28,22	32,19	27,91	28,99	19,45	18,89	19,19	30,67	30,12	30,42
Qmobs	40,08	28,12	34,50	40,08	28,12	34,50	40,08	28,12	34,50	40,08	28,12	34,50	40,25	27,83	34,62
DV%	-23,07	5,96	-12,04	-29,52	0,80	-18,20	33,03	0,51	20,89	-51,99	-31,64	-44,39	-34,01	45,44	-11,85
RMCE	52,72	32,45	44,40	52,72	32,45	44,40	53,02	32,10	44,40	52,91	32,10	44,40	52,82	32,09	44,34

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1Δ

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή του Γάβρου (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1972 ως Σεπτέμβριο 1981 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1982 έως Σεπτέμβριο 1991.

A/A Στατιστ.	Abulohom			Loukas			GR2M			Giakoumakis			Xiong-Guo		
	Cal	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.
Eff	0,96	0,49	0,59	0,36	0,02	0,22	0,25	-0,25	0,04	-0,06	-0,59	-0,28	0,12	-0,12	0,02
RSQ	0,08	0,07	0,08	0,36	0,12	0,24	0,19	0,04	0,11	0,14	0,02	0,067	0,16	0,13	0,14
Qmsim	12,60	15,19	13,70	15,82	157,55	17,58	14,77	18,77	16,55	8,62	12,14	9,70	15,71	21,80	18,28
Qmobs	15,77	15,89	15,82	15,78	15,89	15,82	15,77	15,89	15,82	15,77	15,92	15,91	15,92	15,89	15,90
DV%	-19,96	-4,57	-13,38	0,26	27,19	11,67	-6,39	19,25	4,55	-45,35	-24,53	-36,53	-0,65	36,80	15,30
RMCE	19,94	19,57	19,78	19,95	19,57	19,79	19,90	19,18	19,60	19,76	19,51	19,65	19,95	19,57	19,79

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2 Δ

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή του Γάβρου (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1982 έως Σεπτέμβριο 1991 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1972 ως Σεπτέμβριο 1981.

Α/Α Στατιστ.	Abulohom			Loukas			GR2M			Giakoumakis			Xiong-Guo		
	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.
Eff	0,96	0,49	0,58	0,30	0,13	0,23	0,09	0,05	0,07	-0,15	-0,30	-0,21	-0,23	0,09	-0,10
RSQ	0,106	0,06	0,09	0,35	0,14	0,24	0,13	0,05	0,08	0,15	0,02	0,08	0,04	0,17	0,08
Qmsim	10,50	13,48	11,70	11,86	113,28	13,34	11,47	13,63	12,17	4,77	6,61	5,66	5,72	11,27	8,08
Qmobs	15,77	15,80	15,82	15,77	15,89	15,82	15,77	15,89	15,82	15,77	15,91	15,90	15,91	15,89	15,90
DV%	-33,54	-15,30	-25,76	-24,76	-2,26	-15,23	-27,27	-14,33	-14,33	-69,76	-57,49	-64,56	-63,73	-29,16	-49,04
RMCE	19,93	19,5	19,78	19,94	19,57	19,78	19,90	19,17	19,59	19,75	19,51	19,65	19,94	19,57	19,79

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1Ε

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή της Σκοπιάς (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1971 ως Σεπτέμβριο 1982 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1983 έως Σεπτέμβριο 1993.

Α/Α Στατισ.	Abulohom			Loukas			GR2M			Giakoumakis			Xlong-Guo		
	Cal	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.
Eff	0,53	0,37	0,47	0,42	0,13	0,43	0,39	0,59	0,47	0,18	0,32	0,23	0,50	0,19	0,38
RSQ	0,52	0,70	0,54	0,43	0,49	0,41	0,45	0,75	0,52	0,39	0,48	0,38	0,66	0,51	0,49
Qns/Im	14,10	8,09	14,80	13,16	14,12	13,49	10,64	11,79	11,40	6,74	7,78	7,43	13,07	16,33	14,71
Qno/bs	14,09	8,09	11,10	14,09	8,02	11,05	14,34	8,09	11,20	14,34	8,09	11,20	14,34	8,09	11,20
DV%	0,23	90,72	48,99	-6,61	76,32	23,47	-25,80	45,82	0,18	-52,97	8,03	-30,85	-8,80	101,89	31,35
RMCE	16,63	12,49	14,70	16,64	12,52	14,71	16,54	12,49	14,65	16,63	12,8	14,84	16,53	12,52	14,65

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. 2Ε

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή της Σκοπιάς (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1983 έως Σεπτέμβριο 1993 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1971 ως Σεπτέμβριο 1982.

A/A Στατιστ.	Abulohom			Loukas			GR2M			Giakoumakis			Xiong-Guo		
	Cal	Val.	Pe- riod.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.
Eff	0,35	0,74	0,49	0,26	0,47	0,43	0,32	0,80	0,50	0,12	0,58	0,29	0,38	0,61	0,47
RSQ	0,50	0,73	0,54	0,377	0,44	0,37	0,47	0,78	0,55	0,39	0,62	0,45	0,58	0,50	0,47
Qmsim	7,40	8,09	7,90	8,19	8,75	8,41	7,61	8,27	8,06	5,40	6,12	5,74	8,94	11,83	10,39
Qmobs	14,09	8,09	11,10	14,09	8,02	11,05	14,34	8,09	11,20	14,33	8,09	11,20	14,33	8,09	11,20
DV%	-47,46	3,97	-20,28	-41,82	9,21	-23,30	-46,89	2,29	-29,04	-62,28	-14,22	-44,85	-37,58	46,28	-7,16
RMCE	16,64	12,49	14,70	16,64	12,52	14,71	16,54	12,49	14,64	16,63	12,82	14,83	16,53	12,51	14,65

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. 1ΣΤ

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Μεσοχώρι (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1972 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1981.

Α/Α Στατιστ.	Abulohom			Loukas			GR2M			Giakoumakis			Xiong-Guo		
	Cal	Val.	Pe- riod.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.
Eff	0,53	0,48	0,52	0,24	0,31	0,26	0,45	0,54	0,48	0,34	0,17	0,28	0,42	0,51	0,45
RSQ	0,53	0,56	0,53	0,23	0,41	0,29	0,45	0,58	0,49	0,47	0,38	0,42	0,49	0,73	0,50
Qrmsim	11,6	11,31	11,50	12,11	12,09	12,10	11,43	10,76	11,13	7,18	6,64	6,94	11,80	11,41	11,62
Qrmobs		8,475	10,22 1	11,65	8,47	10,22	11,65	8,47	10,22	11,65	8,47	10,22	11,65	8,47	10,22
DV%	47,254	33,83	674,6	3,97	42,75	18,45	-1,81	26,98	8,93	-38,96	-21,57	-32,09	1,33	34,62	13,76
RMCE	14,027	11,425	12,92	14,02	10,97	12,75	14,02	11,13	12,81	14,02	10,90	12,72	14,07	11,12	12,80

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2ΣΤ

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Μεσοχώρι (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1972 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1981.

A/A Στατιστ.	Abulohom		Loukas		GR2M		Giakoumakis		Xlong-Guo						
	Val	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Val.	Cal.	Period.				
Eff	0,447	0,608	0,502	0,192	0,397	0,2623	0,407	0,620	0,479	0,077	0,476	0,213	0,345	0,666	0,454
RSQ	0,522	0,608	0,533	0,2174	0,388	0,2712	0,425	0,613	0,487	0,374	0,6219	0,448	0,448	0,707	0,4763
Qmsim	9,2	9,147	9,2	9,215	9,206	9,2115	9,545	8,832	9,224	4,0441	4,408	4,208	8,636	8,242	8,4589
Qmobs	11,65	8,475	10,221	11,650	8,475	10,221	11,624	6,858	10,221	11,650	8,4759	10,221	11,650	8,4759	10,221
DV%	32,91	8,365	725,591	-20,89	8,622	-9,8777	-18,06	4,2011	-9,7529	-65,62	-47,98	-58,82	-25,87	-2,756	-17,240
RMCE	14,02	11,126	12,809	14,027	11,126	12,809	14,027	11,132	12,812	14,027	11,245	12,856	14,027	11,126	12,809

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1Ζ

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Αλή Εφέντη (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993.

Α/Α Στατιστ.	Abulohom		Loukas		GR2M		Giakoumakis		Xiong-Guo			
	Cal	Val.	Cal.	Val.	Cal.	Val.	Cal.	Val.	Cal.	Val.		
Eff	0,82	0,97	0,72	0,61	0,85	0,76	0,81	0,62	0,49	0,80	0,68	0,74
RSQ	0,83	0,72	0,72	0,619	0,83	0,76	0,80	0,71	0,61	0,81	0,68	0,75
Qmsalm	35,52	34,25	38,42	37,532	36,79	35,53	36,24	26,61	25,61	36,95	36,51	36,72
Qmobs	36,9	35,24	36,91	35,241	36,91	35,24	36,05	36,91	35,24	36,91	35,24	36,05
DV%	-3,77	-2,80	4,087	240,81	-0,58	0,83	0,12	-27,91	-25,66	-1,76	3,60	0,92
RMCE	42,47	39,03	42,40	39,037	42,47	39,03	40,74	42,40	39,03	42,47	39,03	40,74

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2Ζ

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Αλή Εφέντη (Θεσσαλία), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977.

Α/Α Στατιστ.	Abulohom			Loukas			GRZM			Giakoumakis			Xiong-Guo		
	Val	Cal.	Period	Val.	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.
Eff	0,82	0,97	0,89	0,78	0,67	0,73	0,84	0,76	0,80	0,62	0,52	0,57	0,79	0,69	0,74
RSQ	0,83	0,72	0,77	0,78	0,67	0,73	0,82	0,77	0,80	0,72	0,64	0,68	0,81	0,70	0,76
Qmslm	35,50	34,25	34,90	35,14	33,99	34,55	34,39	32,65	33,50	25,23	23,65	24,16	36,45	36,07	36,25
Qmobs	36,91	35,24	36,05	36,91	35,24	36,05	36,91	35,24	36,05	36,91	35,24	36,05	36,91	35,24	36,05
DV%	-3,77	-2,80	-3,28	-4,78	209,5	102,57	-7,45	-7,326	-7,39	-33,07	-31,61	-32,34	-2,96	2,36	-0,29
RMCE	42,47	39,03	40,74	42,40	39,03	40,71	42,47	39,03	40,74	42,40	39,03	40,71	42,47	39,03	40,74

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1Η

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Άνω Αποσελέμης (Κρήτη), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1968 έως Σεπτέμβριο 1983 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1984 έως Σεπτέμβριο 2001.

Α/Α Στατιστ.	Abulohom			Loukas			GR2M			Giakoumakis			Xlong-Guo		
	Cal	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.
Eff	0,63	0,53	0,58	0,67	0,56	0,62	0,63	0,54	0,58	0,62	0,581	0,09	0,54	0,49	0,09
RSQ	0,64	0,56	0,60	0,68	0,61	0,64	0,62	0,59	0,60	0,62	0,59	0,60	0,57	0,57	0,57
Qmsim	19,93	17,49	18,60	18,69	17,04	17,79	20,61	19,10	19,79	15,68	14,25	14,90	21,63	21,33	21,46
Qmobs	16,70	12,76	14,55	16,70	12,76	14,55	16,70	12,76	14,55	16,70	12,76	14,55	16,70	12,76	14,55
DV%	19,31	37,02	27,78	11,85	33,49	22,20	23,38	49,66	35,95	-6,11	11,68	2,39	29,45	67,07	47,45
RMCE	38,21	32,85	35,50	38,21	32,85	35,50	38,21	22,25	30,60	38,21	32,85	35,50	38,21	32,85	35,50

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2Η

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Άνω Αποσελέμη (Κρήτη), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1968 έως Σεπτέμβριο 1983 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1984 έως Σεπτέμβριο 2001.

A/A Στατιστ.	Abulohom			Loukas			GR2M			Giakoumakis			Xiong-Guo		
	Val	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.
Eff	0,63	0,53	0,59	0,64	0,61	0,63	0,62	0,56	0,60	0,64	0,60	0,09	0,53	0,50	0,09
RSQ	0,64	0,57	0,60	0,66	0,61	0,63	0,62	0,59	0,60	0,66	0,60	0,63	0,53	0,55	0,54
Qmsim	20,51	18,04	19,17	15,62	14,26	14,88	18,60	17,23	17,85	13,27	11,98	12,57	19,78	19,75	19,76
Qmobs	16,70	12,76	14,55	16,70	12,76	14,55	16,70	12,76	14,55	16,70	12,76	14,55	16,70	12,76	14,55
DV%	22,79	41,36	31,68	-6,46	11,74	2,24	11,34	34,98	22,65	-20,56	-6,10	-13,64	18,41	54,68	35,76
RMCE	38,21	32,85	35,50	38,21	32,85	35,50	38,21	21,77	30,41	38,21	32,85	35,50	38,21	32,85	35,50

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. 1Θ

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Γιόφυρος (Κρήτη), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1985 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1986 έως Σεπτέμβριο 2001.

Α/Α Στατιστ.	Abulohom			Loukas			GR2M			Giakoumakis			Xiong-Guo		
	Cal	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.
Eff	0,67	0,11	0,52	0,67	0,22	0,63	0,72	0,06	0,63	0,60	-0,078	0,63	0,49	0,08	0,38
RSQ	0,67	0,70	0,61	0,67	0,72	0,62	0,72	0,71	0,64	0,62	0,59	0,54	0,51	0,67	0,54
Qmsim	12,30	11,52	10,50	11,78	11,10	10,94	13,22	11,49	12,29	8,47	8,76	8,63	15,68	13,41	14,46
Qmobs	12,27	7,08	9,48	12,27	7,08	9,47	12,27	7,08	9,47	12,27	7,08	9,47	12,27	7,08	9,47
DV%	6,41	89,68	39,93	-3,97	56,64	46,60	7,77	62,13	29,65	-23,51	24,39	-4,22	27,79	89,26	52,54
RMCE	23,22	12,98	18,43	23,22	12,98	18,43	23,22	12,98	18,43	23,22	12,98	18,43	23,22	12,66	18,31

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. 2Θ

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Γόφυρος (Κρήτη), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1986 έως Σεπτέμβριο 2001, πιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 ως Σεπτέμβριο 1985.

A/A Στατιστ.	Abulohom			Loukas			GR2M			Giakourmakis			Xiong-Guo		
	Val.	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.
Eff	0,49	0,72	0,55	0,51	0,74	0,63	0,54	0,75	0,63	0,41	0,56	0,63	0,40	0,44	0,41
RSQ	0,61	0,71	0,59	0,65	0,73	0,62	0,70	0,74	0,65	0,62	0,59	0,54	0,37	0,52	0,41
Qmsim	12,30	8,20	7,30	7,62	7,16	7,10	8,90	7,54	8,17	4,86	4,55	4,47	11,43	9,24	10,25
Qmobs	12,27	7,08	9,48	12,27	7,08	9,47	12,27	7,08	9,47	12,27	7,08	9,47	12,27	7,08	9,47
DV%	-24,65	30,51	-2,44	-37,84	1,11	-4,67	-27,39	6,5	6,50	-60,32	-35,71	-50,41	-6,81	30,41	8,17
RMCE	23,22	12,98	18,43	23,22	12,98	18,43	23,22	12,98	18,43	23,22	12,98	18,43	23,22	9,81	17,34

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.11

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Γαζανός (Κρήτη), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1979 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1980 έως Σεπτέμβριο 1998.

Α/Α Στατιστ.	Abulohom			Loukas			GR2M			Giakoumakis			Xiong-Guo		
	Cal	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.	Cal.	Val.	Period.
EFF	0,38	0,21	0,27	0,72	0,67	0,68	0,71	0,41	0,51	0,51	0,28	0,35	0,35	-2,60	-1,17
RSQ	0,23	0,41	0,31	0,72	0,67	0,69	0,71	0,53	0,57	0,50	0,45	0,34	0,34	0,14	0,13
Qmslim	2,79	3,17	2,95	3,29	3,07	3,01	3,57	4,27	4,09	1,71	1,09	3,42	3,42	7,38	10,81
Qmobs	3,39	2,77	2,93	3,39	2,77	2,93	3,39	2,77	2,93	3,39	2,77	3,39	3,39	2,77	2,93
DV%	-17,78	14,50	4,76	-2,87	10,88	50,23	5,30	54,10	39,38	-49,51	-60,70	0,93	0,93	166,20	116,33
RMCE	5,15	4,49	4,67	1,59	4,36	2,61	2,76	3,43	4,71	5,18	3,66	5,15	5,15	4,49	4,68

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. 21

Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών για την περιοχή Γαζανός (Κρήτη), με βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1980 έως Σεπτέμβριο 1998 και πιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1979.

Α/Α Στατιστ.	Abulohom			Loukas			GR2M			Giakoumakis			Xiong-Guo		
	Val	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.	Val.	Cal.	Period.
Eff	0,38	0,21	0,27	0,72	0,67	0,69	0,70	0,41	0,50	0,50	0,28	0,35	-46,10	-74,35	-1,17
RSQ	0,23	0,41	0,36	0,73	0,67	0,69	0,71	0,53	0,56	0,50	0,46	0,50	0,002	0,55	0,32
Qmslm	2,79	3,17	2,95	3,01	2,80	2,75	3,45	4,34	4,11	1,61	1,02	1,17	22,82	21,75	22,28
Qmobs	3,397	2,77	2,93	3,39	2,77	2,93	3,39	2,77	2,93	3,39	2,77	2,93	3,39	2,77	2,94
DV%	-17,7	14,50	4,76	-11,22	1,10	36,94	1,717	56,58	40,02	-52,59	-63,10	-59,93	571,74	683,83	650,0
RMCE	5,15	4,49	4,67	1,61	4,31	2,59	2,79	3,44	4,71	5,18	3,65	1,54	5,15	4,49	4,68

Κεφάλαιο 8°

Συμπεράσματα

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η υδρολογική προσομοίωση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού διαφόρων λεκανών απορροής στις περιοχές Θεσσαλίας και Κρήτης, η οποία πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια των μοντέλων υδατικού ισοζυγίου του Abulohom et al (2001), και του Loukas et all (2003), GR2M (2003), Giakoumakis et al (1991) και Xiong - Guo (1998). Ο σκοπός αυτής της υδρολογικής προσομοίωσης ήταν να επιλεγεί το καταλληλότερο από τα παραπάνω μοντέλα για την συγκεκριμένη λεκάνη απορροής.

Αφού συντάχθηκαν τα πέντε μοντέλα, ακολούθησε η βελτιστοποίηση (calibration) των παραμέτρων των μοντέλων και ο υπολογισμός των δεδομένων εξόδων (output) του καθενός για την περίοδο των υδρολογικών ετών (Σεπτέμβριο έως Οκτώβριο) 1986-1992. Εν συνεχεία πραγματοποιήθηκε η πιστοποίηση (validation) των μοντέλων για την περίοδο & των υδρολογικών ετών (Οκτώβριο έως Σεπτέμβριο) 1992-1998, έτσι ώστε να φανεί αν τα μοντέλα αποδίδουν την πραγματικότητα στη λεκάνη απορροής για μια άλλη χρονική περίοδο, χρησιμοποιώντας τις τιμές των παραμέτρων που είχαν υπολογιστεί κατά την βελτιστοποίηση.

Τα συμπεράσματα στα οποία οδήγησε η παραπάνω διαδικασία ήταν τα παρακάτω:

1) Η αποδοτικότητα της υδρολογικής προσομοίωσης εξαρτάται από: τον αριθμό των παραμέτρων των μοντέλων που υφίστανται βελτιστοποίηση, τον υπολογισμό ή μη υπολογισμό της βασικής ροής (υπόγεια ροή) από το μοντέλο, την ισχύ των παραδοχών μιας "απλής" υδρολογικής λεκάνης στις συγκεκριμένες λεκάνες, την αξιοπιστία των δεδομένων και την επιλογή κατάλληλης μεθόδου εκτίμησης των δεδομένων εισόδου των μοντέλων, όπως επίσης η γεωμορφολογία και το κλίμα της περιοχής μελέτης.

2) Η μεγαλύτερη ομοιότητα μορφής και κλίμακας ανάμεσα στα διαγράμματα της παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής προέρχεται από την εφαρμογή του μοντέλου του GR2M, ακολουθούν το μοντέλο του

Abulohom και το Loukas. γεγονός που αποδεικνύεται και από τις υψηλές τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης της Model Efficiency (Eff) που δίνουν τα συγκεκριμένα μοντέλα, ιδιαίτερα για την περιοχή της Θεσσαλίας.

3) Η μεγαλύτερη τιμή της Model Efficiency είναι 0,86 και προέρχεται από την εφαρμογή του μοντέλου του Abulohom. Τα μοντέλα του Giakoumakis και Xiong-Guo προσομοιώνουν λιγότερα καλά την απορροή από τα μοντέλα του Abulohom, Loukas και GR2M, γιατί χρησιμοποιούν λιγότερες παραμέτρους βελτιστοποίησης και δεν υπολογίζουν την βασική απορροή (υπόγεια ροή). Όπως επίσης το μοντέλο Xiong-Guo χρησιμοποιεί την εξατμισοδιαπνοή που την μετράμε με εξατμισόμετρα, πραγματική εξατμισοδιαπνοή (potential evapotranspiration).

4) Χαρακτηριστικά της προσομοίωσης του μοντέλου του Giakoumakis είναι ο μηδενισμός της απορροής για ένα χρονικό διάστημα, πράγμα που δεν συμφωνεί με την παρατηρημένη σειρά απορροής της λεκάνης. Αν και αυτό βοηθάει στην καλή προσαρμογή του μοντέλου σε περιοχές που δεν έχουν απορροές τους καλοκαιρινούς μήνες, οπότε αυτό το μοντέλο δίνει μερικά καλά αποτελέσματα στην Κρήτη.

5) Τα μοντέλα υδατικού ισοζυγίου, άλλα λιγότερο και άλλα περισσότερο, υποεκτιμούν την απορροή έναντι της παρατηρημένης απορροής. Το μοντέλο που έχει τιμές πλησιάζει κοντά στο μηδέν είναι το Loukas et all.

6) Από τα προηγούμενα συμπεράσματα, παρατηρούμε ότι το μοντέλο του GR2M προσομοιώνει καλύτερα την απορροή στην Θεσσαλία και κυρίως σε ορεινές δασώδεις περιοχές με καλές απορροές. Πρέπει να τονισθεί ότι υπερεκτιμά πιο πολύ από όλα τα άλλα μοντέλα την δυνητική εξατμισοδιαπνοή. Αυτό σημαίνει ότι τα μοντέλα του Abulohom, Loukas λειτουργεί καλύτερα σε ζεστά και ξηρά κλίματα με μεγάλη εξατμισοδιαπνοή και επομένως θερμοκρασία και ακτινοβολία ενώ τα μοντέλα του Giakoumakis, σε κλίματα με μικρότερες τιμές εξατμισοδιαπνοής.

7) Το μοντέλο Xiong-Guo φαίνεται να λειτουργεί καλύτερα σε υγρές ή ημίυγρες περιοχές που έχουν καλές απορροές, γιατί κάτω από ένα όριο παροχής δεν λειτουργεί καλά. Έτσι λοιπόν, αν λάβουμε υπόψη μας ότι ηΚρήτη έχει ένα από τα ζεστότερα κλίματα της Μεσογείου με μεγάλες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας, θερμοκρασίας και επομένως και εξατμισο-

διαπνοής, τότε γίνεται αμέσως αντιληπτό ότι το μοντέλο του Abulohom ταιριάζει πιο πολύ για να προσομοιώσει την απορροή της λεκάνης της Κρήτης σε σχέση με το μοντέλο του Giakoumakis και Xiong-Guo.

8) Τέλος, θα πρέπει να τονισθεί ότι για την όσο το δυνατόν καλύτερη και σωστότερη υδρολογική προσομοίωση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού της λεκάνης απορροής της Θεσσαλίας με σειρά προτίμησης το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου του GR2M έπειτα Abulohom και το Loukas, στο οποίο τα δεδομένα εισόδου της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής μπορούν να υπολογιστούν από όλες τις μεθόδους και τα μοντέλα αντίστοιχα αλλά κατά κύριο λόγο από την μέθοδο του αριθμητικού μέσου όρου .

9) Η υπεροχή του μοντέλου GR2M έναντι των άλλων μοντέλων στις τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης Eff, των στατιστικών παραμέτρων και στην ομοιότητα (μορφής και κλίμακας) των καμπυλών παρατηρημένης και υπολογισμένης απορροής, όπως επίσης και των ικανοποιητικών τιμών των άλλων στατιστικών παραμέτρων αποτελούν τους λόγους προτίμησης του συγκεκριμένου μοντέλου υδατικού ισοζυγίου για την υδρολογική προσομοίωση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού των λεκανών της Θεσσαλίας.

10) Επίσης καθοριστικός παράγοντας των μοντέλων είναι η παράμετρος της υπόγειας απορροής που σε ορισμένες περιοχές λόγω γεωλογίας π.χ. (καρστικά πετρώματα), αν το μοντέλο δεν την υπολογίζει υπάρχουν προβλήματα στην προσομοίωση και βέβαια στα στατιστικά αποτελέσματα να υπάρχει πρόβλημα.

11) Για να υπάρχουν καλά αποτελέσματα στην προσομοίωση της απορροής των λεκανών πρέπει η χρονοσειρά να είναι αρκετά μεγάλη, χωρίς κενά και με δεδομένα που να είναι όσο γίνεται πιο κοντά στην πραγματικότητα για να δίνει το κάθε μοντέλο αξιόπιστα αποτελέσματα. Υπάρχουν προβλήματα στις περιοχές που η χρονοσειρά δεν είναι πλήρης.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abulohom M. S., S., M. S. Shah and A.R. Ghumman, «Development of a Rainfall- Runoff Model, its Calibration and Validation», Water Resources Management (2001).
2. Bras Rafael L., Ignacio Rodriguez-Iturbe «Random Functions and Hydrology», Dover Publications, Inc New York.
3. Clarke R.T., «Mathematical models in hydrology» FAO Consultant Intitute of Hydrology Wallingford,U.K.
4. ELSEVIER journal of Hydrology.
5. Guo Shenglian, Jinxing Wang, Lihua Xiong, Aiwen Ying, Dingfang Li «A macro-scale and semi distributed monthly water balance model to predict climate chang impacts in China » Department of Hydrology and Water Resources and Hydropower, Wuhan University, Journal of Hydrology 268 (2002).
6. Makhlof Zoubir, Claude Michel «A two-parameter monthly water balance model for French watersheds» Journal of Hydrology 162 (1994).
7. Niel Helene, Jean-Emmanuel Paturel , Eric Servat «Study of parameter stability of lumped hydrologic model in a context of climatic variability» Journal of Hydrology 278, (2003).
8. Sience direct , available online at www.sciencedirect.com
9. Xiong Lihua, Shenglian Guo «A two-parameter monthly water balance model and its application» Department of Hydrology and Water Enviroment, Wuhan University of Hydraulic and Electrical Engineering, Journal of Hydrology 216 (1999).
10. Xu C.-Y. and V.P. Singh «A Review on Monthly Water Balance Models for Water Resources Investigations» ,Water Resources Management 12 (1998).

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δαλέζιος Ν. Σημειώσεις από Μεταπτυχιακό σεμινάριο «Τεχνολογίες Διαχείρισης Φυσικών Περιβαλλοντικών Κινδύνων» Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής & Ζωικής Παραγωγής, Εργαστήριο Αγρομετεωρολογίας, Βόλος 1993.
2. Κουτσογιάννης Δ. και Ξανθόπουλος Θ. (1999). «Τεχνική Υδρολογία», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, (3^η Έκδοση).
3. Λουκάς Α., Σημειώσεις από τη διάλεξη στο πλαίσιο του μαθήματος. «Εισαγωγή στο Αγροτικό Περιβάλλον, Μέθοδοι προσομοίωσης Φυσικών Φαινομένων» Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Διαχείρισης Αγροτικού Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων, Βόλος 1998.
4. Μπαστρογιάννης Νικ. (2002) «Υδρολογική προσομοίωση Επιφανειακού Υδατικού Δυναμικού Λεκάνης Απορροής Γερμασόγειας , Κύπρος» Διπλωματική Εργασία , Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ,Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.
5. Ξανθόπουλος Θεμ. «Εισαγωγή Στην Τεχνική Υδρολογία» Κατά τις παραδόσεις Στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εκδόσεις Συμμετρία Αθήνα 1990.
6. Alfredo H.-S.Ang, Wilson H. Tang, Μεταφρ.: Παναγιωτακόπουλου Δημ. Εφαρμογές πιθανοτήτων & στατιστικής στη μελέτη και προγραμματισμό τεχνικών έργων» Εκδ. Αφοι Κυριακίδη Α.Ε. Θεσσαλονίκη 1993.
7. Τσακίρης Γ., (1995). «Υδατικοί Πόροι» Ι. Τεχνική Υδρολογία. Εκδόσεις Συμμετρία.
8. Χριστοδουλάκη Σ. (2003) «Διαχείριση Υδατικών Πόρων Λεκανών Απορροής Ηρακλείου Κρήτης», Πτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Διαχείρισης Αγροτικού Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα 1: Πρωτογενή Μετεωρολογικά & Υδρολογικά δεδομένα

Παράρτημα 2: -Διαγράμματα πραγματικής & προσομοιωμένης απορροής
-Διαγράμματα διασποράς (Βελτιστοποίηση 1^{ης} περιόδου, πιστοποίηση 2^{ης} περιόδου)

Παράρτημα 3: -Διαγράμματα πραγματικής & προσομοιωμένης απορροής
-Διαγράμματα διασποράς (Βελτιστοποίηση 2^{ης} περιόδου, πιστοποίηση 1^{ης} περιόδου)

Παράρτημα 1

**Πρωτογενή Μετεωρολογικά & Υδρολογικά
δεδομένα**

ΘΕΣΣΑΛΙΑ

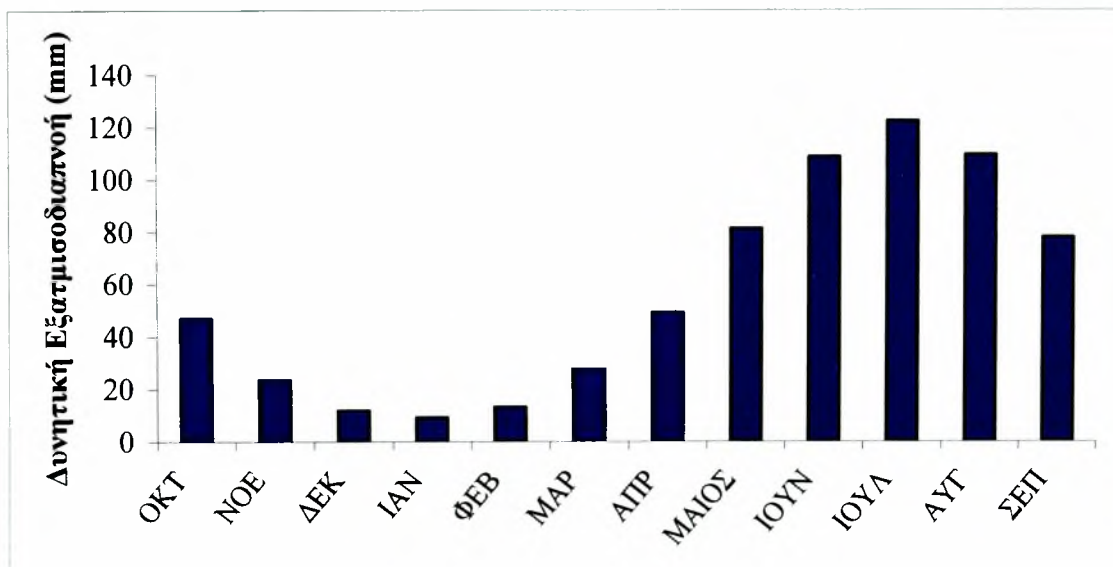
ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΠΥΛΗ (m³/s)

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
1960/61	0,63	1,09	6,48	5,15	5,46	9,95	4,55	0,39	0,26	0,21	0,00	0,34
1961/62	1,78	3,64	3,61	1,93	6,25	17,59	5,48	1,90	0,51	0,13	0,15	0,79
1962/63	3,67	20,64	24,15	22,07	34,75	9,33	12,08	8,56	2,28	0,17	0,33	0,34
1963/64	1,95	1,09	12,33	2,19	8,69	11,93	5,27	1,69	1,77	0,37	0,37	0,37
1964/65	1,00	2,86	11,33	7,97	7,92	5,96	9,53	5,15	0,80	0,30	0,15	0,11
1965/66	0,32	1,13	3,90	6,54	4,54	6,27	1,94	2,43	0,60	0,12	0,16	1,48
1966/67	2,32	10,98	18,57	11,24	6,61	4,68	5,66	1,87	0,47	0,37	0,42	0,79
1967/68	0,40	1,15	9,82	28,91	11,87	11,76	3,53	2,57	2,54	0,00	0,41	0,20
1968/69	0,42	2,03	13,97	17,37	14,97	15,14	14,05	2,98	1,12	0,24	0,04	0,13
1969/70	0,14	0,41	8,50	11,89	10,18	17,46	10,18	1,60	0,59	0,21	0,18	0,10
1970/71	1,79	0,00	4,90	15,66	10,21	18,85	5,48	0,72	0,26	0,25	0,58	0,56
1971/72	0,27	5,56	1,56	6,88	7,11	11,94	18,25	4,32	0,84	0,69	0,25	0,16
1972/73	3,39	3,71	1,08	3,52	9,72	14,00	18,71	3,55	0,50	0,12	0,15	0,29
1973/74	2,05	4,47	11,37	5,18	15,11	11,25	12,10	5,82	0,75	0,83	0,71	1,09
1974/75	1,57	3,69	0,95	0,76	5,11	6,98	9,30	2,64	0,58	0,65	0,64	0,34
1975/76	0,26	1,65	3,95	1,38	12,54	9,22	9,56	3,65	0,96	0,50	0,08	0,29
1976/77	1,00	3,40	12,42	2,80	2,66	1,51	1,09	0,46	0,21	0,08	0,11	0,05
1977/78	0,20	0,57	2,30	6,92	10,55	8,39	9,20	3,99	0,52	0,40	0,27	0,75
1978/79	0,94	0,42	7,85	16,51	16,78	8,39	14,13	6,50	0,92	0,47	0,09	0,27
1979/80	1,93	8,49	11,11	14,83	7,81	18,61	7,01	5,40	0,96	0,15	0,39	0,38
1980/81	3,05	1,96	10,15	6,56	16,45	11,48	9,61	3,03	0,17	0,10	0,14	0,42
1981/82	0,43	0,74	14,26	2,61	5,07	16,03	9,14	6,71	5,54	0,25	0,05	0,49
1982/83	1,20	5,59	17,66	4,41	3,57	4,53	3,37	0,87	0,93	0,96	0,61	0,29
1983/84	0,64	2,01	6,50	7,34	8,51	11,73	17,56	10,40	0,86	0,38	0,27	0,23
1984/85	0,65	1,05	1,55	9,60	5,56	5,77	14,84	10,90	0,89	0,21	0,22	0,27
1985/86	0,77	5,81	6,45	11,56	19,45	12,68	7,99	5,35	2,90	0,64	0,38	0,31
1986/87	1,17	4,84	4,48	16,90	16,39	10,46	9,73	5,41	1,90	0,60	0,39	0,52
1987/88	1,30	7,81	9,78	4,89	6,74	7,46	4,01	2,81	0,91	0,24	0,15	0,19
1988/89	0,65	5,62	9,25	3,09	5,01	11,66	5,08	3,45	1,31	0,65	0,33	0,27
1989/90	2,18	5,16	6,94	2,29	3,21	2,15	2,54	1,47	0,64	0,26	0,07	0,16
1990/91	0,41	3,82	15,90	8,20	10,35	8,47	12,80	8,08	4,47	0,93	0,57	0,42
1991/92	0,53	4,37	2,26	1,44	2,21	2,92	12,10	4,76	2,38	0,85	0,35	0,30
1992/93	1,36	3,19	5,64	4,55	2,98	11,03	7,92	6,59	1,73	0,45	0,24	0,26
1993/94	0,53	5,57	13,89	12,63	14,17	13,28	9,61	3,63	0,98	0,53	0,36	0,14

Πιν. 1.1 Πύλη παροχομετρικά δεδομένα



Σχήμα 1.1 Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) της λεκάνης απορροής Πύλης.

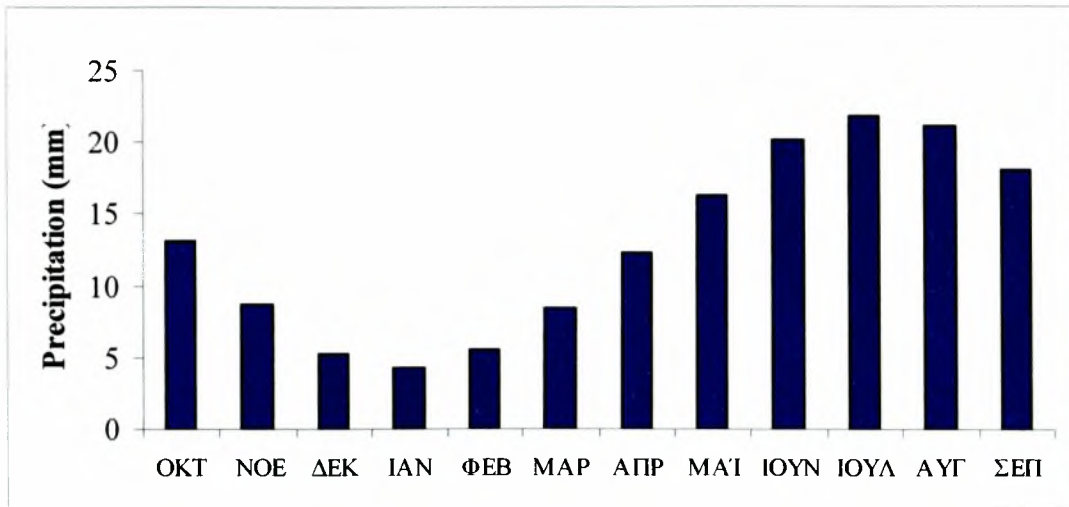


Σχήμα 1.2 Μέση μηνιαία εξατμισοδιαπνοή (mm) της λεκάνης απορροής Πύλης.

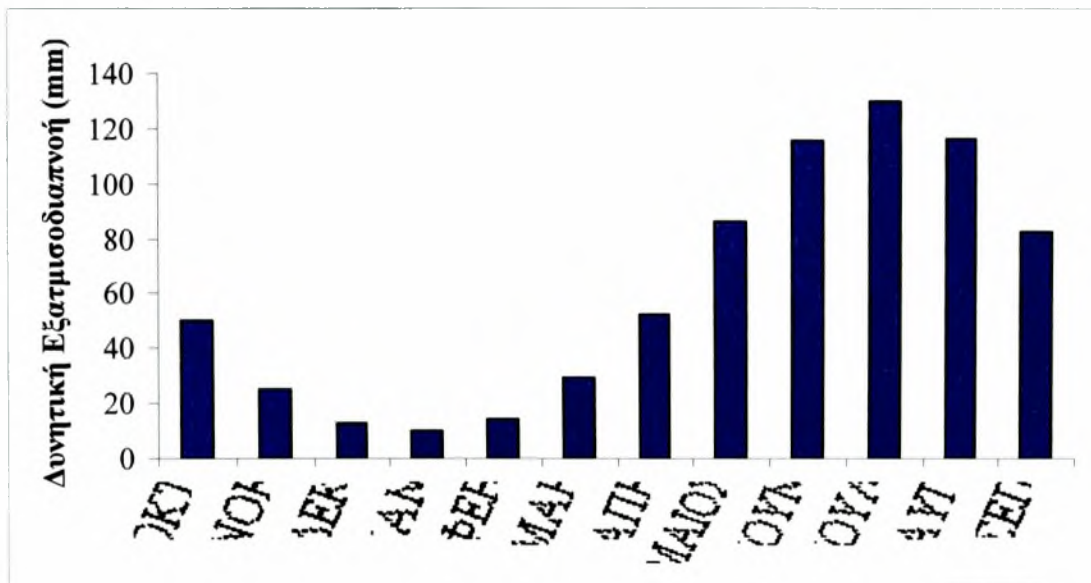
ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΜΟΥΖΑΚΙ (m³/s)

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
1960/61	0,44	0,93	5,76	4,38	3,91	10,40	4,29	0,24	0,19	0,17	0,01	0,18
1961/62	1,45	2,46	3,63	1,66	5,59	15,46	5,58	1,08	0,41	0,12	0,01	0,87
1962/63	3,94	16,89	22,88	22,29	28,73	11,05	13,32	7,42	1,67	0,07	0,46	0,15
1963/64	2,41	1,11	8,11	2,50	3,93	8,97	4,60	1,88	1,10	0,45	0,50	0,27
1964/65	0,95	2,69	9,23	8,65	8,47	6,35	8,56	5,65	0,78	0,32	0,17	0,00
1965/66	0,27	0,91	3,40	7,00	3,80	5,75	2,90	2,13	0,68	0,20	0,06	1,03
1966/67	1,79	9,95	13,85	9,27	3,96	6,32	3,49	1,57	0,57	0,60	0,28	0,71
1967/68	0,29	1,51	6,33	23,62	9,47	8,11	4,74	2,76	2,38	0,02	0,36	0,29
1968/69	0,55	2,21	13,57	17,20	10,20	14,06	4,24	2,51	0,78	0,12	0,18	0,14
1969/70	0,16	0,37	6,86	7,72	6,05	12,80	4,68	1,43	0,79	0,32	0,08	0,14
1970/71	1,67	0,00	3,71	11,91	8,61	17,72	4,44	0,63	0,33	0,26	0,42	0,41
1971/72	0,34	3,53	1,09	7,33	6,54	9,89	15,54	3,08	0,50	0,45	0,22	0,22
1972/73	2,48	3,01	0,75	4,41	9,01	11,57	13,11	3,21	0,47	0,14	0,17	0,39
1973/74	2,25	3,38	7,41	5,11	14,07	9,67	10,30	4,97	0,65	0,31	1,04	0,69
1974/75	1,33	3,40	1,43	0,92	4,41	6,69	9,65	2,94	0,85	0,55	0,38	0,16
1975/76	0,26	1,37	4,10	1,39	12,97	9,74	10,28	1,93	0,87	0,44	0,16	0,22
1976/77	0,98	2,57	8,26	2,18	2,94	1,40	1,18	0,46	0,18	0,01	0,11	0,06
1977/78	0,13	0,48	2,46	4,54	8,56	7,02	7,40	2,83	0,67	0,22	0,15	0,79
1978/79	0,91	0,48	5,96	12,81	12,04	4,32	10,69	5,35	0,87	0,41	0,07	0,25
1979/80	1,94	5,64	8,13	12,38	7,47	17,64	7,45	5,21	0,99	0,01	0,22	0,42
1980/81	3,21	1,54	7,86	6,67	9,29	6,14	8,37	1,85	0,15	0,23	0,07	0,16
1981/82	0,34	0,65	9,12	2,27	5,05	13,34	8,18	5,44	2,65	0,19	0,05	0,32
1982/83	0,98	4,82	14,31	4,28	3,53	6,44	2,40	0,77	0,81	0,88	0,65	0,13
1983/84	0,58	2,04	6,74	6,14	7,49	10,11	15,35	10,17	0,87	0,52	0,18	0,25
1984/85	0,23	0,83	1,44	12,14	4,78	5,68	11,03	8,43	0,50	0,20	0,35	0,12
1985/86												
1986/87												
1987/88	0,53	4,96	7,18	4,11	4,24	4,91	3,13	1,90	0,44	0,29	0,26	0,26
1988/89	0,34	1,17	5,34	2,15	4,28	7,52	5,17	1,79	0,53	0,37	0,10	0,04
1989/90	0,69	0,94	3,45	1,55	1,62	0,99	1,64	0,71	0,62	0,09	0,08	0,11
1990/91	0,12	1,37	10,40	6,30	8,22	6,56	7,29	5,42	1,38	0,36	0,14	0,15
1991/92	0,19	2,45	1,80	1,69	1,51	2,08	10,70	5,24	1,52	0,34	0,14	0,01
1992/93	0,73	3,26	5,19	4,57	3,55	7,44	4,14	4,02	0,86	0,27	0,05	0,00
1993/94	0,00	2,34	8,13	9,38	13,30	10,00	6,37	2,92	0,60	0,17	0,16	0,06
1994/95	0,61	3,38	7,30	10,60	4,93	8,42	6,71	4,64	1,14	0,50	0,29	1,77
1995/96	0,91	1,65	12,40	9,18	14,60	9,47	7,10	2,59	0,83	0,44	0,44	0,61
1996/97	4,36	7,42	11,10	13,40	2,43	2,67	5,72	4,49	0,81	0,24	0,22	0,35

ΠΙΝ. 1.2 ΜΟΥΣΑΚΙ ΠΑΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΘΕΩΡΩΜΕΝΑ



Σχήμα 1.3 Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) της λεκάνης απορροής Μουζάκι.

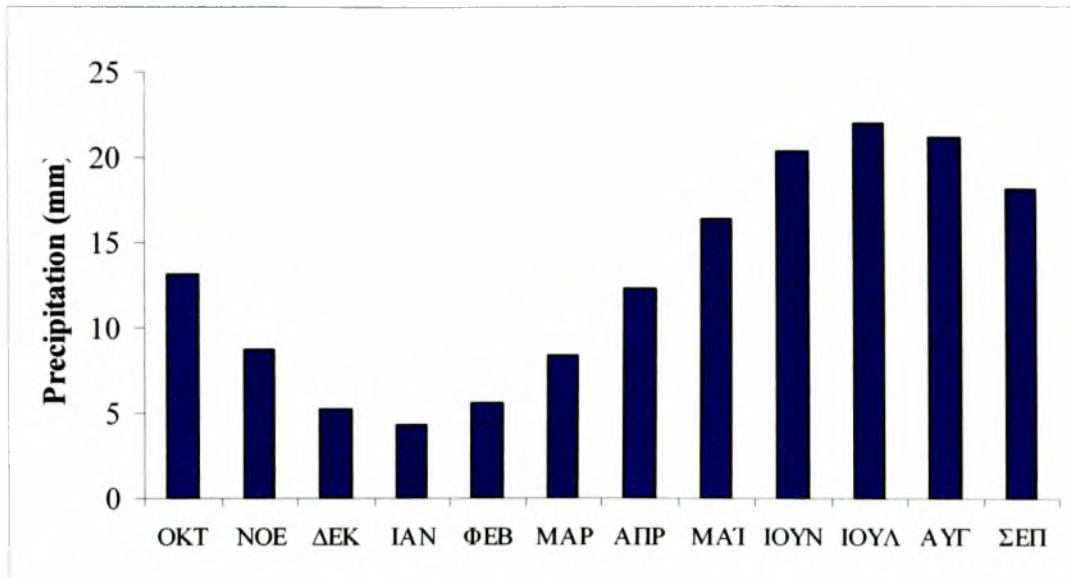


Σχήμα 1.4 Μέση μηνιαία εξατμισοδιαπνοή (mm) της λεκάνης απορροής Μουζάκι.

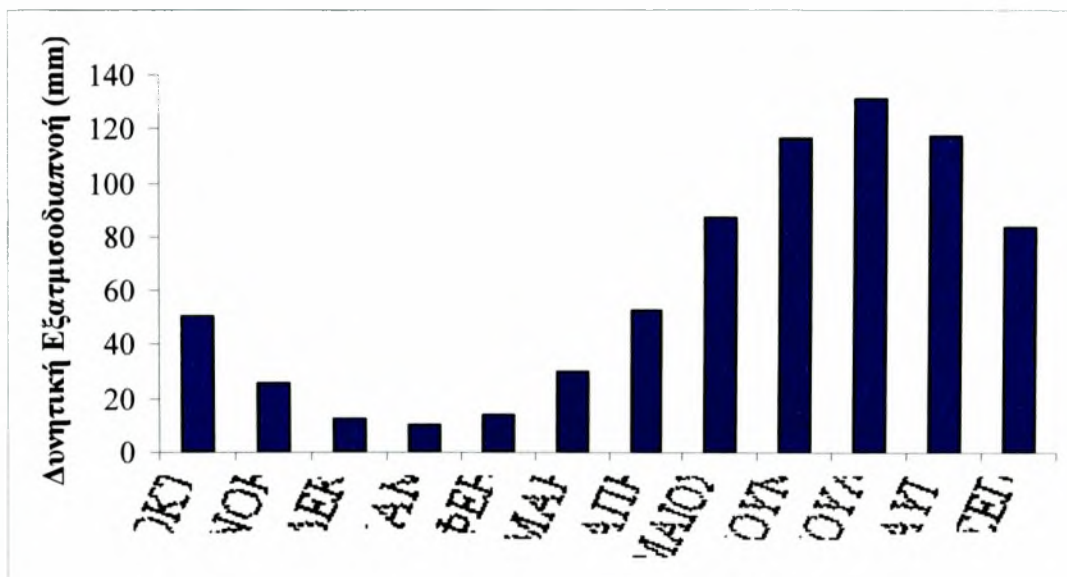
ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΣΑΡΑΚΙΝΑ (m³/s)

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
1959-60									4,60	0,04	0,00	1,14
1960-61	2,19	3,50	50,12	33,28	20,59		12,42	4,32	0,15	0,00	0,00	0,00
1961-62	3,25	6,78	7,12	4,46	12,78	31,06	2,18	1,21	0,70	0,00	0,00	3,19
1962-63	18,56	87,74	79,02	90,04	76,28	34,36	26,88	17,45	0,99	0,00	0,00	0,00
1963-64	4,02	2,57	19,60	1,59	4,46	29,08	16,42	10,27	14,07	3,58	0,74	2,65
1964-65	5,75	16,56	28,75	19,11			28,88	12,28	3,25	0,00	0,00	0,00
1965-66	0,00	1,57	5,77	15,57	5,37	18,26	6,86	5,12	0,74	0,00	0,00	5,85
1966-67	3,96	22,36	28,74		8,05	16,64	23,12	21,46	4,19	1,61	0,24	2,87
1967-68	1,07	6,69	32,87	52,94	43,24	22,36	13,82	12,86	10,18	0,62	0,00	
1968-69	4,27	15,94	64,42	46,07	37,00	56,51	25,96	18,88	7,87	1,41	0,14	3,02
1969-70	1,59	0,54	30,99	36,41	22,98	71,17	24,70	9,60	3,87	1,72	0,08	0,00
1970-71	4,25	4,05	15,38	41,77	34,24	81,66	53,00	7,69	1,58	0,00	0,24	0,00
1971-72	0,38	3,16	14,49	24,67	38,70	46,34		18,38	0,84	0,91	0,32	0,17
1972-73	15,53	6,93	3,61	4,19		39,72	47,42	41,83	17,40	4,40	0,60	14,50
1973-74	24,70		42,44	45,18	66,27	42,06	21,64	15,33	3,76	0,10	0,00	0,00
1974-75	2,59	10,53	4,21	6,26	11,36	29,58	26,50	21,10	1,76	1,28	0,01	0,00
1975-76	0,01	4,76	12,08	1,90	33,26	23,94		13,02	4,57	0,95	0,00	0,00
1976-77	1,08	5,41	20,57	8,06	7,75	4,39	4,51	1,14	0,20	0,00	0,00	0,00
1977-78	0,04	1,86	7,59	18,55	28,30	39,17	29,90	4,48	0,00	0,00	0,00	
1978-79	0,50	2,78	9,91	21,78	31,04	25,21	28,06	25,78	21,32	9,31	0,00	0,00
1979-80		15,40	17,70	20,17	21,19	31,78	19,48	14,67	8,22	1,35	0,50	0,62
1980-81	6,87	7,15	13,22	10,47	19,28	15,90		8,14	1,63	0,00	0,00	0,37
1981-82	0,41	0,96	15,17	6,33	6,36	12,55	8,08	3,10	0,73	0,00	0,00	0,20
1982-83	1,58	16,76	38,23	9,21	9,11	9,28	7,49	3,14	2,91	1,32	0,00	0,00
1983-84	0,44	2,54	36,61		32,27	25,21	23,95	13,90	8,60	2,58	0,00	2,78
1984-85	3,65	4,88	9,85	16,51	16,15							

Πιν. 1.3 Σαρακίνα παροχομετρικά δεδομένα



Σχήμα 1.5 Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) της λεκάνης απορροής Σαρακίνα.

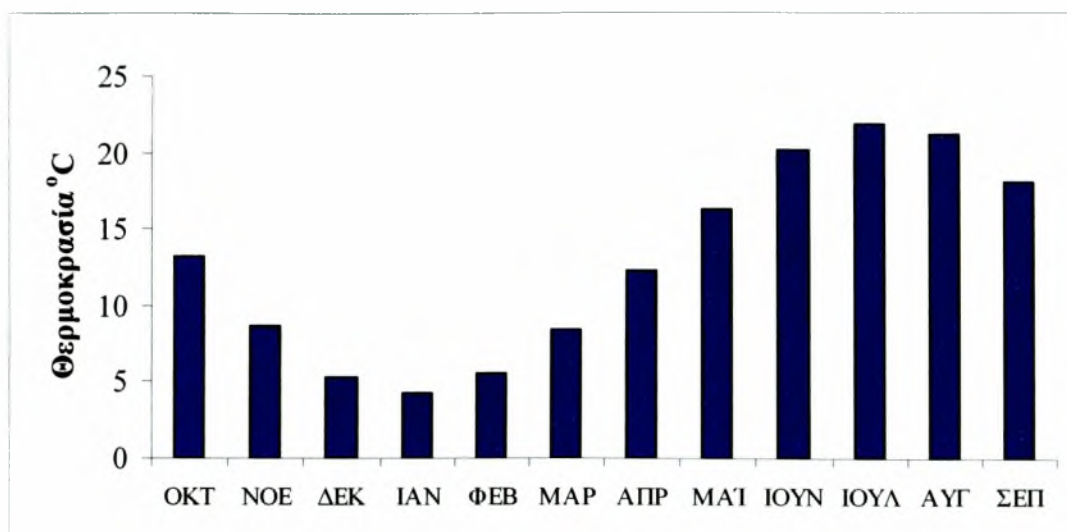


Σχήμα 1.6 Μέση μηνιαία εξατμισοδιαπνοή (mm) της λεκάνης απορροής Σαρακίνα.

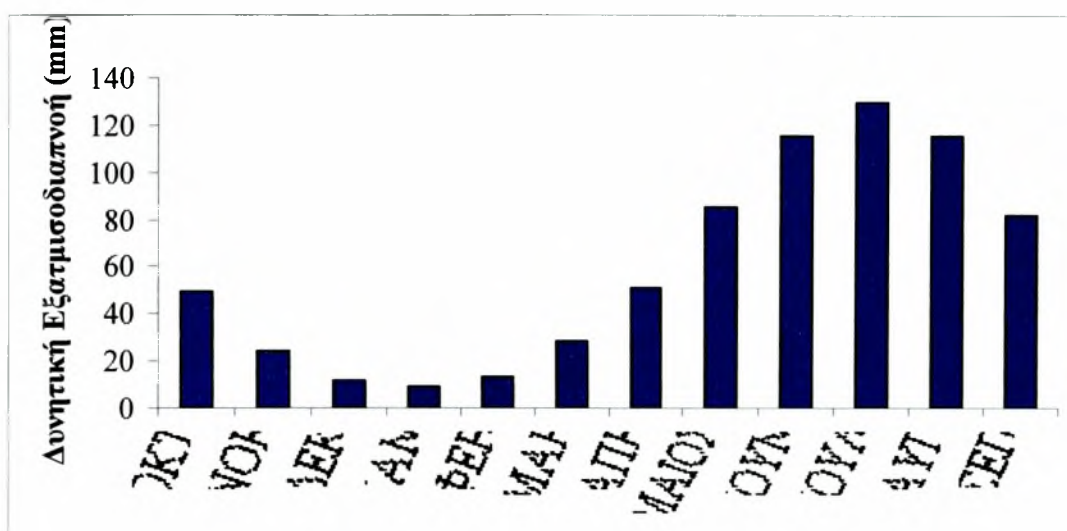
ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΓΑΒΡΟΣ (m³/s)

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
1972-73										0,09	0,01	0,16
1973-74	0,38	0,51	3,32	3,74	8,52	5,61	2,58	0,76	0,24	0,03	0,02	0,01
1974-75	0,14	0,59	0,44	0,98	1,66	2,26	0,56	0,31	0,09	0,03	0,05	0,00
1975-76	0,02	0,15	0,40	0,34	2,63	1,65	1,45	0,89	0,43	0,20	0,02	0,03
1976-77	0,41	0,51	1,41	0,52	0,47	0,33	0,25	0,09	0,03	0,00	0,00	0,00
1977-78	0,02	0,06	0,43	1,79	1,75	0,77	1,59	0,23	0,08	0,00	0,00	0,27
1978-79	0,16	0,76	2,48	2,82	2,26	1,76	5,23	3,11	1,02	0,23	0,09	0,04
1979-80	0,28	4,53	2,01	4,49	3,11	7,93	5,76	3,54	1,82	0,57	0,45	0,29
1980-81	1,21	1,38	3,45	2,45	4,88	3,82	3,03	1,23	0,39	0,15	0,26	0,68
1981-82	0,63	1,12	3,10	1,04	2,84	4,75	4,89	4,46	1,20	0,18	0,24	0,17
1982-83	0,62	2,17	4,02	0,92	0,96	1,43	1,03	0,47	0,96	0,74		0,11
1983-84	0,26	0,67	5,60	6,87	5,80	5,39	4,84	1,74	0,53	0,13	0,39	0,26
1984-85	0,26	0,52	0,58	2,22	1,44	2,57	3,09	0,83	0,20	0,06	0,06	0,06
1985-86		5,46	0,84	1,11	5,77			0,84	0,46			0,03
1986-87		0,98	0,28	1,85	3,39	6,04	3,23	1,21	0,43	0,12		
1987-88		1,05	0,61	0,83	1,22	1,18	0,49	0,21			0,01	0,01
1988-89			0,92	0,69	0,47	0,92	0,24	0,08	0,03			0,00
1989-90			0,09	0,05	0,07	0,09	0,06	0,23				
1990-91			3,46	1,32	2,26	1,22	4,68	1,17	0,24			

Πιν.1.4 Γάβρος παροχομετρικά δεδομένα



Σχήμα 1.7 Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) της λεκάνης απορροής Γάβρος.

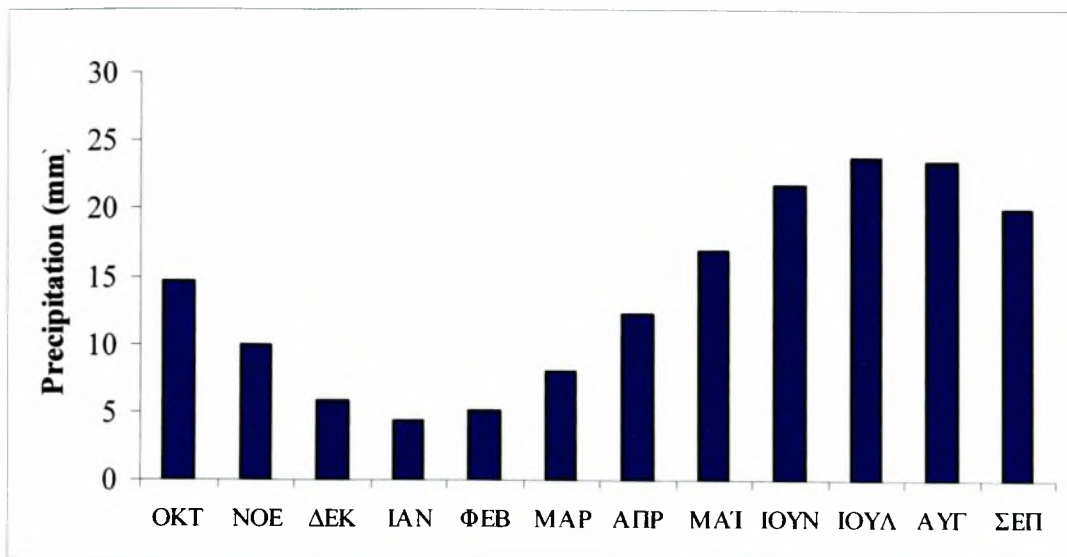


Σχήμα 1.8 Μέση μηνιαία εξατμισοδιαπνοή (mm) της λεκάνης απορροής Γάβρος.

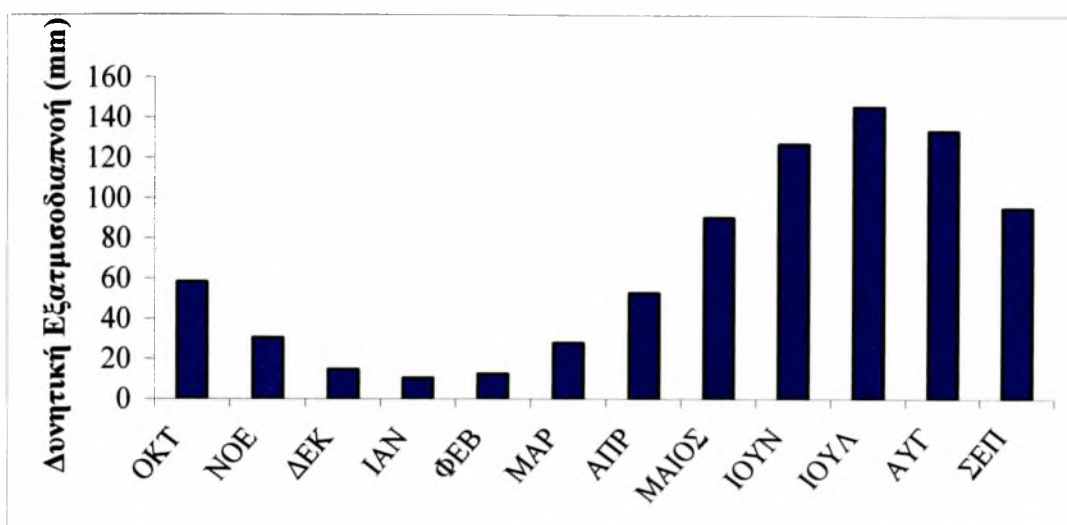
ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΣΚΟΠΙΑ (m³/s)

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ
1970-71											
1971-72	0,85	0,67	0,73	3,70	8,65	5,97	3,50	2,69	0,58	0,66	0,57
1972-73											
1973-74						8,46	4,22	2,61	1,23	0,09	0,13
1974-75	0,20	1,34	0,87	0,79	2,00	2,33	1,59	1,77	3,00	0,51	0,54
1975-76	0,66	0,72	1,65	2,62	12,74	3,13	1,97	1,43	0,41	0,34	0,30
1976-77	0,34	0,54	0,53	0,54	0,33	0,31	0,25	0,19	0,07	0,00	0,00
1977-78	0,08	0,08	0,58	4,76	4,93	1,64	1,98	1,16	0,27	0,07	0,11
1978-79	1,12	1,61	2,02	1,80	3,83	1,73	1,27	1,32	0,46	0,56	0,16
1979-80	3,12	5,56	4,16	5,62	4,86	11,86	4,54	2,66	0,82	0,56	0,46
1980-81	5,25	1,97	3,58	8,04	8,60	9,58	6,32	3,10	1,31	0,73	0,73
1981-82	1,48	1,24	1,50	0,90	3,45	4,81	8,07	7,44	4,14	1,03	0,20
1982-83	0,33	0,80	1,47	1,17	1,44	3,55	0,66	0,30	0,63	0,22	0,11
1983-84	0,34	0,63	5,49	2,07	6,05	6,14	5,39	2,25	0,75	0,18	0,34
1984-85	0,25	0,35	0,84	4,98	3,65	2,66	1,49	0,41	0,18	0,04	0,01
1985-86	0,23	1,77	0,62	0,50			0,63	0,31	0,17	0,20	0,13
1986-87	0,16	0,56	1,08	2,39	1,98	11,52	11,91	4,40	1,35	0,53	0,42
1987-88	0,36	1,03	0,98	0,96	1,42	2,52			0,37	0,12	0,07
1988-89	0,13	0,45	3,90	3,30	1,63	3,35	1,36	0,70	0,48	0,60	0,22
1989-90	0,20	0,24	0,44	0,53	0,42	0,28	0,25	0,20	0,04		
1990-91							4,15	2,14	0,86	0,37	0,11
1991-92	0,23	0,53	0,65	0,52	1,14	1,16	1,42	1,11	0,87	0,46	0,02
1992-93	0,16	0,18	0,10	0,16	0,34	1,86	0,67	0,96			

Πιν. 1.5 Σκοπιά παροχομετρικά δεδομένα



Σχήμα 1.9 Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) της λεκάνης απορροής Σκοπιά.

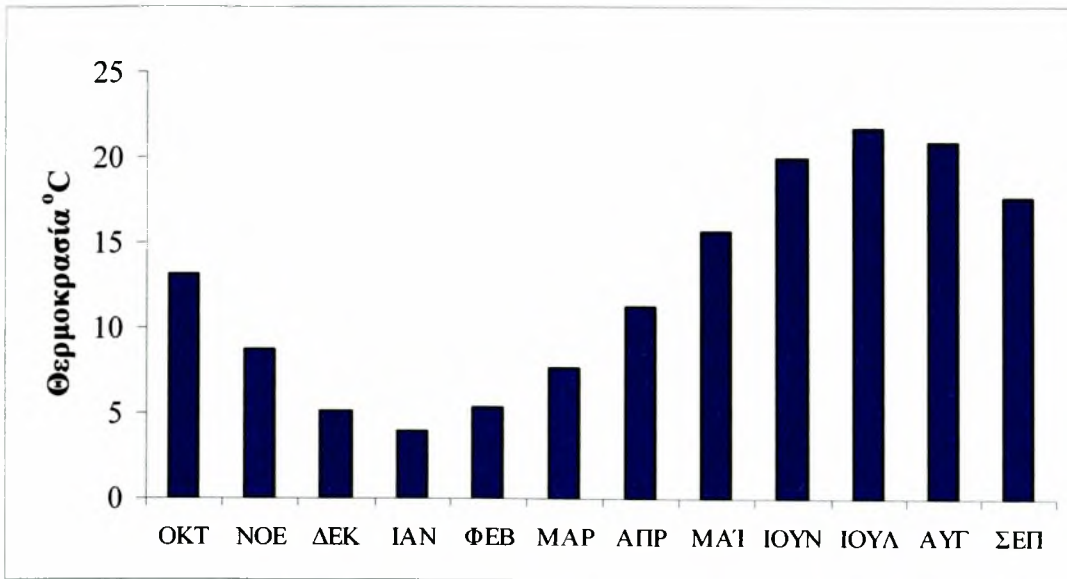


Σχήμα 1.10 Μέση μηνιαία εξατμισοδιαπνοή (mm) της λεκάνης απορροής Σκοπιά.

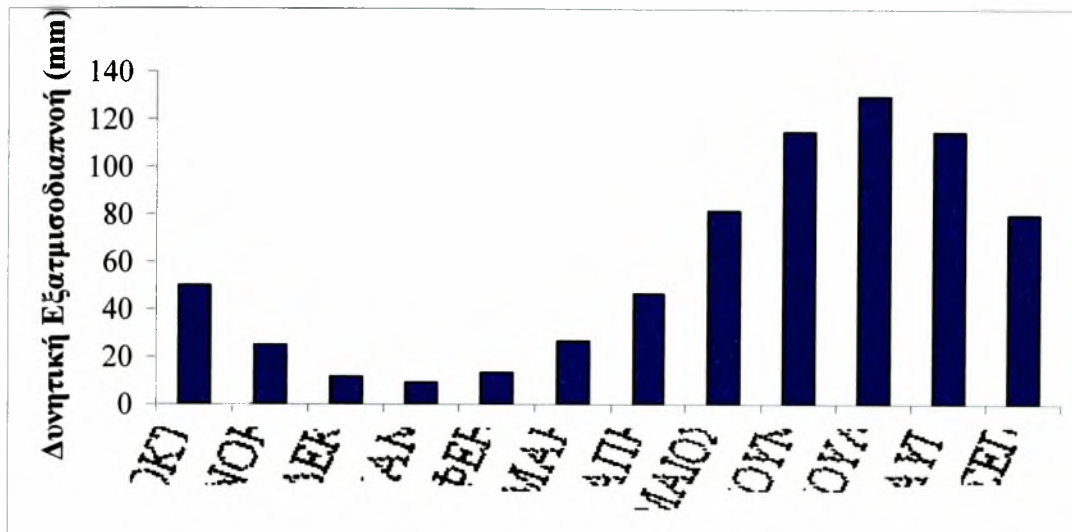
ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΜΕΣΟΧΩΡΙ (m³/s)

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
1960-61							5,00	4,53	2,45	1,55	0,88	0,80
1961-62	1,81	2,71	3,11	2,00	4,69	16,29	5,13	2,74	1,94	1,27	0,94	2,19
1962-63	4,00	29,66										
1963-64		8,86	22,90	12,78	5,71	35,99	7,93	11,95	12,49	2,54	1,78	5,25
1964-65	2,81	7,62	8,05	15,12	12,56	23,83	21,60	7,34	3,92	2,85	1,41	1,20
1965-66	1,64	1,82	2,33	5,86	7,36	5,75	3,86	3,30	2,14	0,90	0,77	1,01
1966-67	1,44	8,94	15,90	6,26	1,24	0,93	0,33	8,31	1,83	8,03	1,99	5,42
1967-68	2,48	2,22	6,28	16,73	18,39	9,68	5,53	11,17	18,15	2,97	3,41	14,35
1968-69	13,49	17,66	16,63	33,86	24,05	65,81	15,12	7,13	4,85	2,40	1,98	3,55
1969-70	2,75	1,98	6,77	17,68	8,44	13,60	5,20	2,22	3,42	5,68	1,56	1,67
1970-71	1,62	1,69	2,11	2,73	7,13	18,85	5,28	3,27	2,02	1,46	1,28	1,12
1971-72	1,15	1,28	1,60	2,83	11,26	12,35	9,99	8,28	3,57	9,63	1,88	1,14
1972-73	9,04	2,09	1,44	2,36	10,45	39,99	20,60	5,36	3,71	3,30	3,91	8,48
1973-74	4,17	4,76	6,74	8,31	31,37	32,82	11,23	6,13	5,43	2,86	1,56	2,13
1974-75	2,13	3,42	2,85	2,79	3,40	3,98	2,59	1,96	3,82	2,58	2,43	1,97
1975-76	1,97	2,51	2,92	3,12	4,66	3,24	2,70	5,75	4,05	1,09	1,33	0,60
1976-77	1,81	1,65	4,26	1,82	1,69	1,67	0,97	0,63	0,38	0,70	0,17	0,31
1977-78	0,36	0,43	0,90	3,14	4,87	3,28	5,00	0,37	0,13	0,22	0,14	13,94
1978-79	0,19	0,22	1,01	1,29	1,31	1,60	10,31	7,97	2,70	1,00	1,37	1,03
1979-80	2,27	11,61	16,60	25,05	14,88	22,52	11,70	8,74	5,85	1,74	1,61	1,41
1980-81	2,82	2,74	6,58	7,38	10,98	12,10	10,44	4,07				

Πιν.1.6 Μεσοχώρι παροχομετρικά δεδομένα



Σχήμα 1.11 Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) της λεκάνης απορροής Μεσοχώρι.

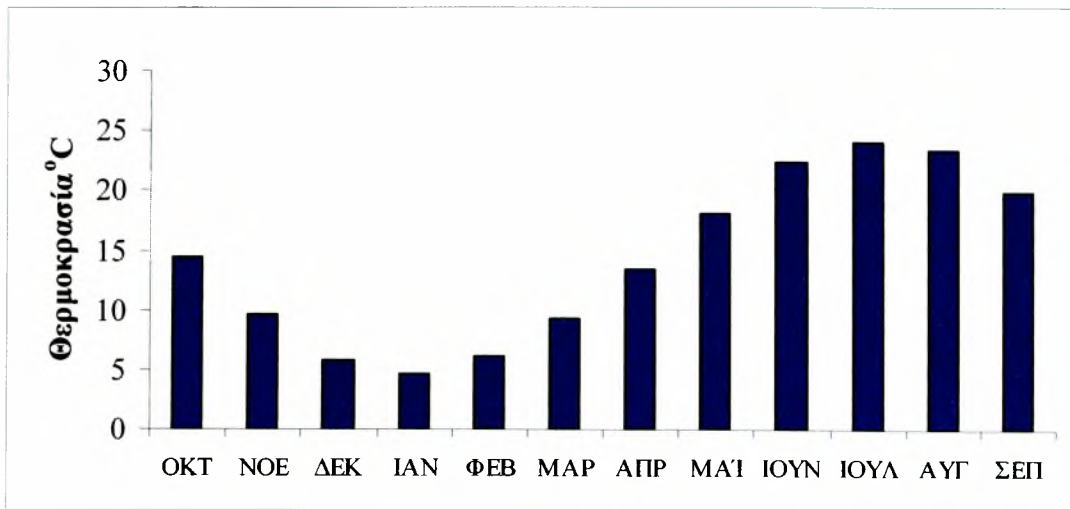


Σχήμα 1.12 Μέση μηνιαία εξατμισοδιαπνοή (mm) της λεκάνης απορροής Μεσοχώρι.

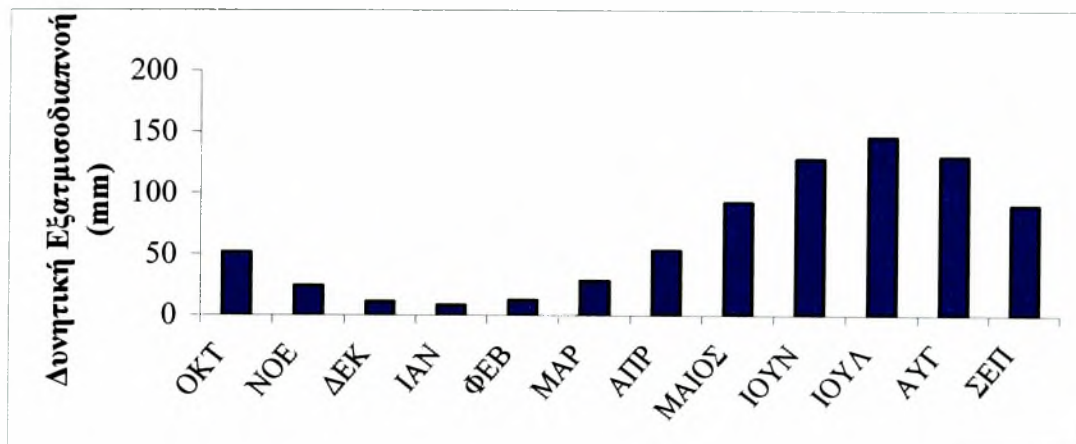
ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΑΛΗ ΕΦΕΝΤΗ (m³/s)

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
1959-60	18,71	65,27	76,97	121,50	105,70	108,00	74,98	41,84	19,64	7,79	4,70	7,06
1960-61	6,96	11,24	93,77	72,53	48,46	83,35	31,85	15,41	7,05	4,81	3,50	3,33
1961-62	10,12	27,71	25,47	24,29	62,47	155,80	41,97	14,23	7,53	4,29	3,25	10,00
1962-63	29,15	147,00	186,80	142,10	253,50	131,90	85,96	61,51	28,98	6,94	3,24	2,55
1963-64	24,65	10,07	68,27	32,60	57,51	116,70	36,12	24,14	27,04	8,61	4,84	3,31
1964-65	5,13	35,65	68,96	49,33	58,25	72,85	89,71	35,37	14,67	11,44	4,30	4,38
1965-66	4,36	14,43	37,06	64,03	42,73	58,70	28,60	23,12	13,63	5,88	3,53	8,16
1966-67	11,23	65,27	82,47	54,23	17,41	23,43	24,66	18,67	3,16	7,01	4,38	8,38
1967-68	9,63	26,47	82,56	111,80	90,80	67,53	34,92	27,14	28,05	8,09	5,56	4,43
1968-69	5,76	19,69	139,60	164,70	128,30	180,20	68,15	30,32	11,50	4,83	2,88	5,28
1969-70	4,11	6,30	62,23									
1970-71												
1971-72					111,10	131,30	109,30	56,14	15,51	10,74	4,81	6,32
1972-73	16,07	3,68	15,46	46,16	93,28	122,50	70,82	32,88	10,53	6,58	6,24	6,60
1973-74	12,77	22,04	84,80	84,62	134,90	123,40	82,15	42,61	18,21	7,21	4,43	5,62
1974-75	9,39	34,54	18,92	14,10	25,27	46,78	36,99	19,83	9,79	3,51	4,62	16,58
1975-76	7,88	18,18			148,20	71,80	61,83	60,88	12,19	7,76	3,98	3,32
1976-77	5,74	14,40	15,45	16,90	24,24	16,84	10,56	6,12	4,37	1,31	0,86	1,11
1977-78	3,29	4,32	32,62	99,67	79,41	37,96	57,31	21,24	7,64	3,11	3,94	25,05
1978-79	11,29	16,52	78,07	109,30	114,10	45,12	88,96	48,51	20,98	6,24	3,22	4,52
1979-80	11,96	118,30	85,32	163,00	81,72	115,70	62,22	49,21	21,49	8,79	6,20	5,94
1980-81	45,40	26,36	69,02	67,05	97,60	82,98	75,24	32,06	11,02	10,46	9,79	12,28
1981-82	13,55	17,71	67,82	28,72	72,85	184,80	158,70	112,50	30,60	5,89	3,11	10,40
1982-83	23,03	57,97	113,00	38,10	59,31	61,01	34,13	11,31	10,01	9,80	5,71	3,83
1983-84	4,45	14,13	87,61	79,86	125,60	101,80	152,60	52,55	21,36	7,00	3,76	3,39
1984-85	3,58	5,29	7,27	60,66	27,56	26,73	81,25	18,92	9,52	4,46	2,22	3,14
1985-86	20,04	53,35	48,33	54,28	101,80	69,36	34,59	30,35	32,07	8,15	1,84	0,05
1986-87	4,10	27,97	13,35	120,30	90,66	216,80	101,80	47,77	23,83	7,31	10,05	15,02
1987-88	18,34	46,58	44,98	29,23	32,98	39,78	30,94	17,67	4,13	0,89	0,94	1,27
1988-89	2,30	17,30	22,12	15,44	17,56	54,23	23,90	9,02	3,74	2,67	0,27	1,17
1989-90	3,86	9,49	22,14	7,41	9,29	5,89	4,29	0,52				
1990-91	14,74	20,85	41,90	44,18	55,80	57,88	136,90	62,13	17,00	11,71	4,17	4,68
1991-92	3,90	15,96	11,98	11,74	11,82	17,91	121,70	40,02	11,39	6,48	1,84	1,62
1992-93	5,71	16,70	130,20			85,53	41,59	43,24	12,26	2,77	0,09	1,35
1993-94	1,14	22,28	133,90	110,30	170,30	101,20	53,00	31,13	7,78			

Πιν.1.7 Αλή Εφέντη παροχομετρικά δεδομένα.



Σχήμα 1.13 Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) της λεκάνης απορροής Αλή Εφέντη.



Σχήμα 1.14 Μέση μηνιαία εξατμισοδιαπνοή (mm) της λεκάνης απορροής Αλή Εφέντη.

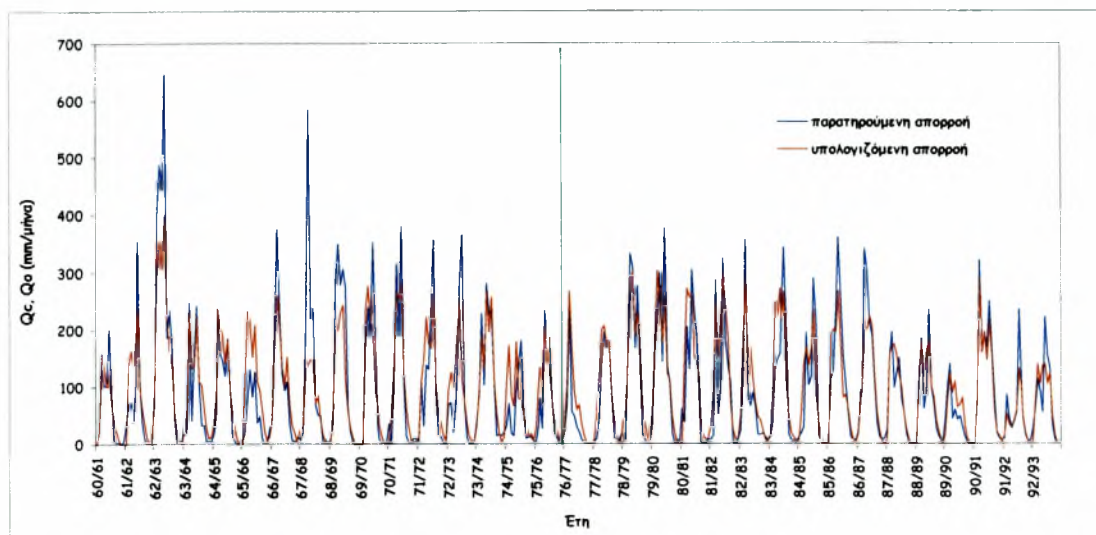
Παράρτημα 2

**-Διαγράμματα πραγματικής & προσομοιωμένης
απορροής**

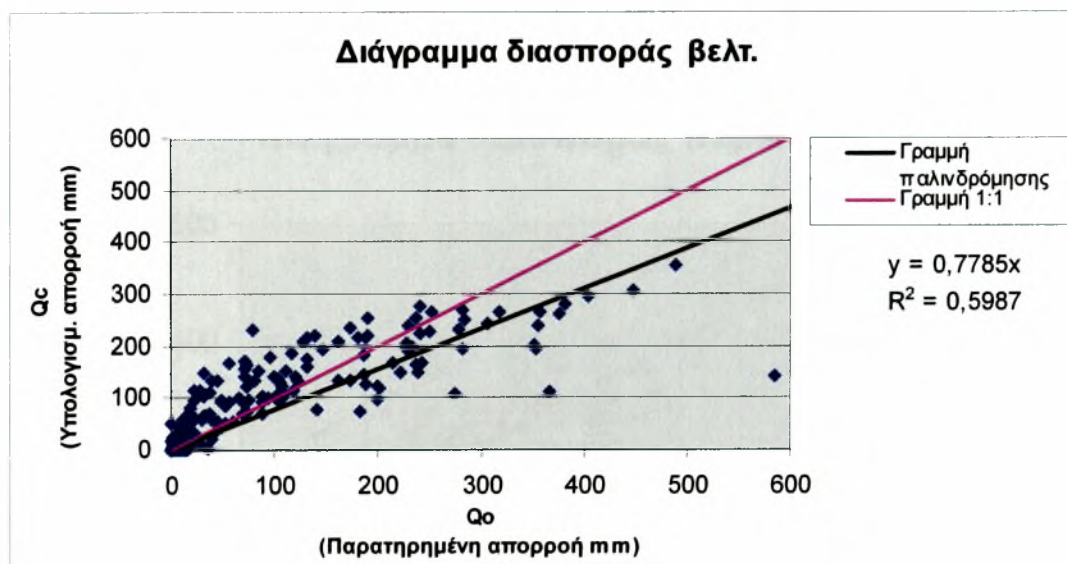
-Διαγράμματα διασποράς

(Βελτιστοποίηση 1^{ης} περιόδου, πιστοποίηση 2^{ης} περιόδου)

A.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Abulohom – λεκάνη απορροής Πύλη .



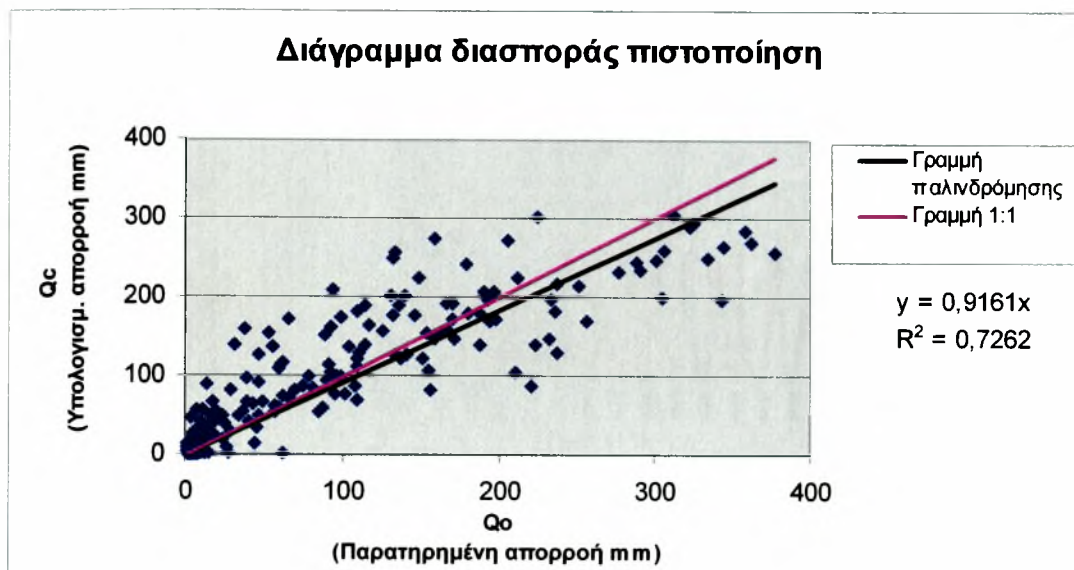
Σχήμα 2.1



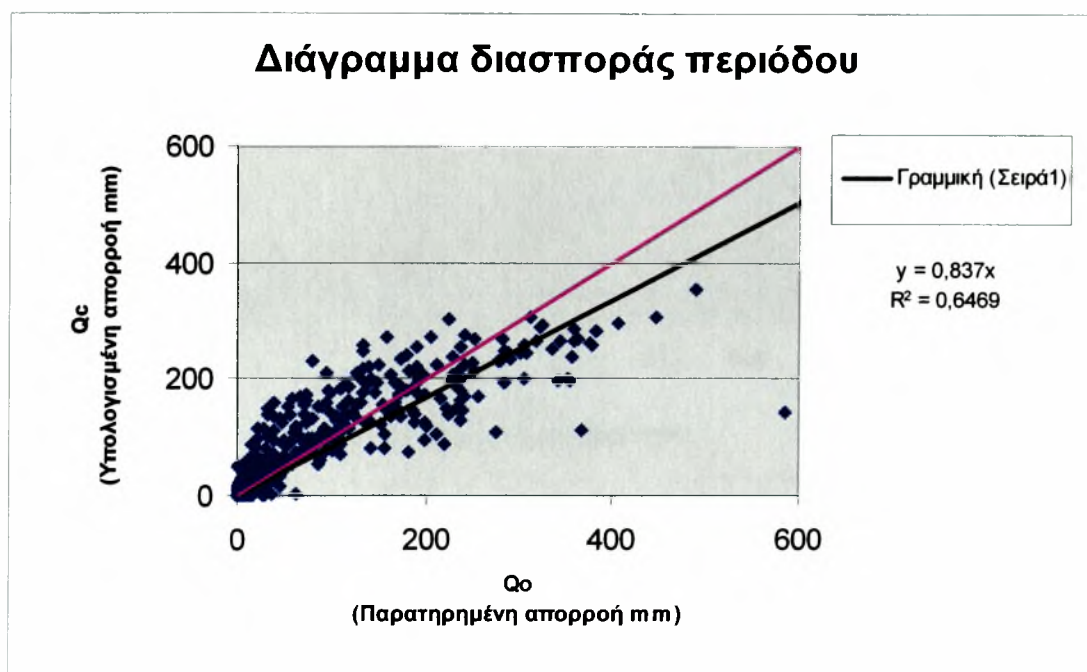
Σχήμα 2.2



A.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom – λεκάνη απορροής Πύλη .

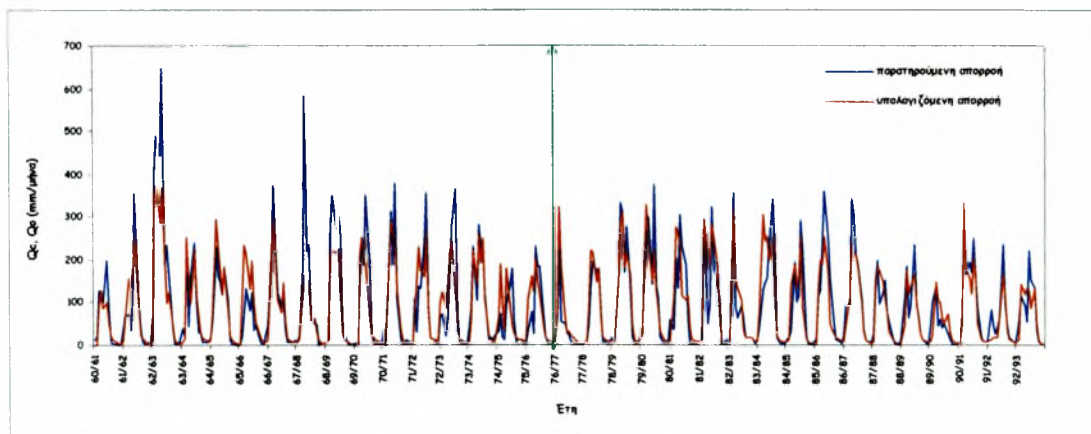


Σχήμα 2.3

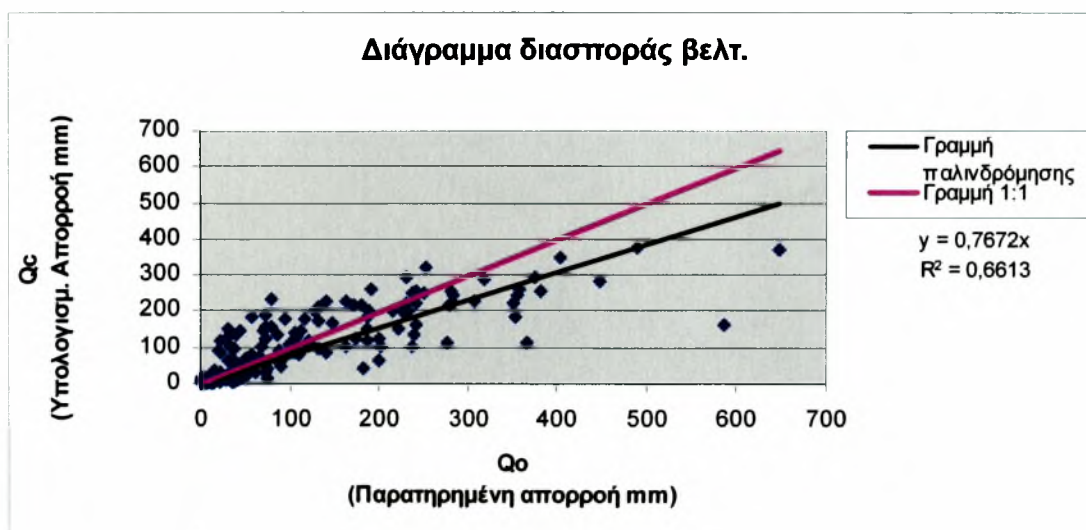


Σχήμα 2.4

A.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Lukas – λεκάνη απορροής Πύλη.

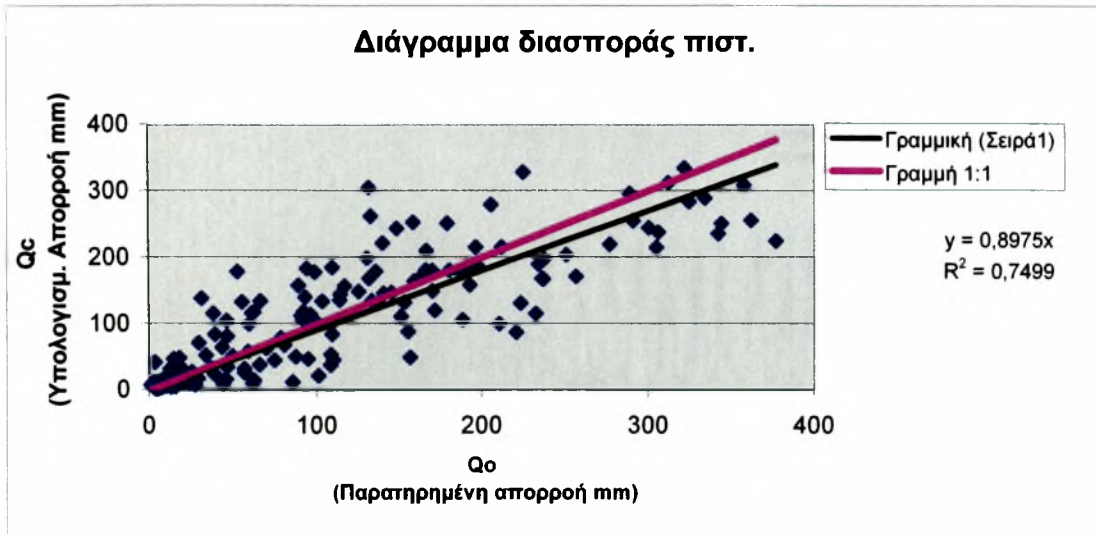


Σχήμα 2.5

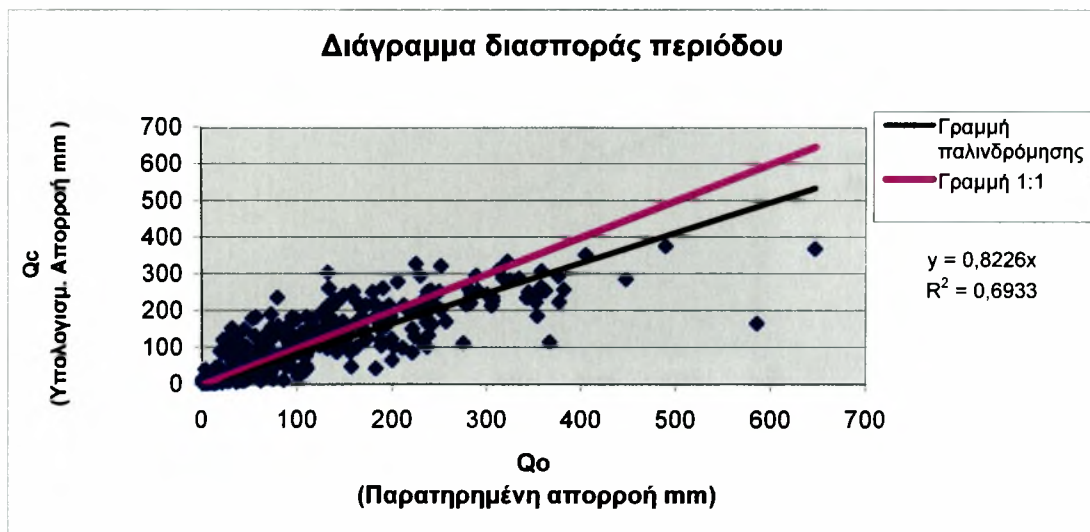


Σχήμα 2.6

A.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Lukas – λεκάνη απορροής Πύλη.

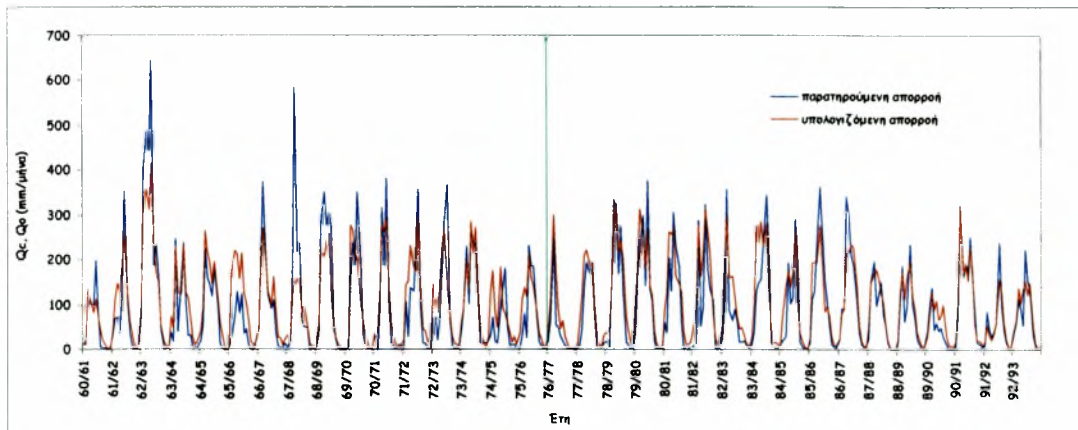


Σχήμα 2.7

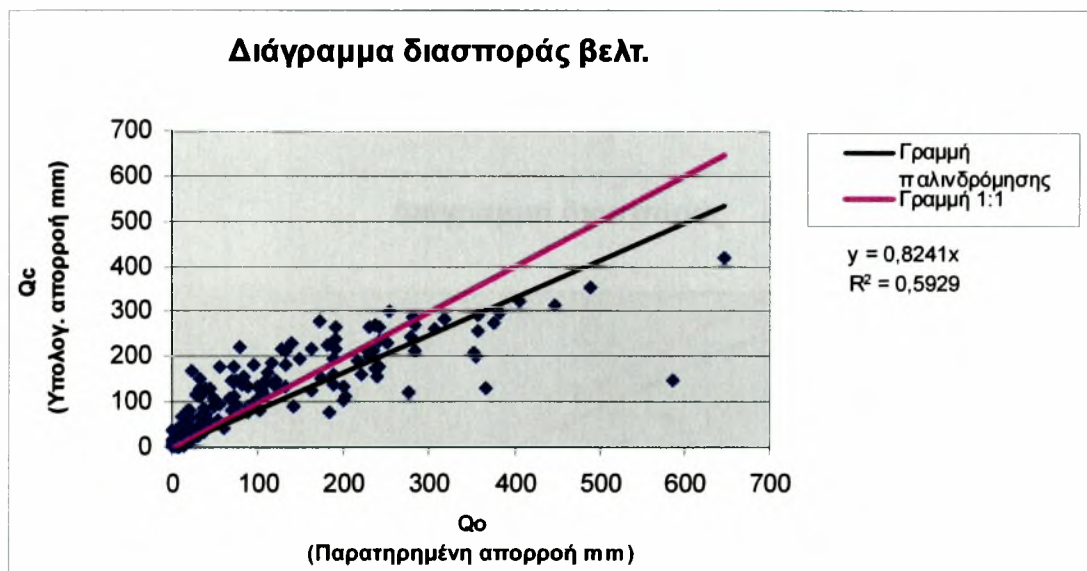


Σχήμα 2.8

A. Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο GR2M – λεκάνη απορροής Πύλη.



Σχήμα 2.9

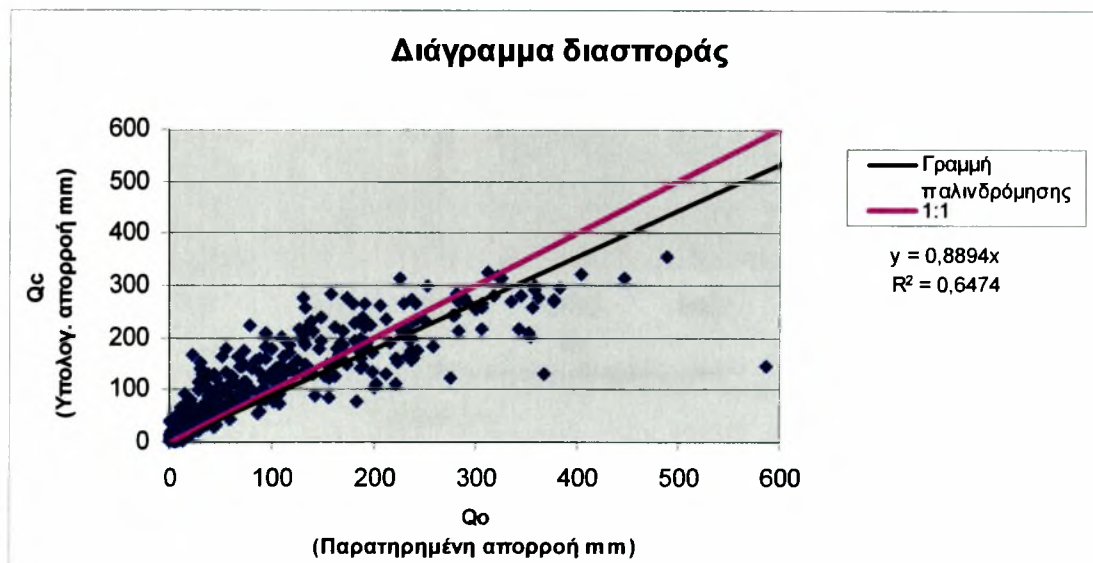


Σχήμα 2.10

A.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο GR2M – λεκάνη απορροής Πύλη.

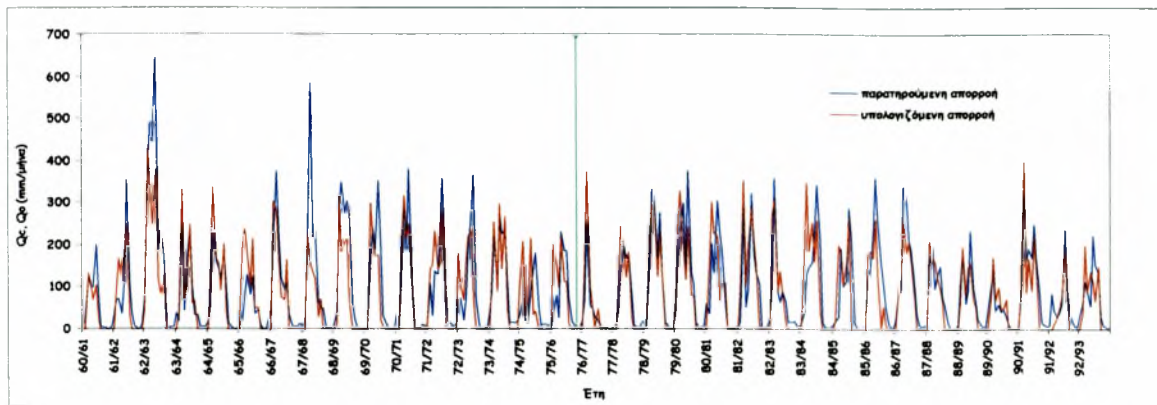


Σχήμα 2.11

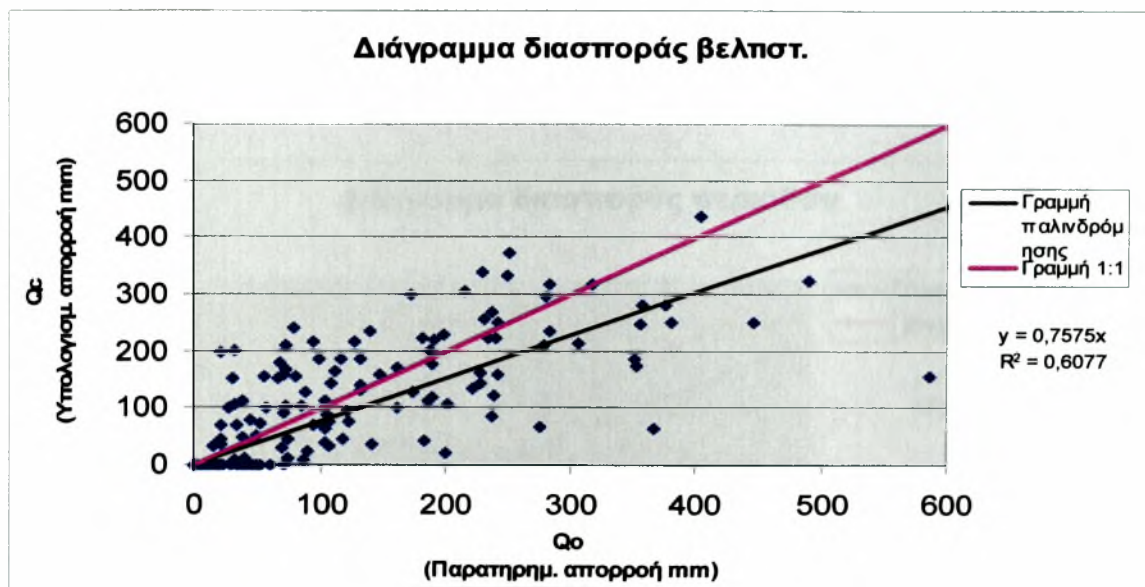


Σχήμα 2.12

A.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Γιακουμακίς – λεκάνη απορροής Πύλη.

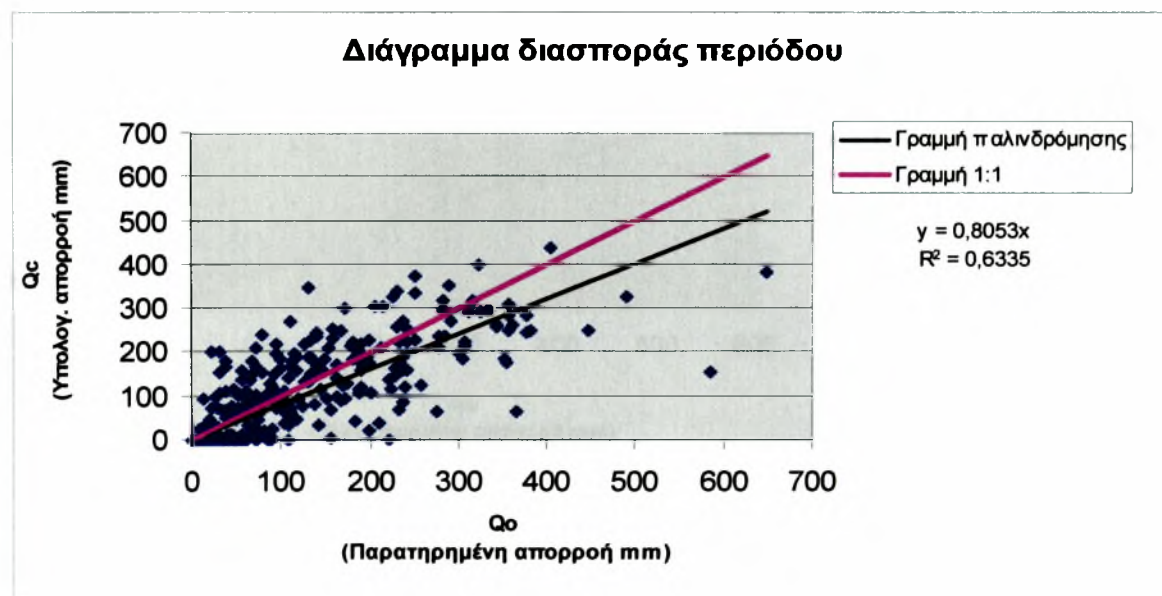
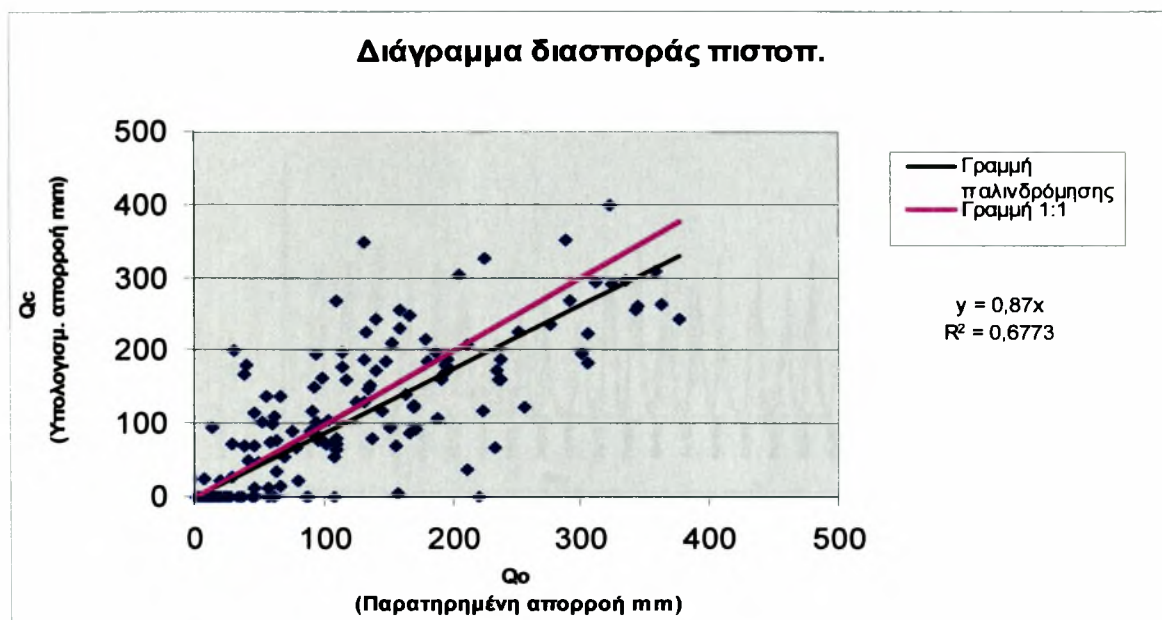


Σχήμα 2.13

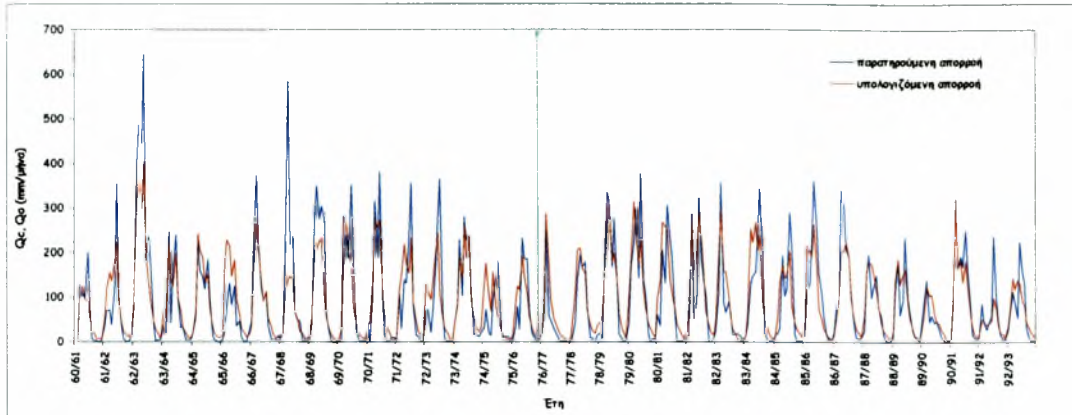


Σχήμα 2.14

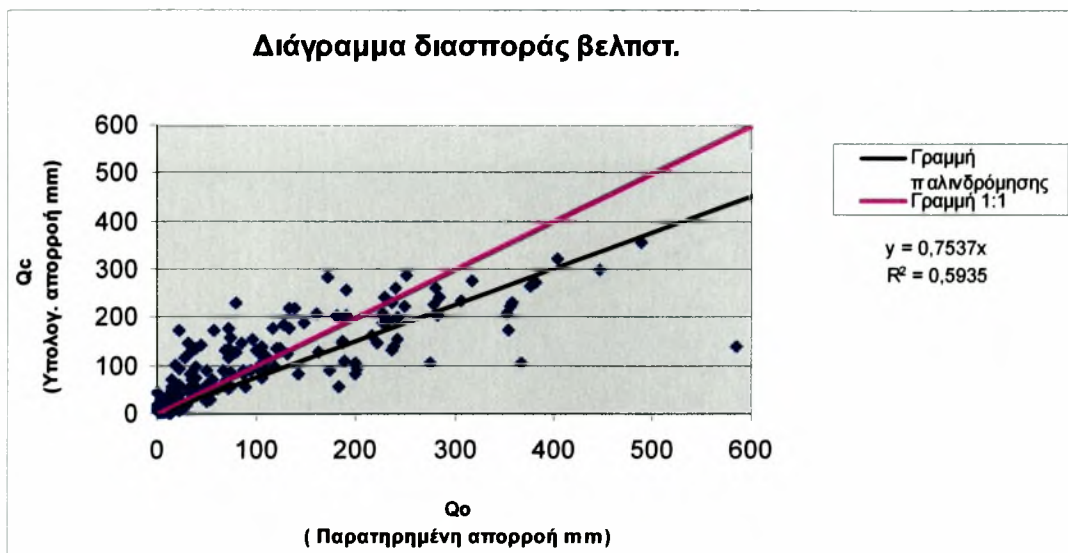
Α.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Giakoumakis – λεκάνη απορροής Πύλη.



Α.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Χιονο-Γουο – λεκάνη απορροής Πύλη.

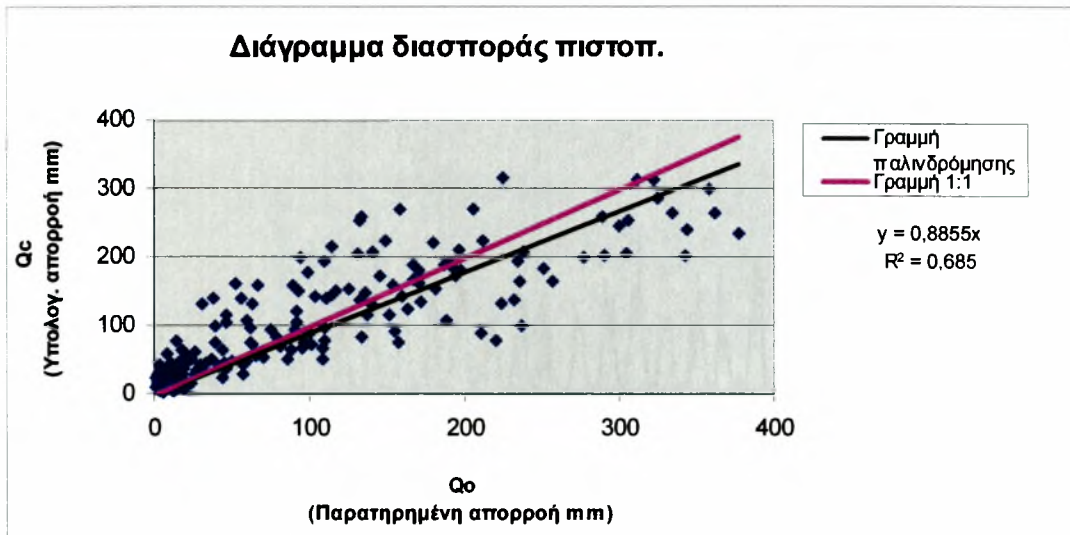


Σχήμα 2.17

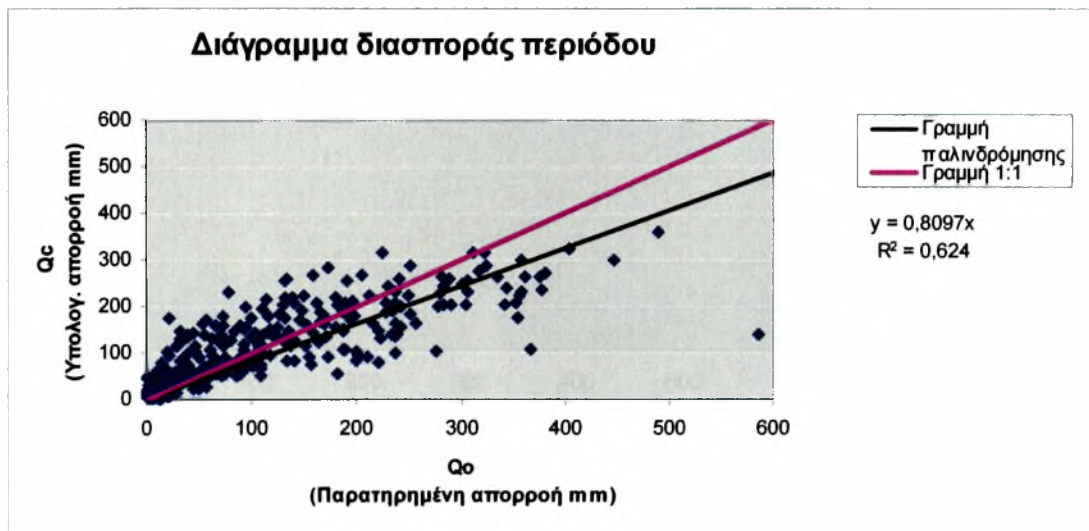


Σχήμα 2.18

A.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Χιονο-Guo – λεκάνη απορροής Πύλη.

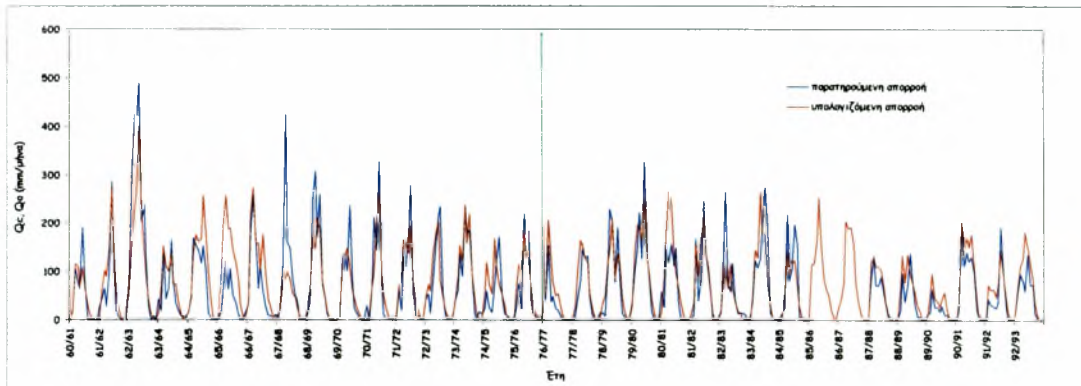


Σχήμα 2.19

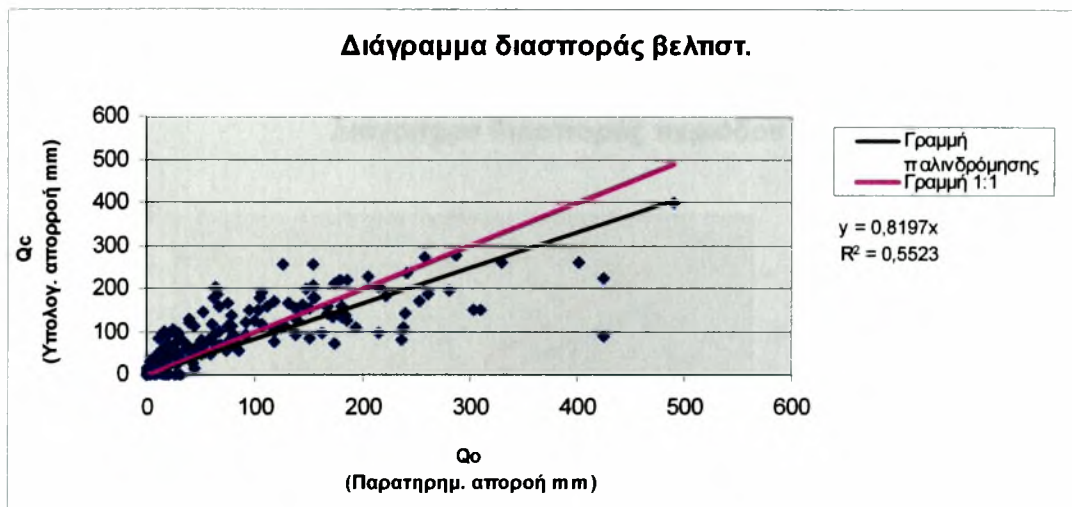


Σχήμα 2.20

B.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το Μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Μουζάκι .

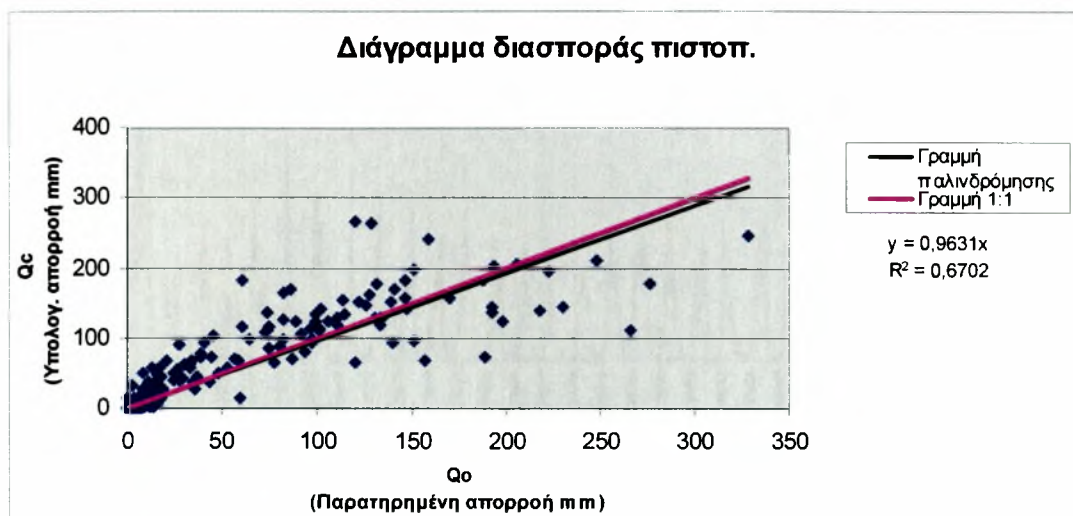


Σχήμα 2.21

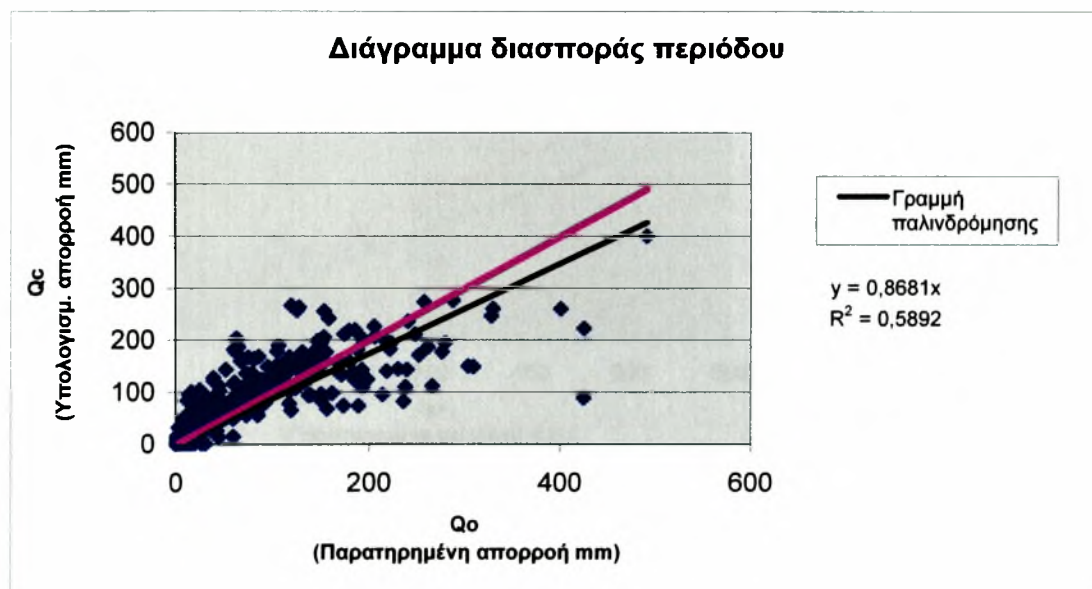


Σχήμα 2.22

Β.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το Μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Μουζάκι.

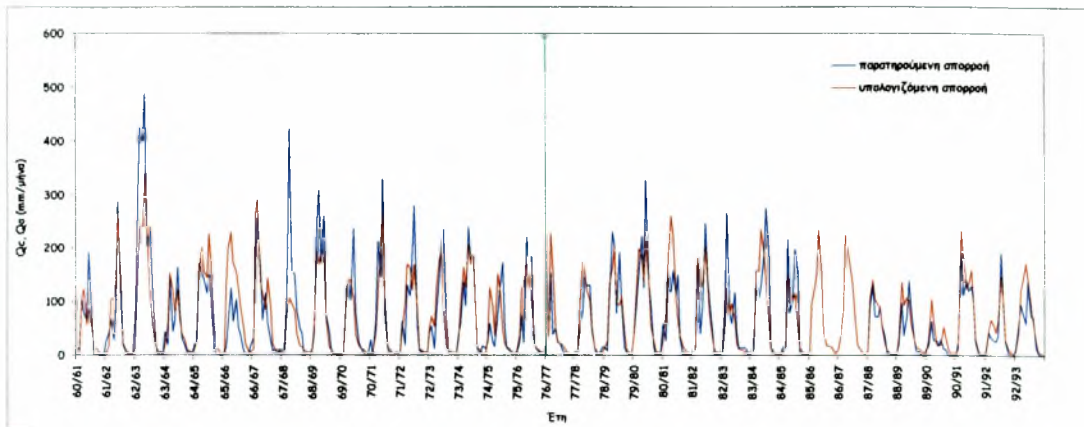


Σχήμα 2.23

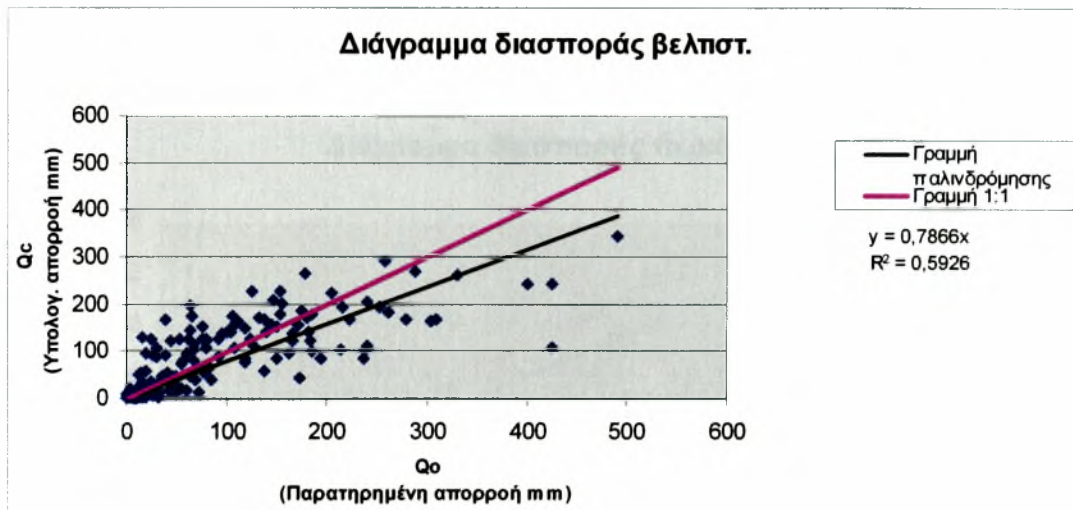


Σχήμα 2.24

Β.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το Μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Μουζάκι .

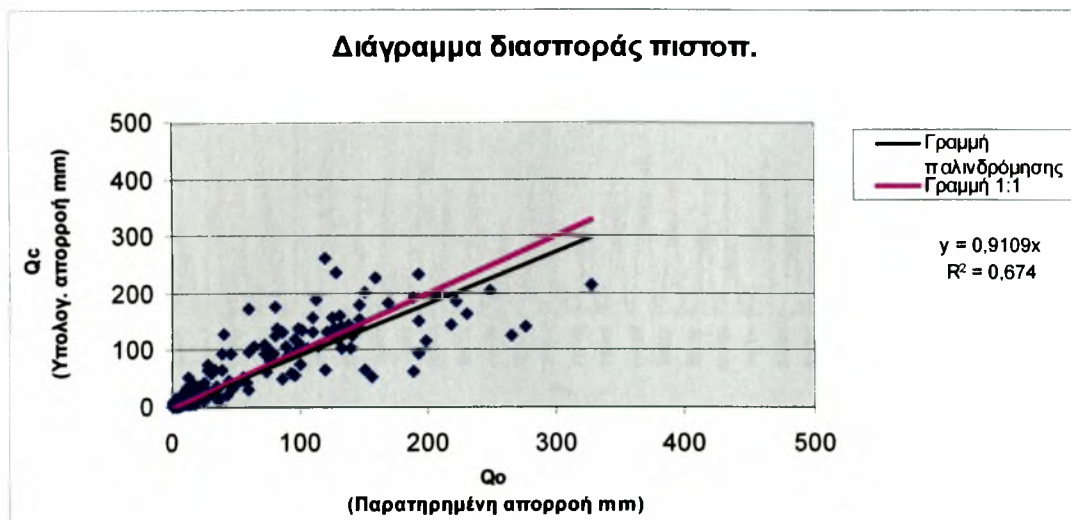


Σχήμα 2.25

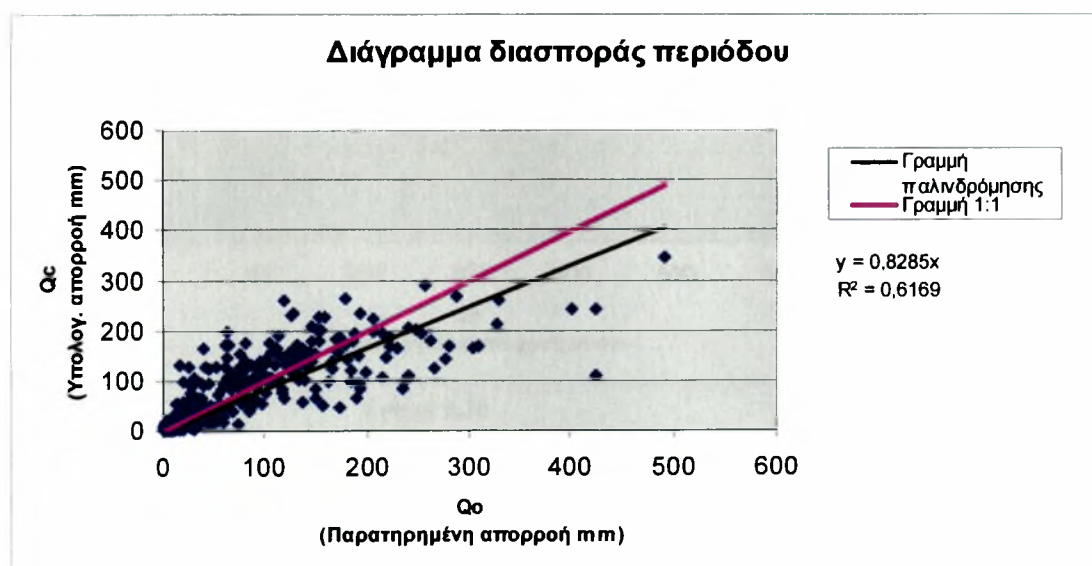


Σχήμα 2.26

Β.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το Μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Μουζάκι.

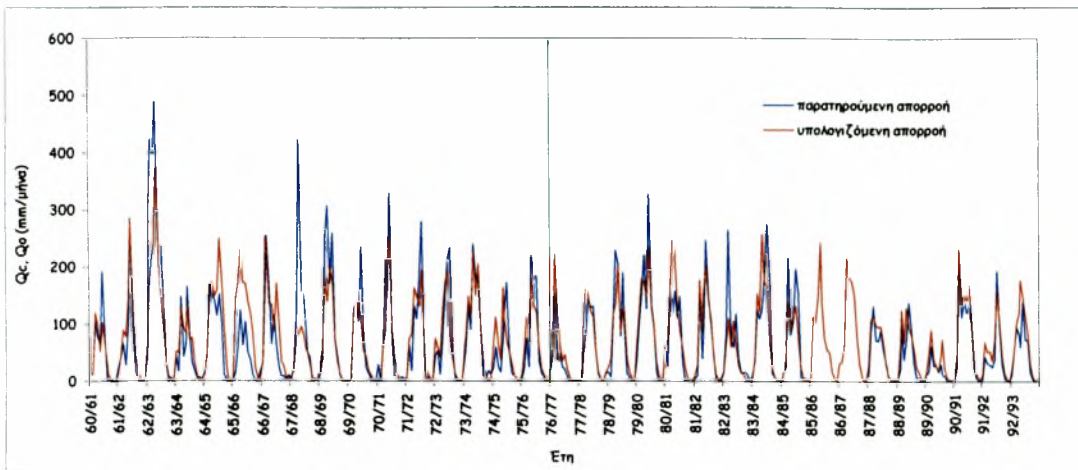


Σχήμα 2.27

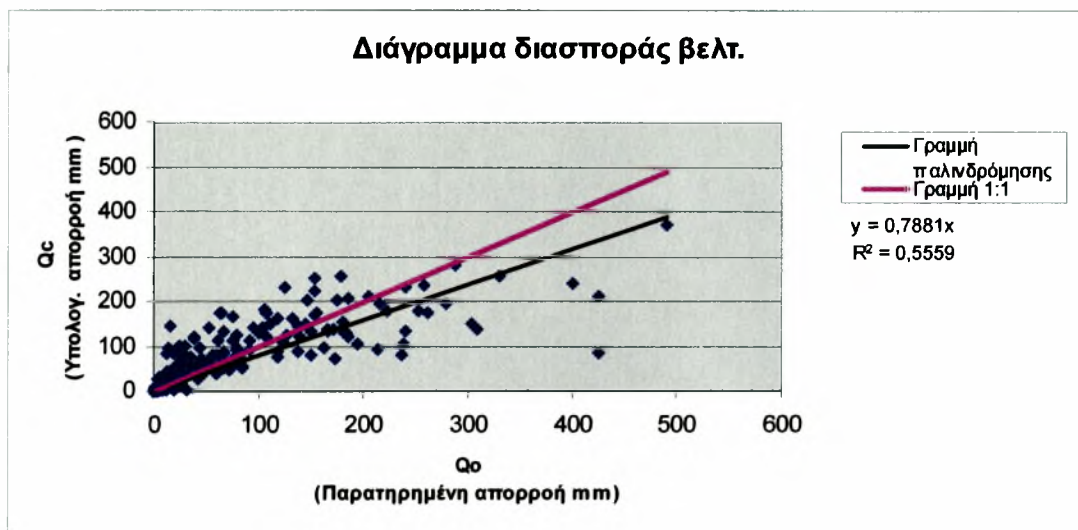


Σχήμα 2.28

Β.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Μουζάκι .

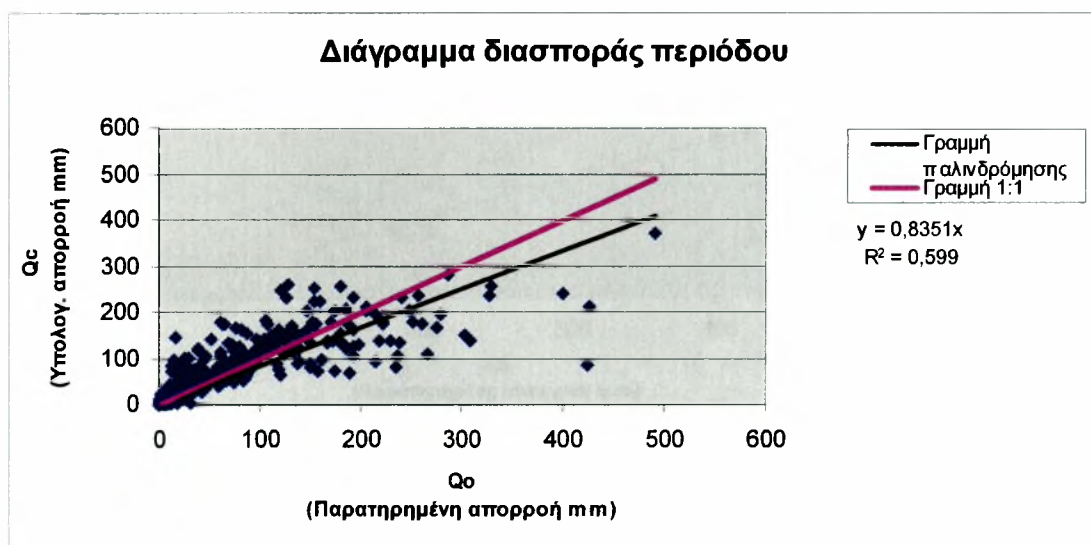


Σχήμα 2.29

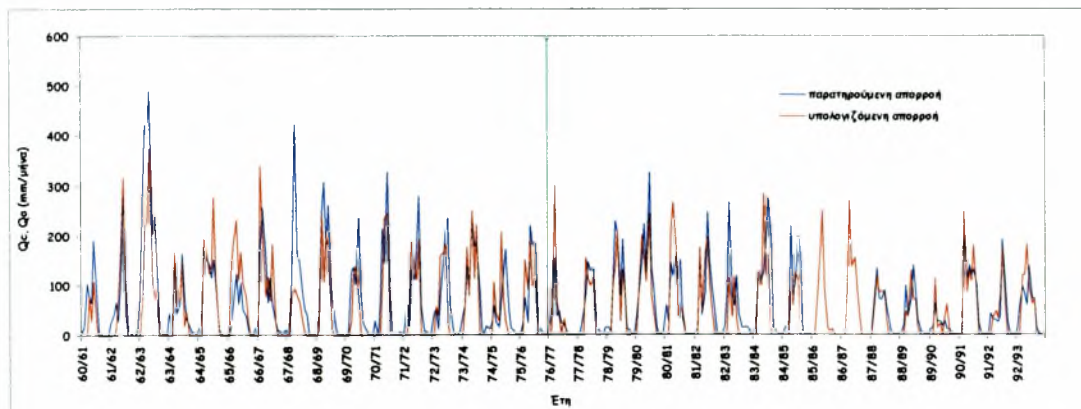


Σχήμα 2.30

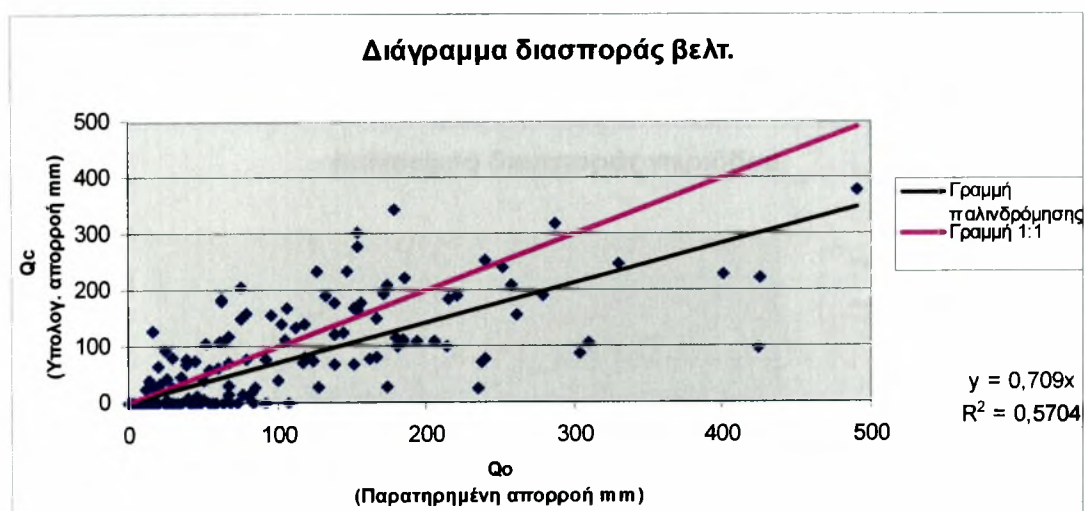
Β.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Μουζάκι.



Β.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Γιακουτακίς λεκάνη απορροής Μουζάκι .

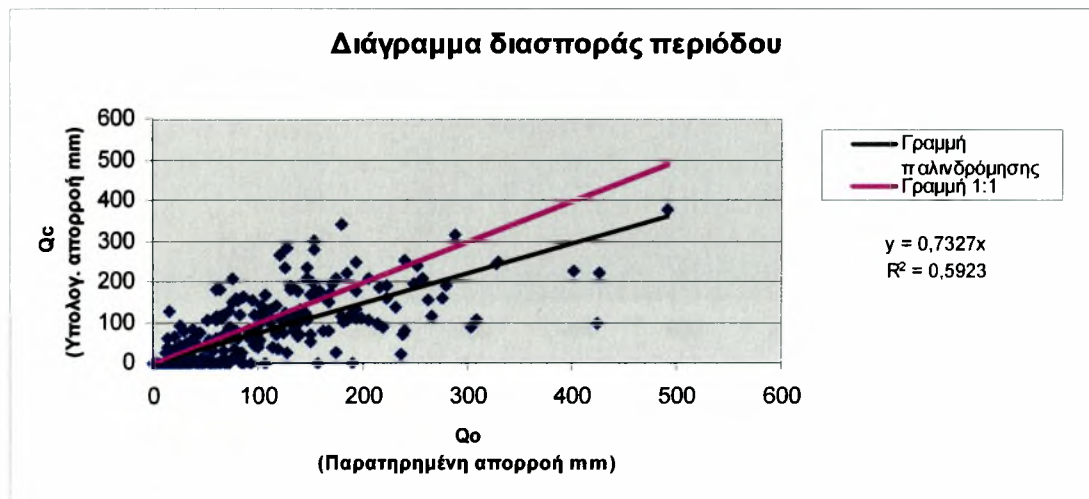
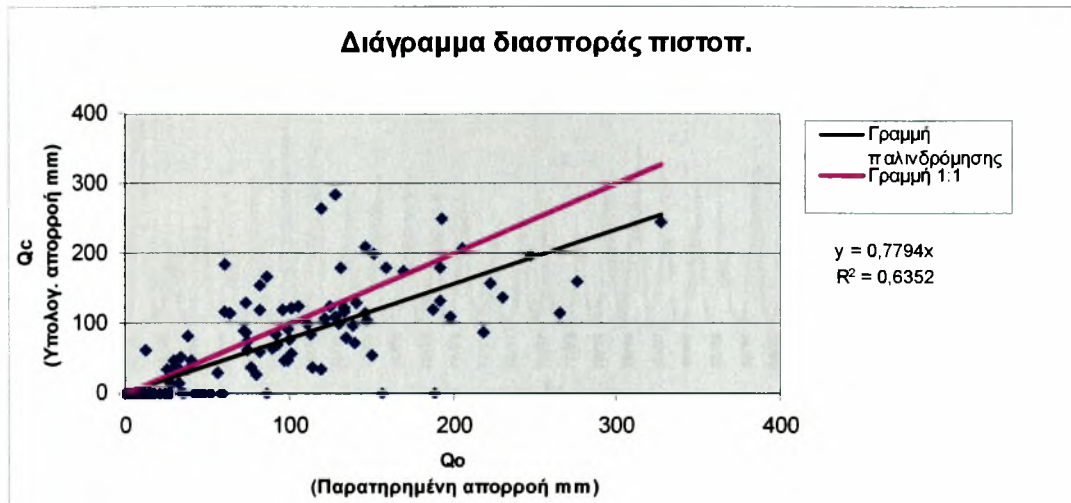


Σχήμα 2.33

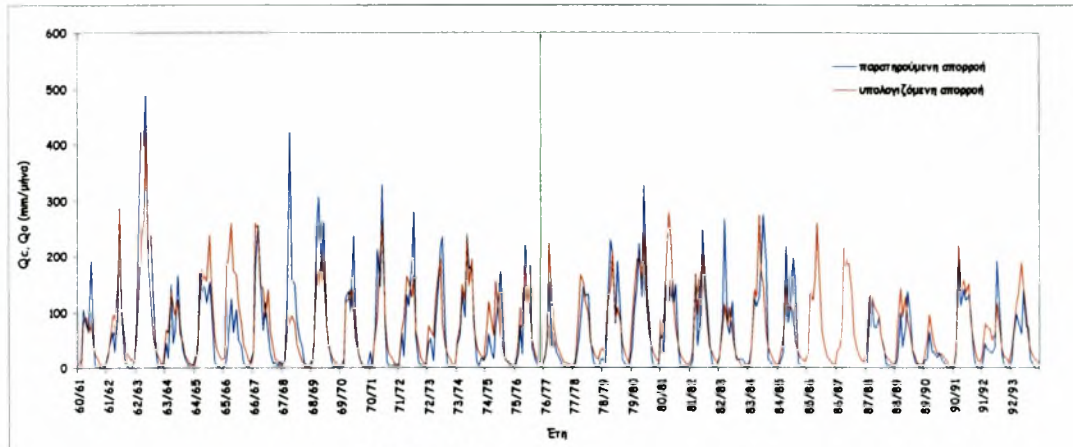


Σχήμα 2.34

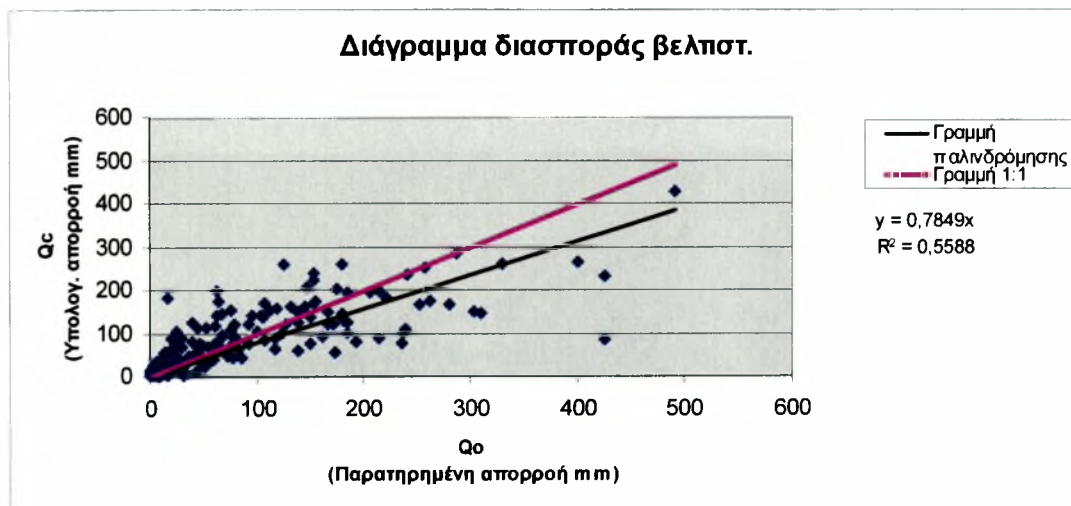
Β.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Γιακουμάκης λεκάνη απορροής Μουζάκι.



B.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Xiong_Guo λεκάνη απορροής Μουζάκι .

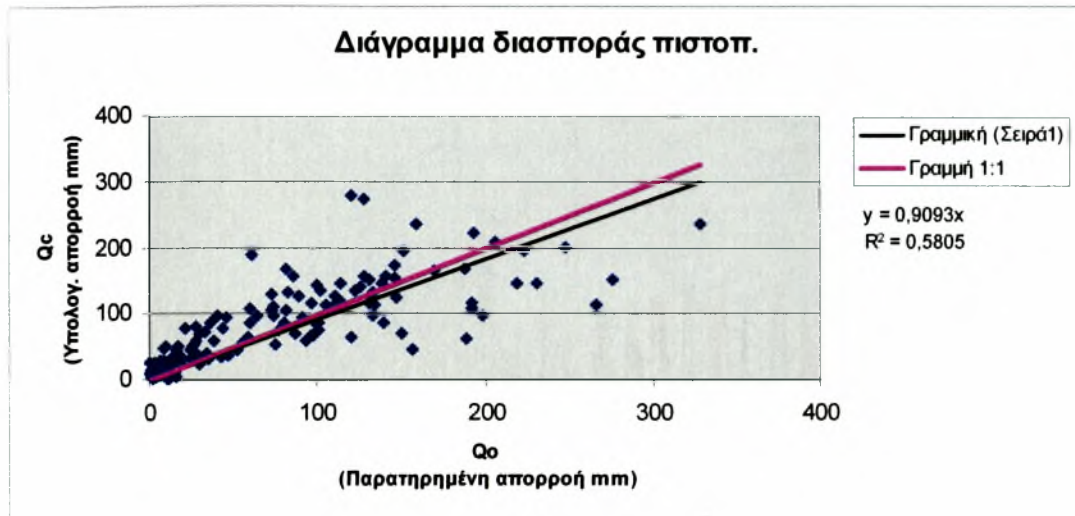


Σχήμα 2.37

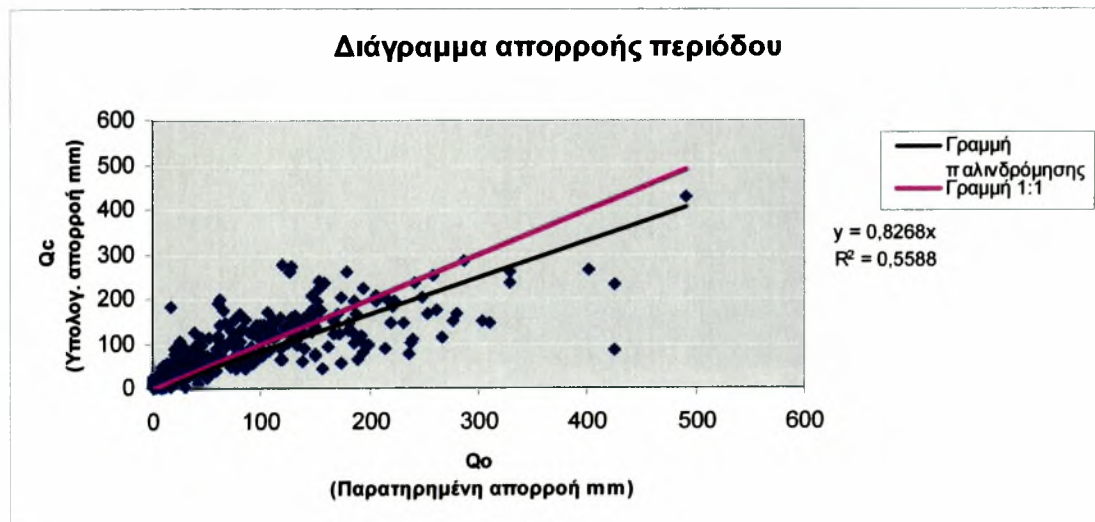


Σχήμα 2.38

B.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Χιονο_Γυο λεκάνη απορροής Μουζάκι.

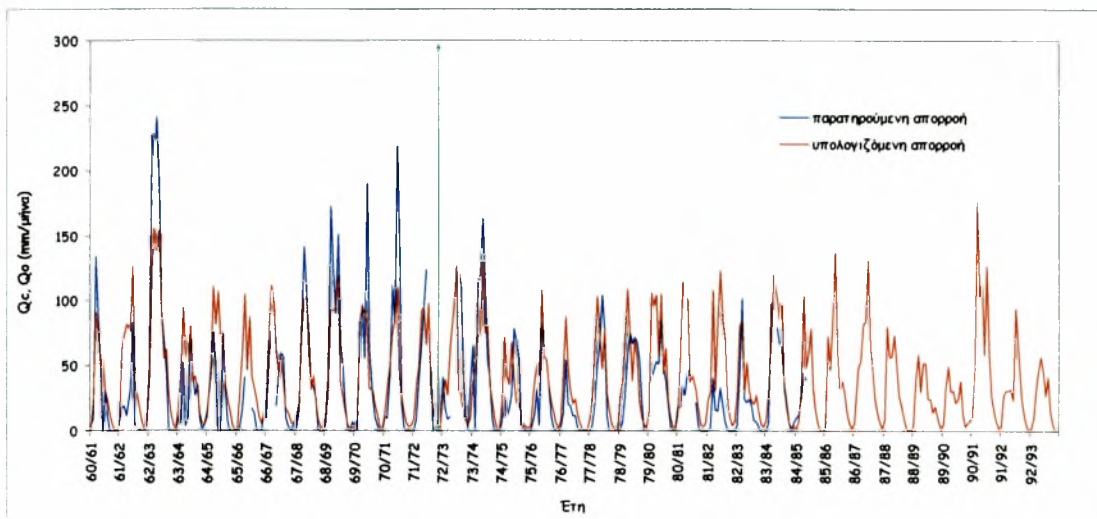


Σχήμα 2.39

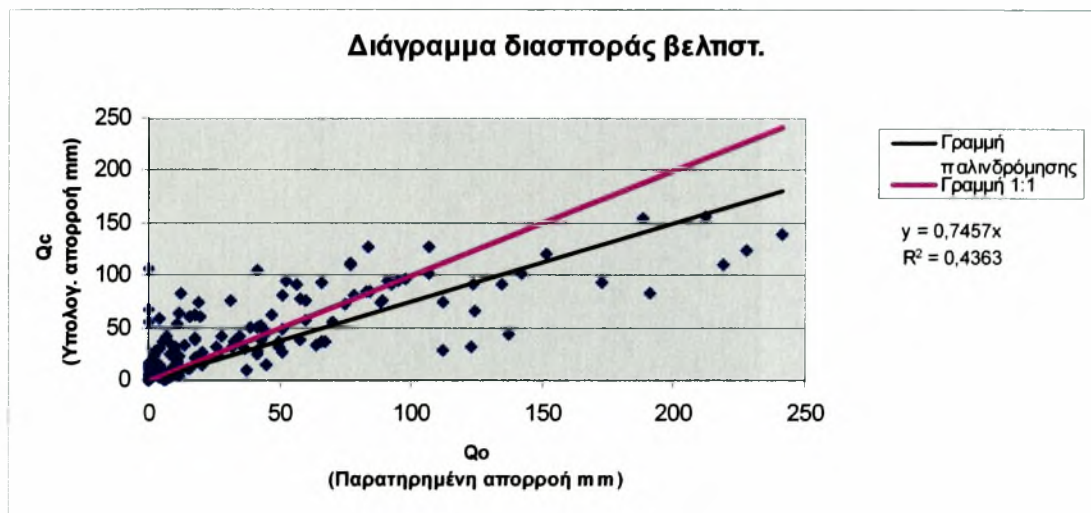


Σχήμα 2.40

Γ.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το Μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Σαρακίνα.

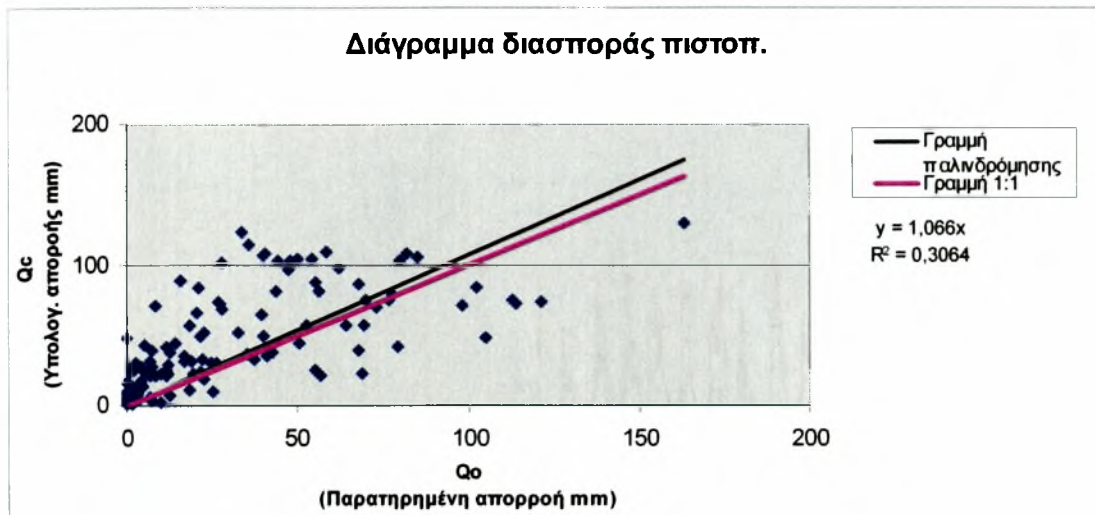


Σχήμα 2.41

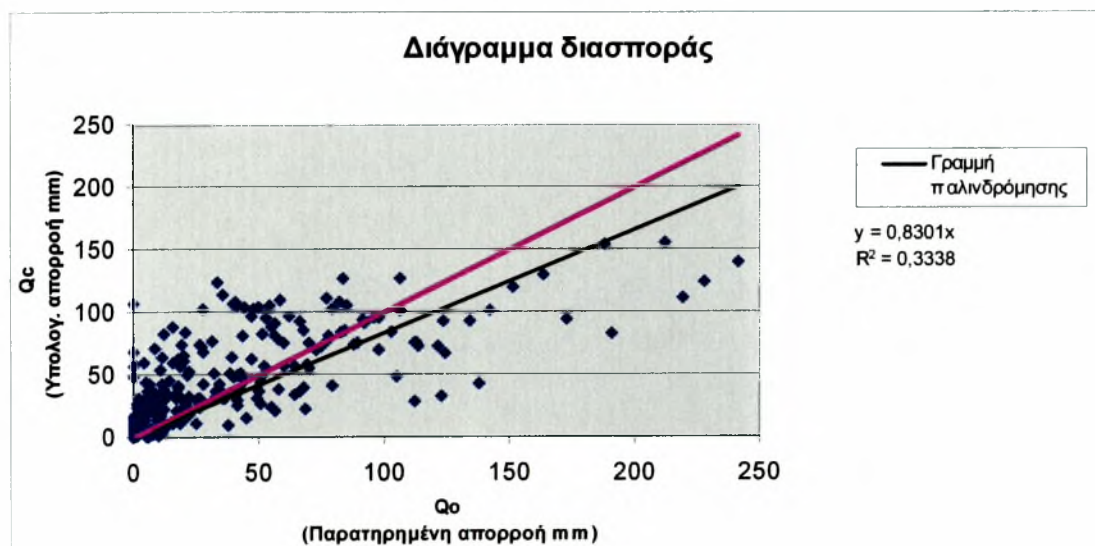


Σχήμα 2.42

Γ.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960ως Σεπτέμβριο 1978 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Σαρακίνα..

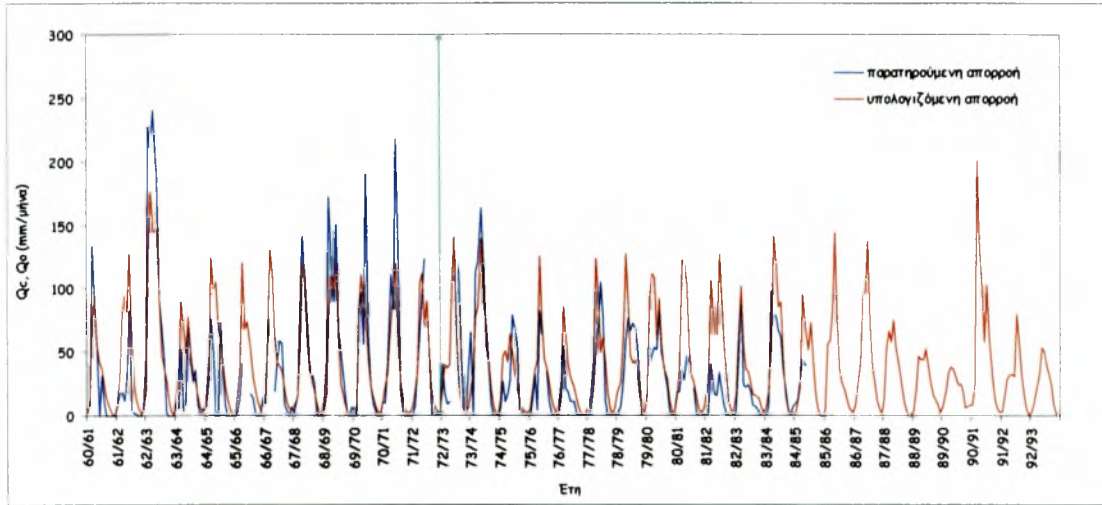


Σχήμα 2.43

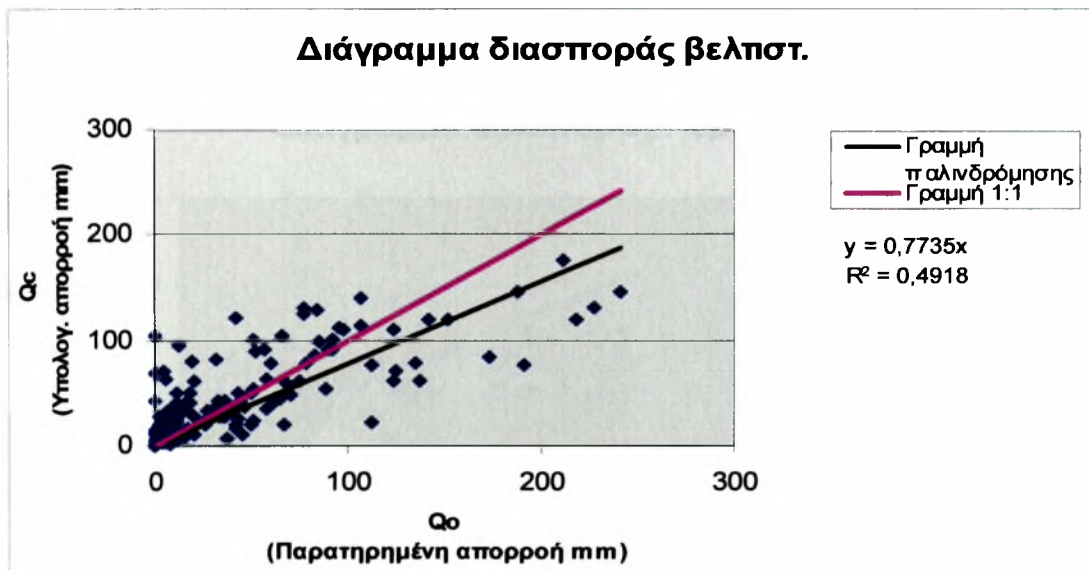


Σχήμα 2.44

Γ.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Σαρακίνα.

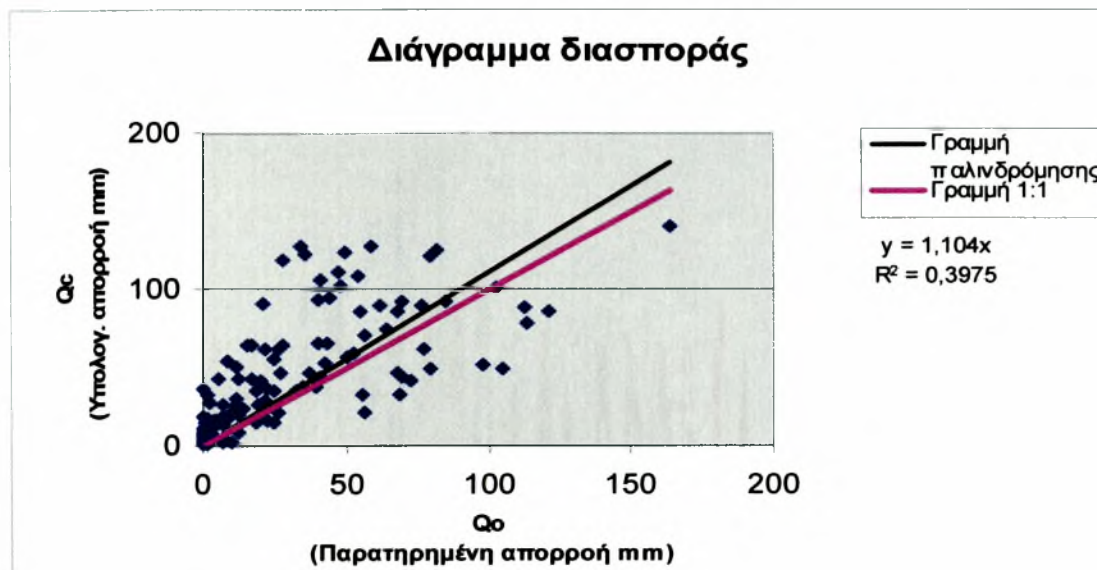


Σχήμα 2.45

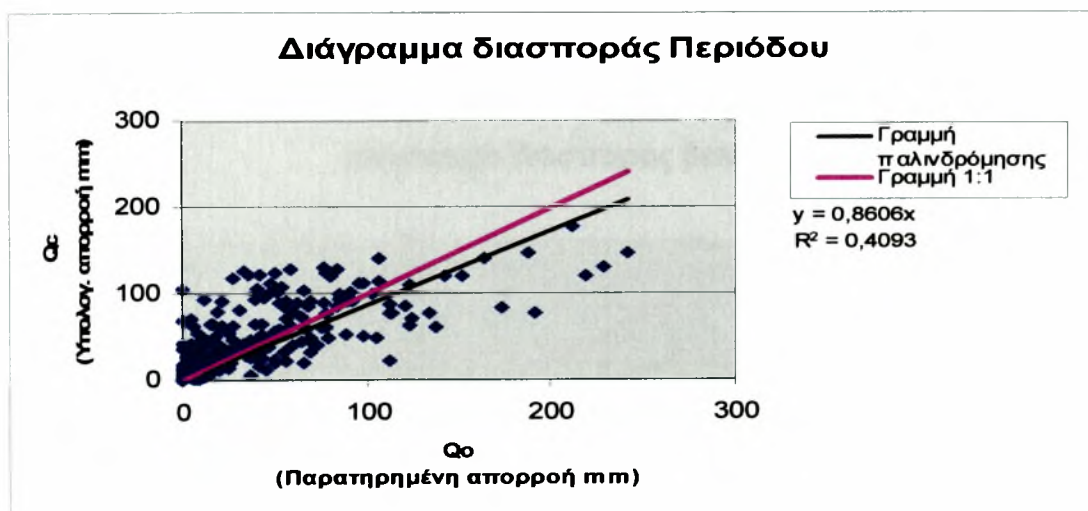


Σχήμα 2.46

Γ.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 ως Σεπτέμβριο 1978 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Σαρακίνα .

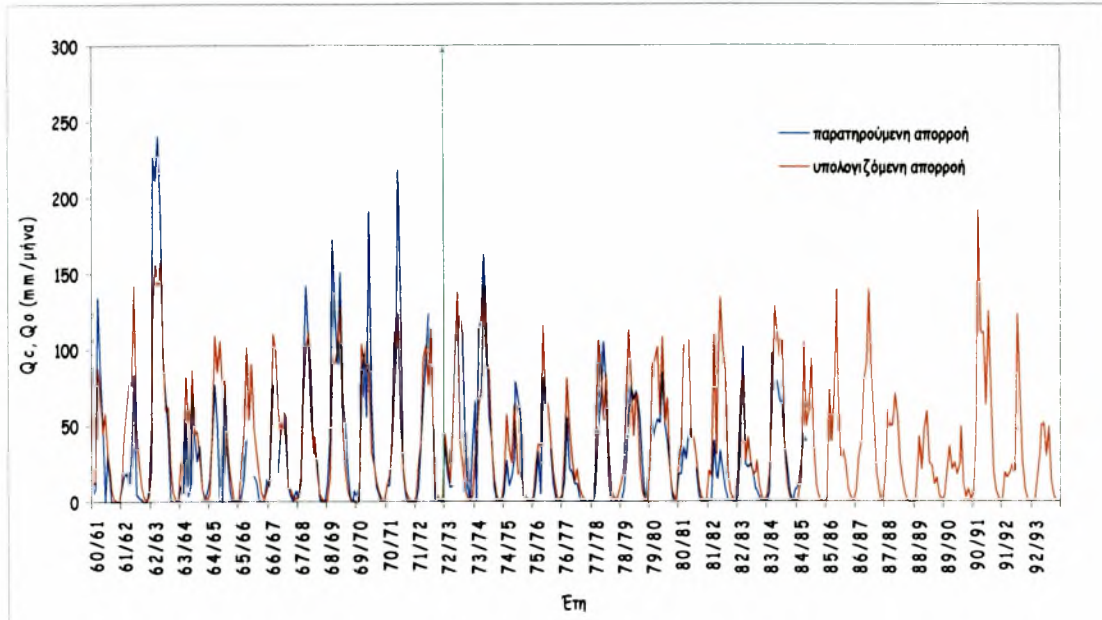


Σχήμα 2.47

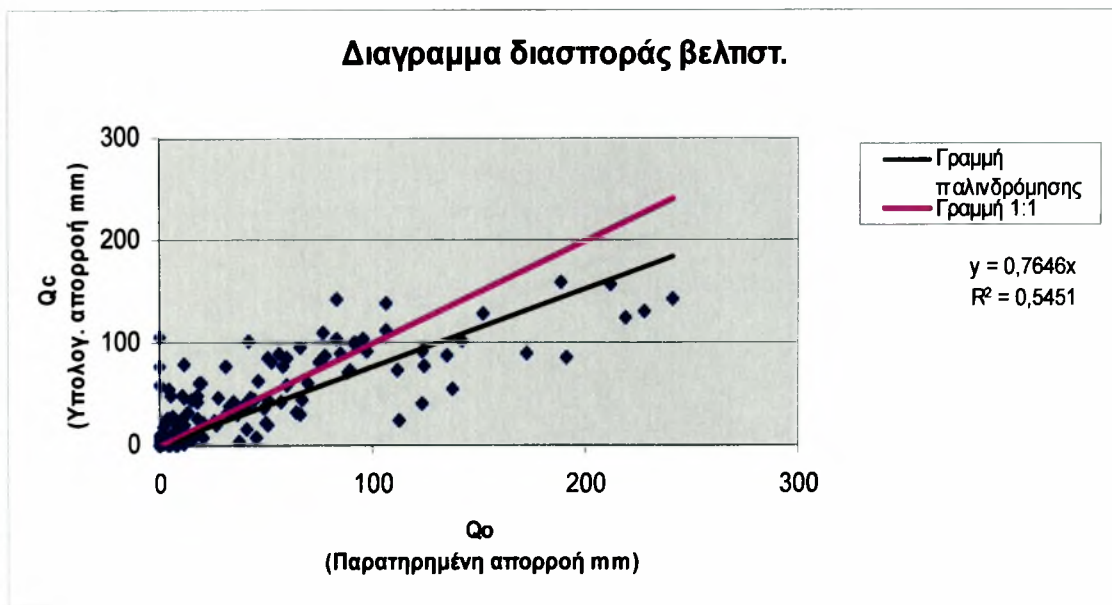


Σχήμα 2.48

Γ.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Σαρακίνα.

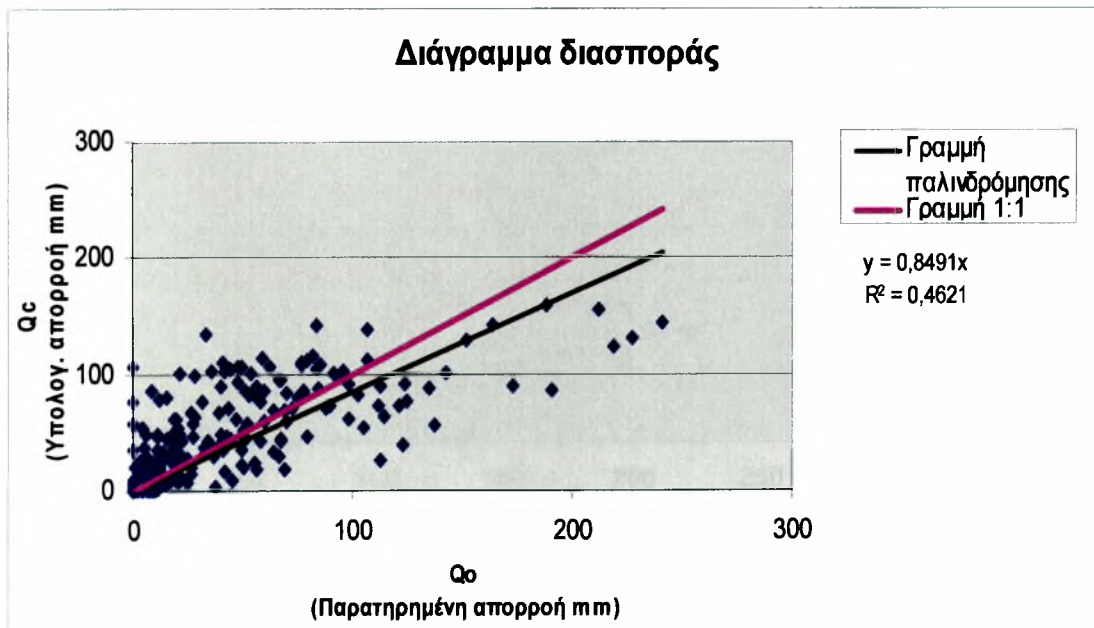
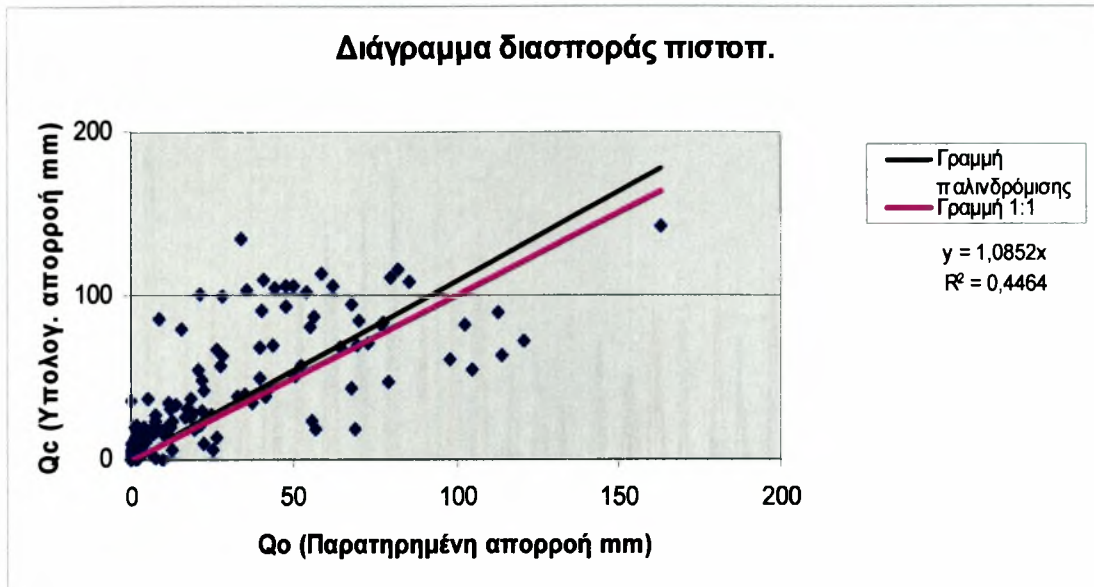


Σχήμα 2.49

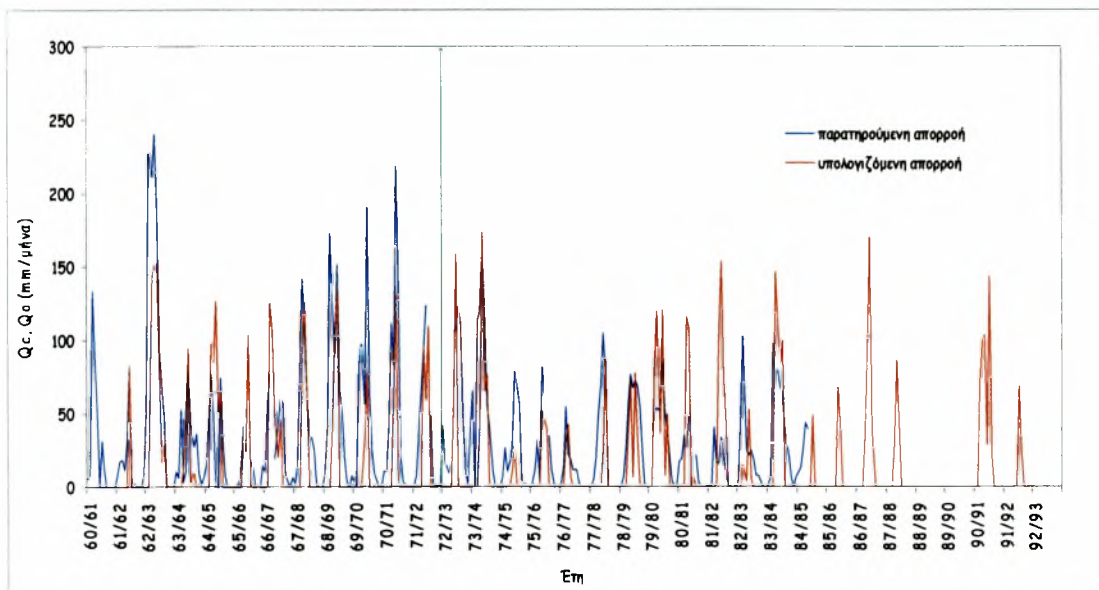


Σχήμα 2.50

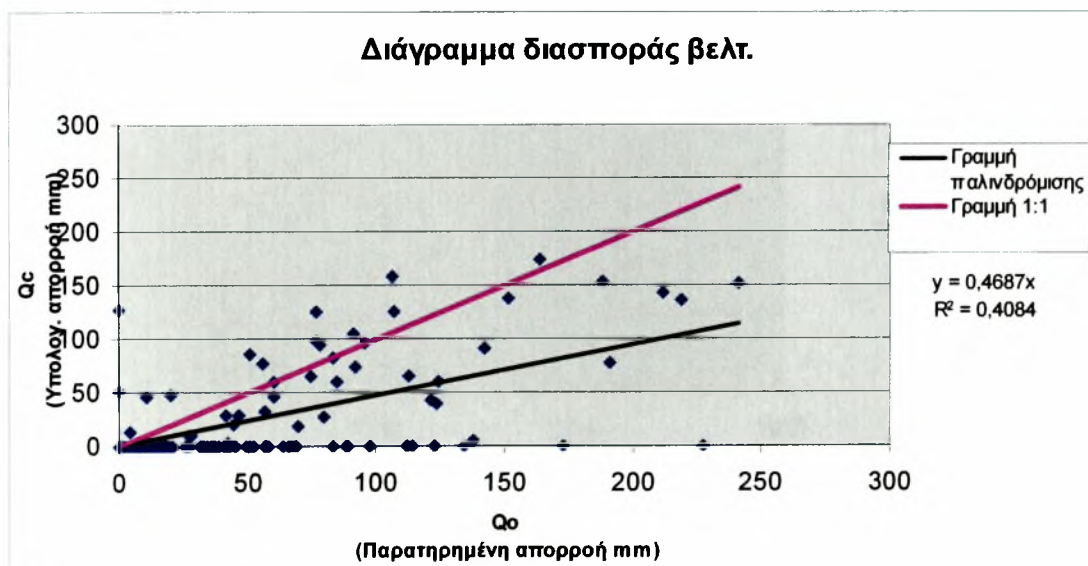
Γ. 6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 ως Σεπτέμβριο 1978 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Σαρακίνα.



Γ.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Σαρακίνα.

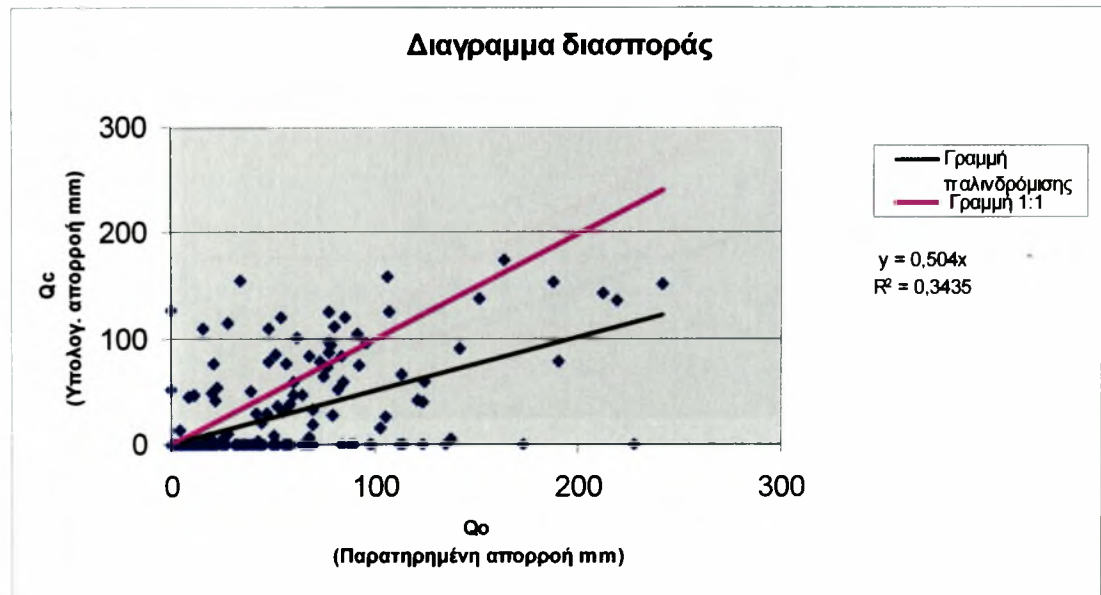
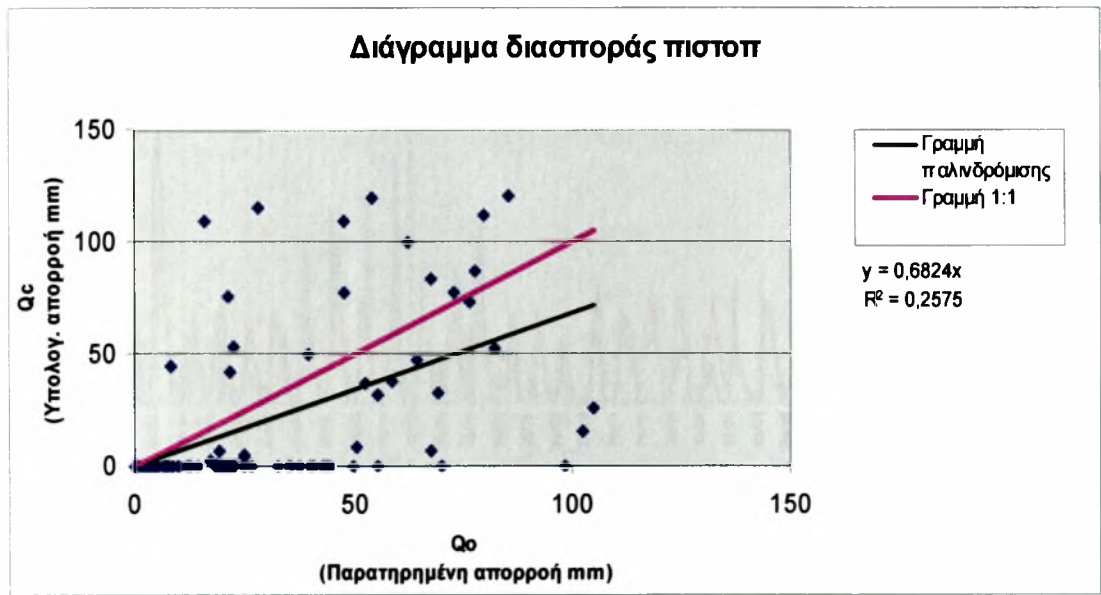


Σχήμα 2.53

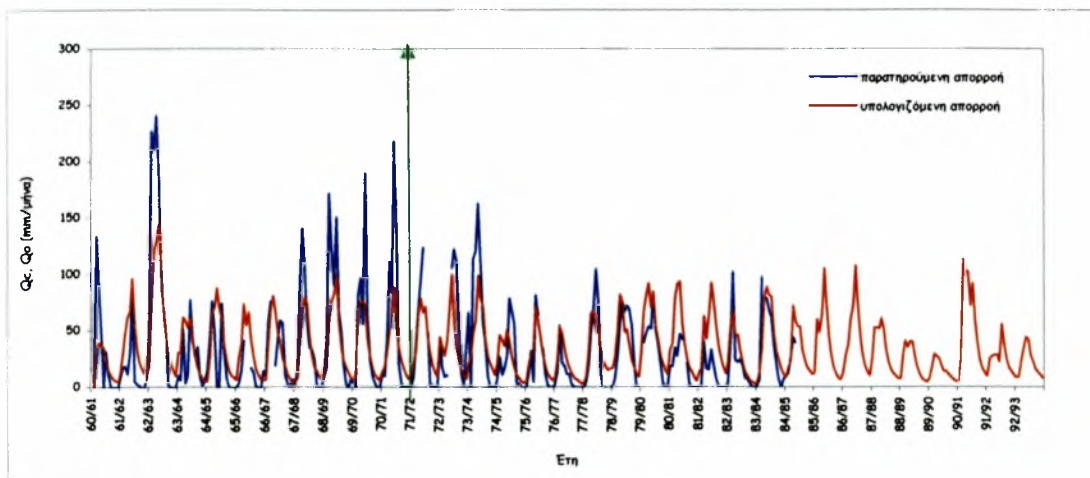


Σχήμα 2.54

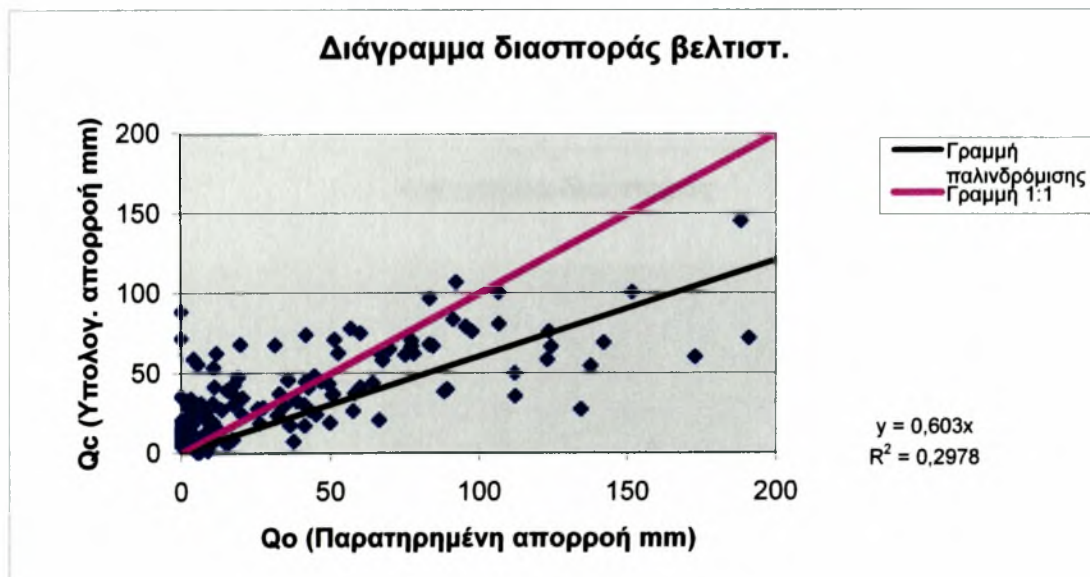
Γ.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960ως Σεπτέμβριο 1978 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Σαρακίνα.



Γ.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Xiong-Guo λεκάνη απορροής Σαρακίνα .

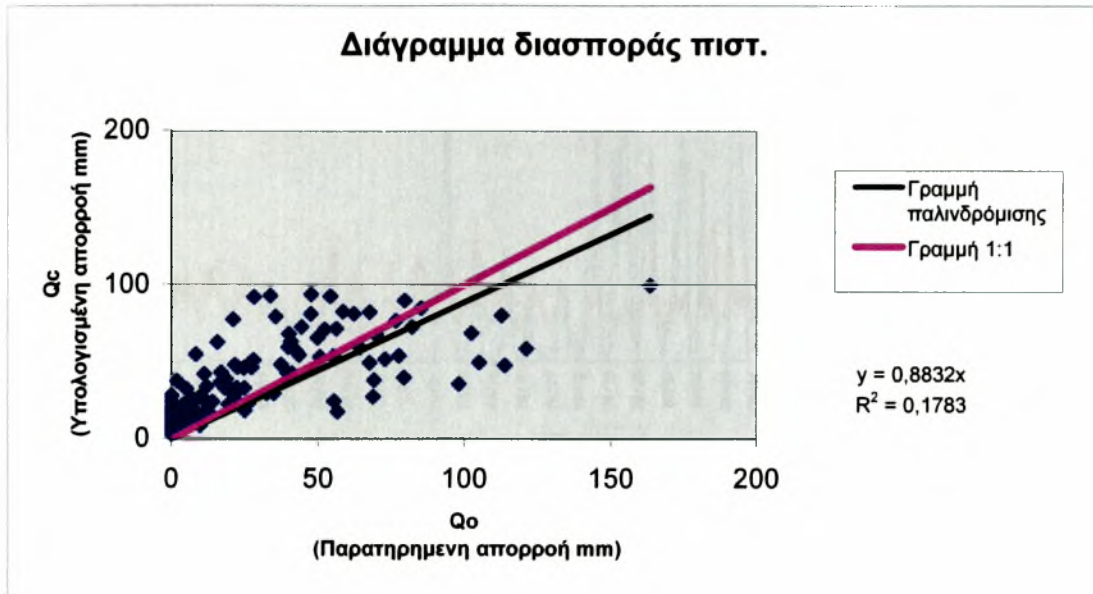


Σχήμα 2.57

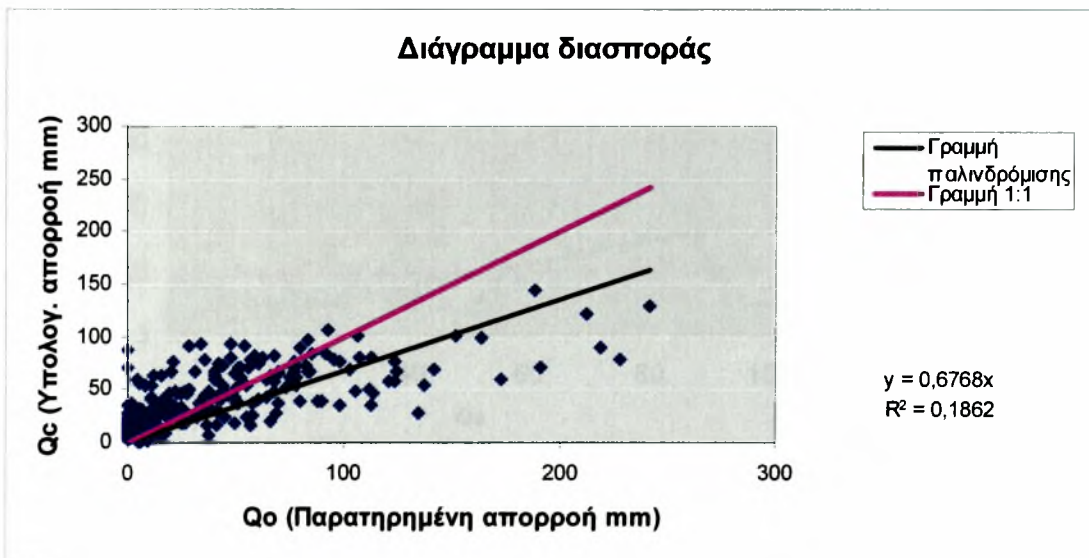


Σχήμα 2.58

Γ.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960ως Σεπτέμβριο 1978 για το μοντέλο Χιονο-Γουο λεκάνη απορροής Σαρακίνα..

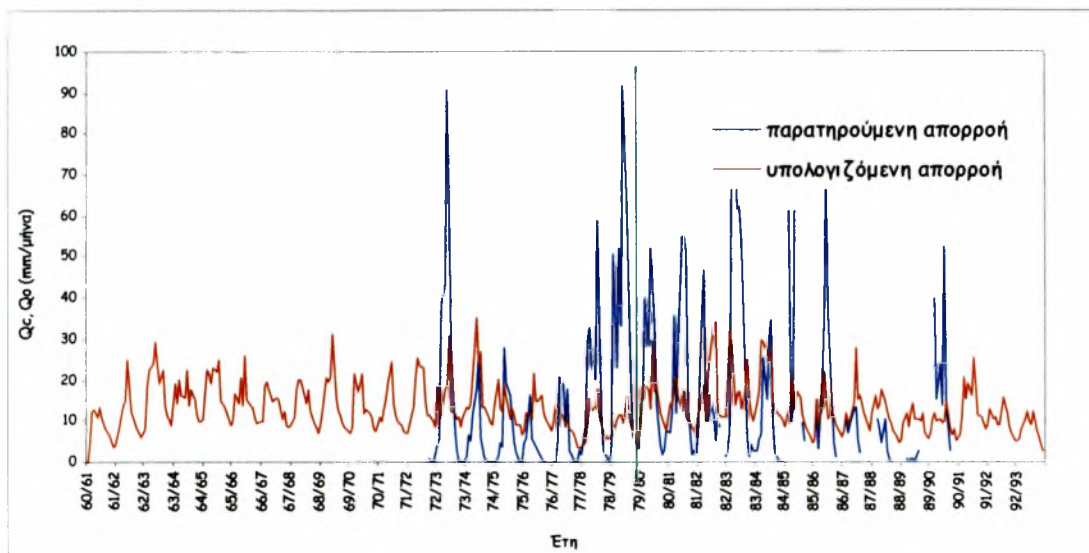


Σχήμα 2.59

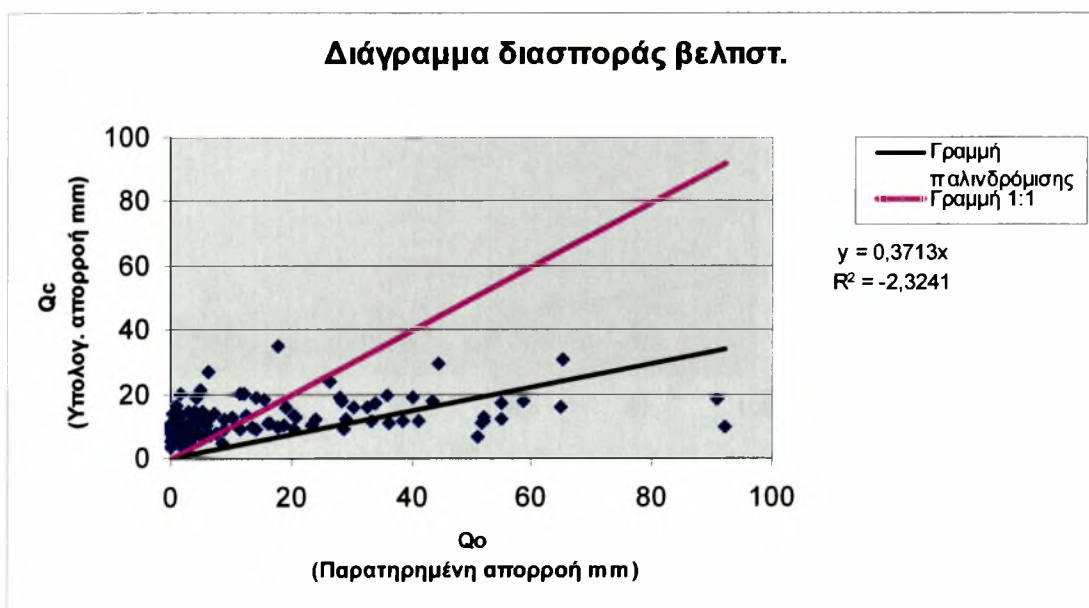


Σχήμα 2.60

Δ.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Γάβρος.

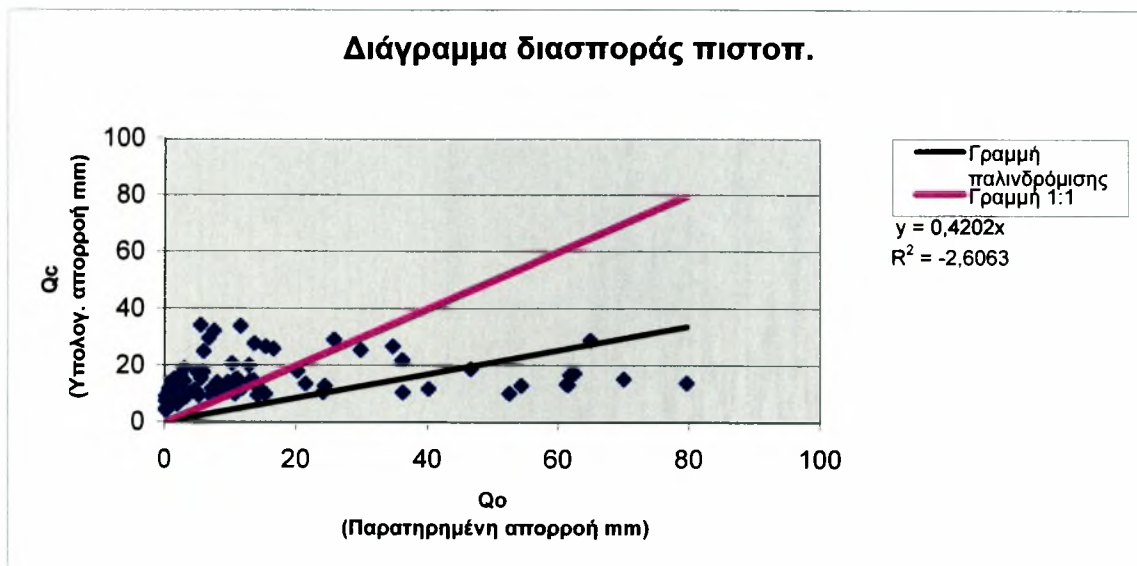


Σχήμα 2.61

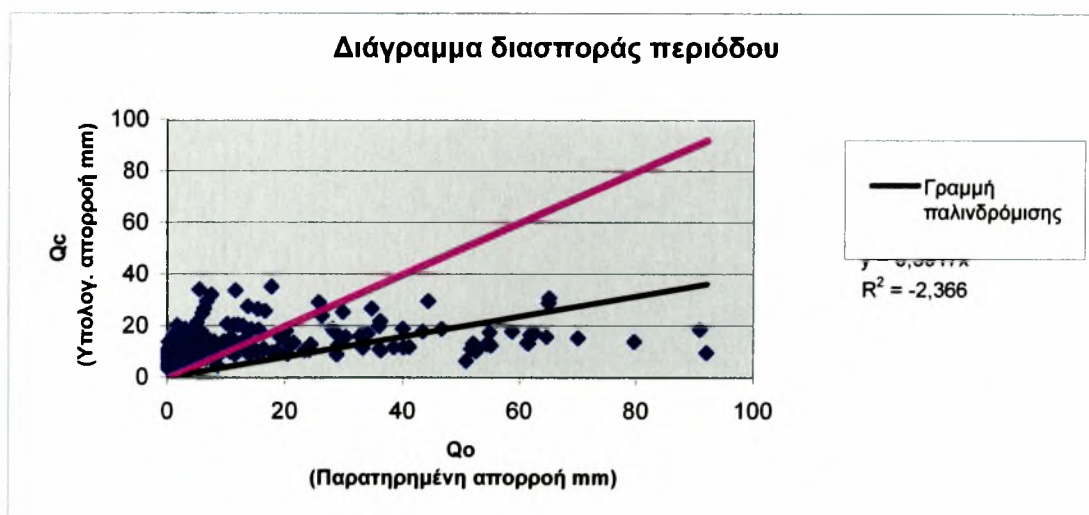


Σχήμα 2.62

Δ.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Γάβρος.

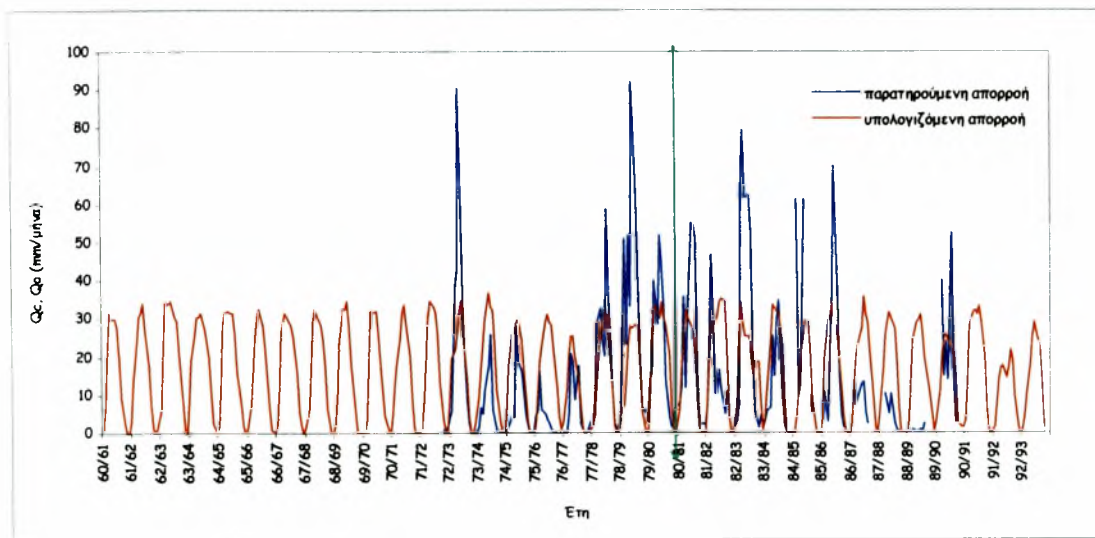


Σχήμα 2.63

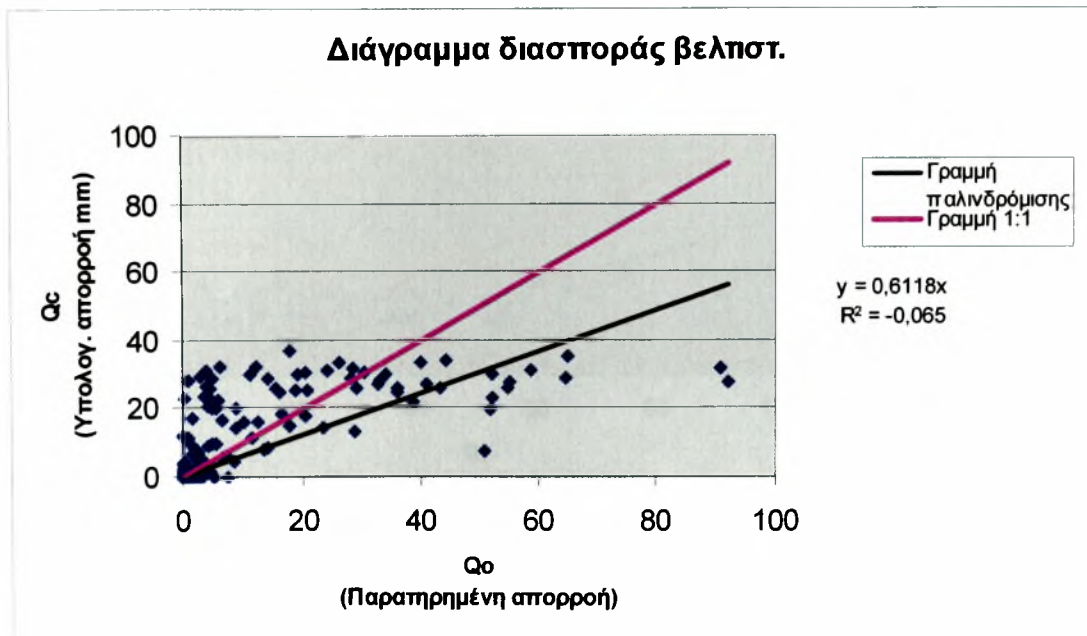


Σχήμα 2.64

Δ.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Γάβρος.

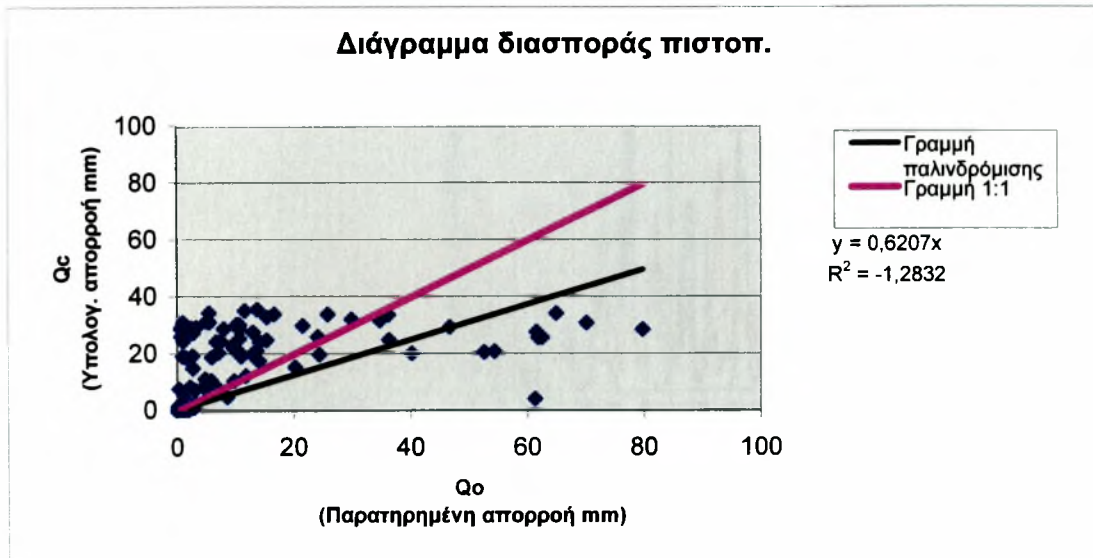


Σχήμα 2.65

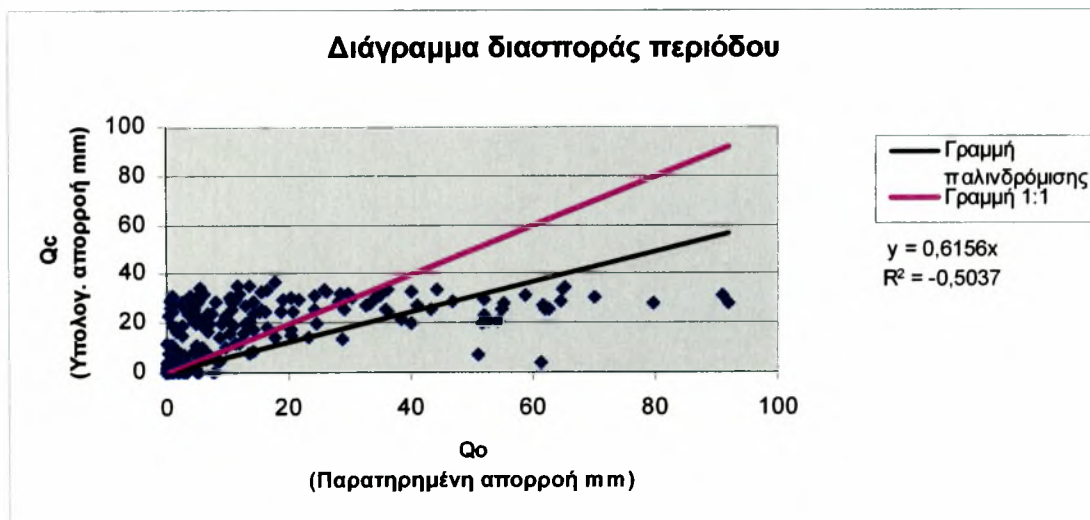


Σχήμα 2.66

Δ.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Γάβρος.

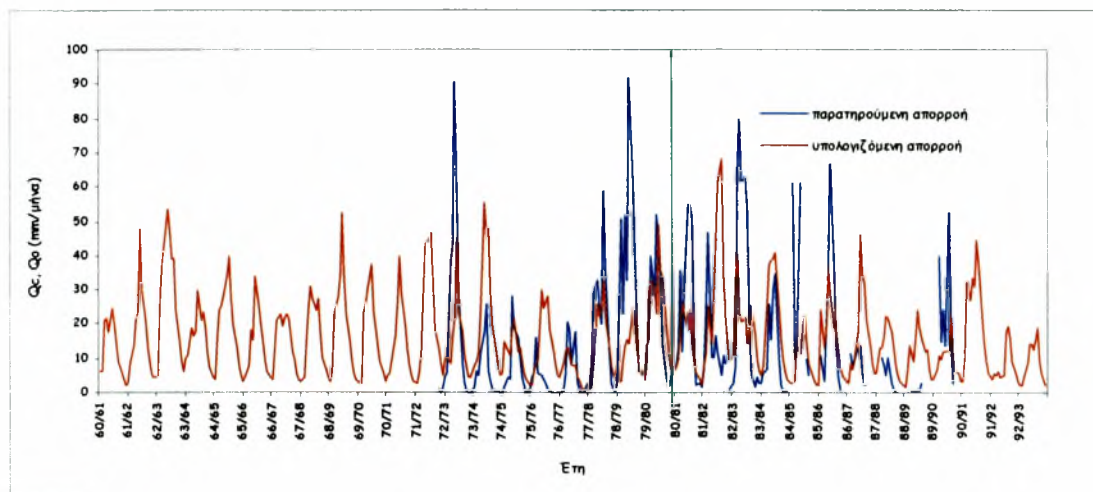


Σχήμα 2.67

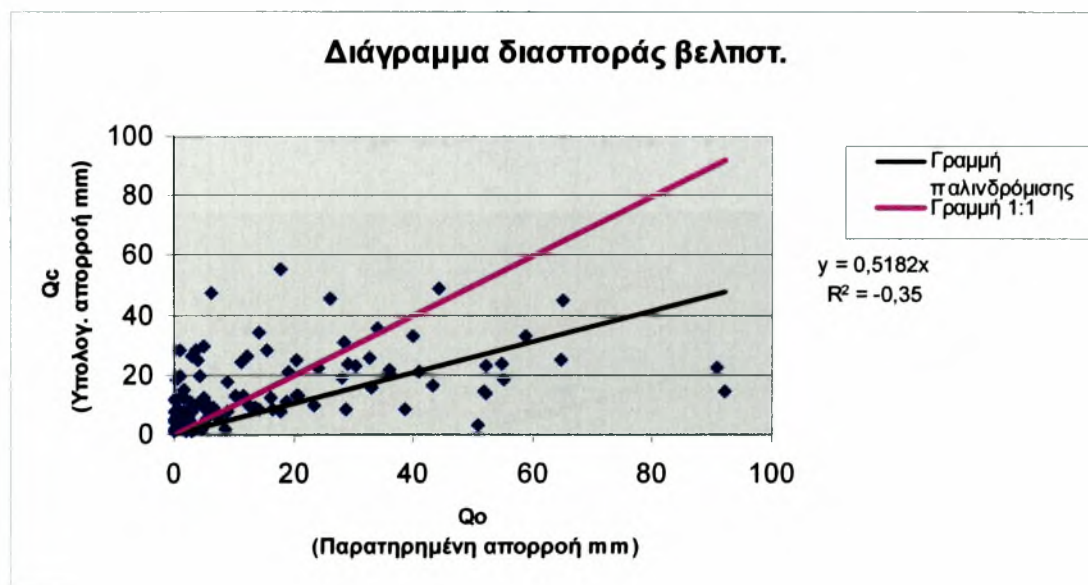


Σχήμα 2.68

Δ.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Γάβρος .

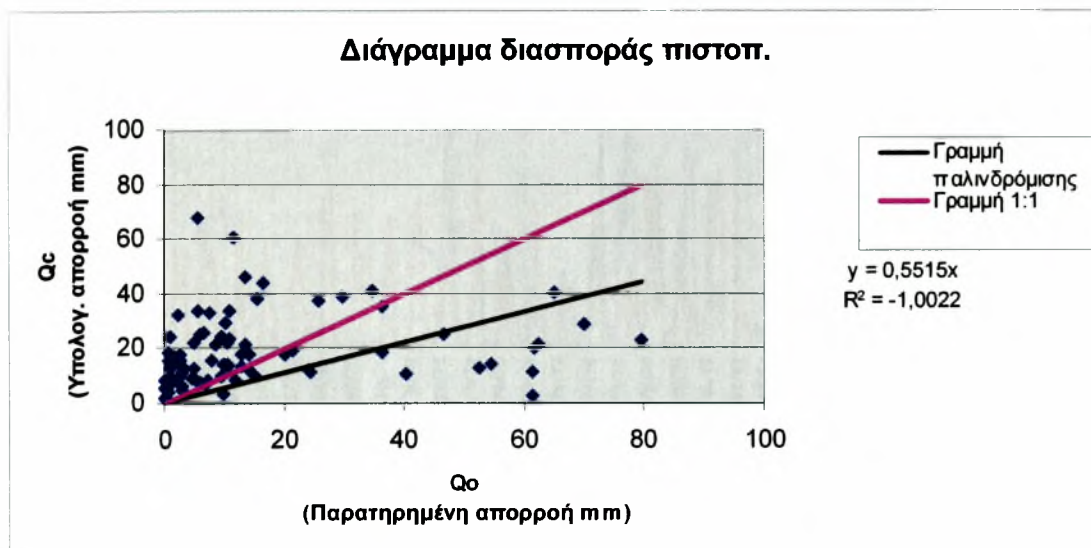


Σχήμα 2.69

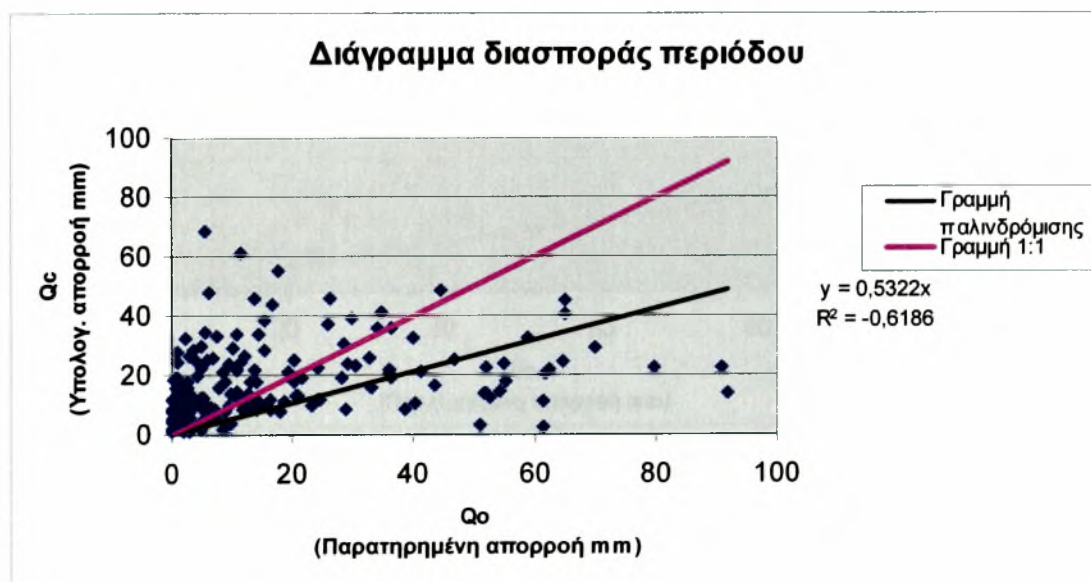


Σχήμα 2.70

Δ.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Γάβρος.

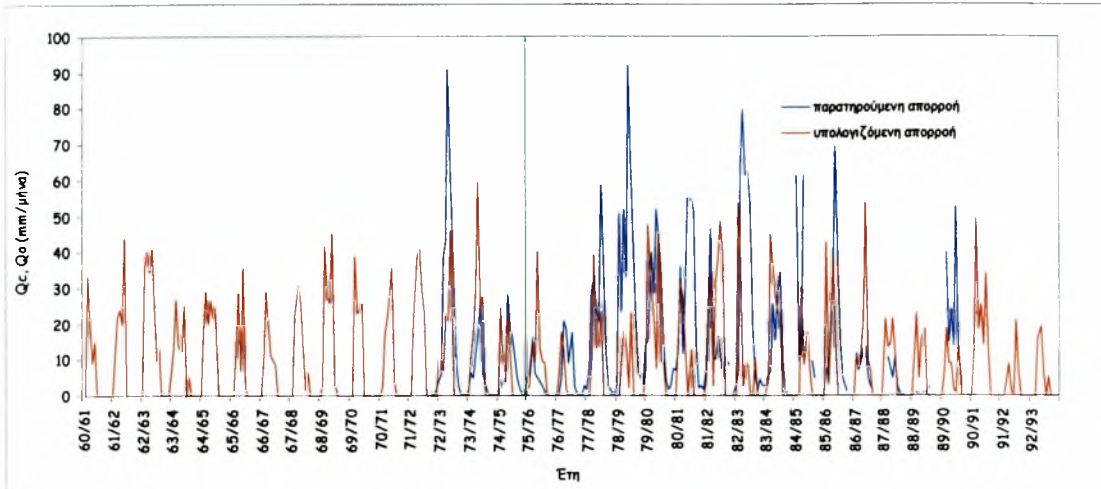


Σχήμα 2.71

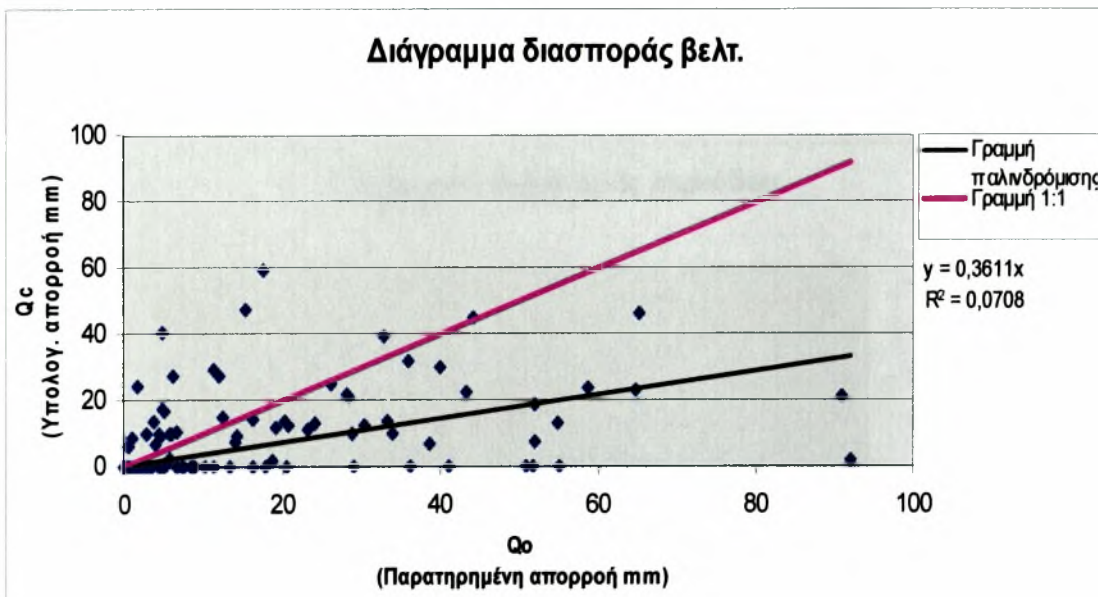


Σχήμα 2.72

Δ.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Γάβρος.

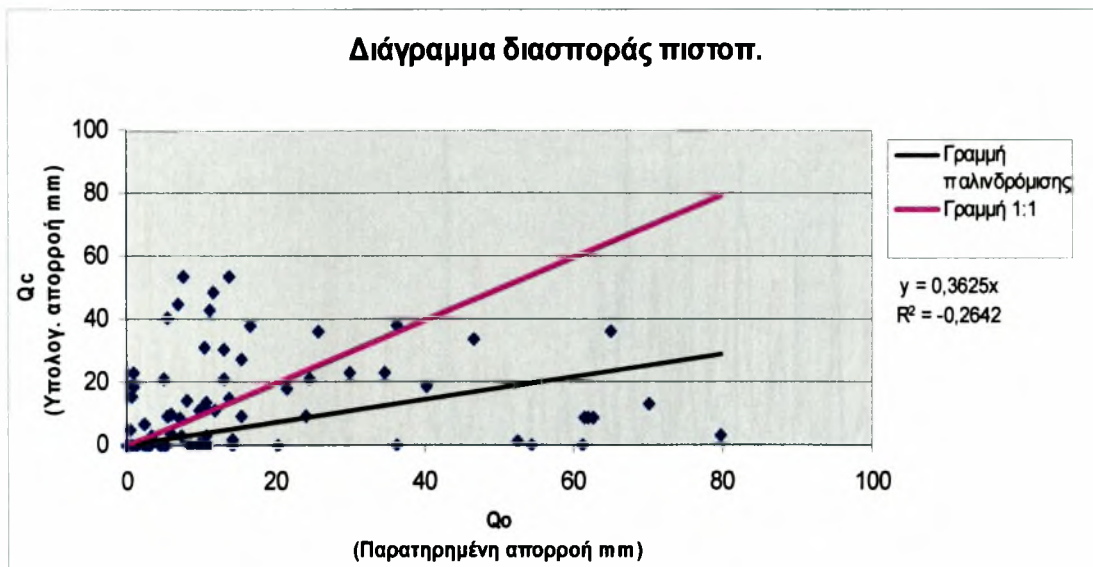


Σχήμα 2.73

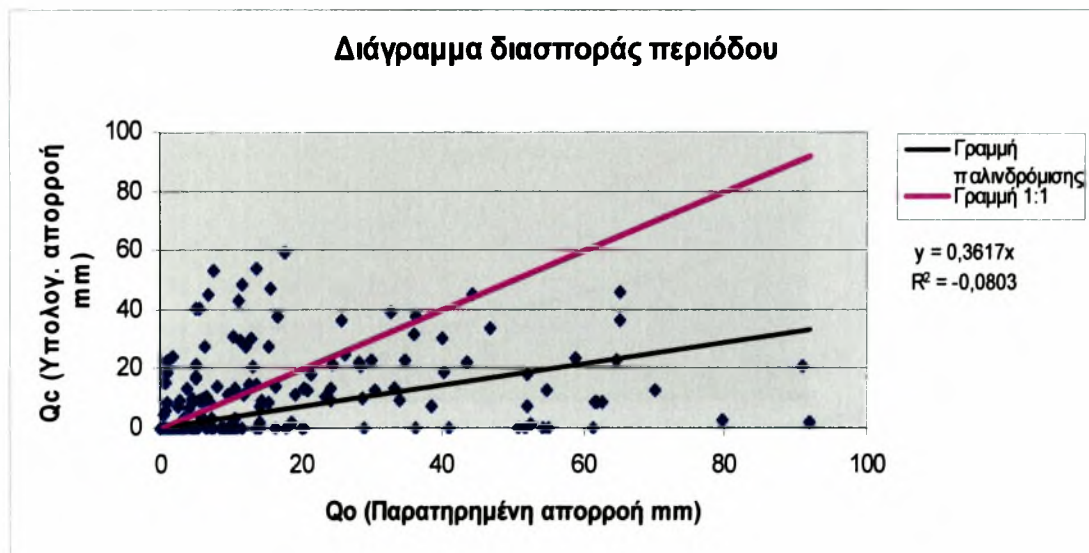


Σχήμα 2.74

Δ.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Γάβρος.

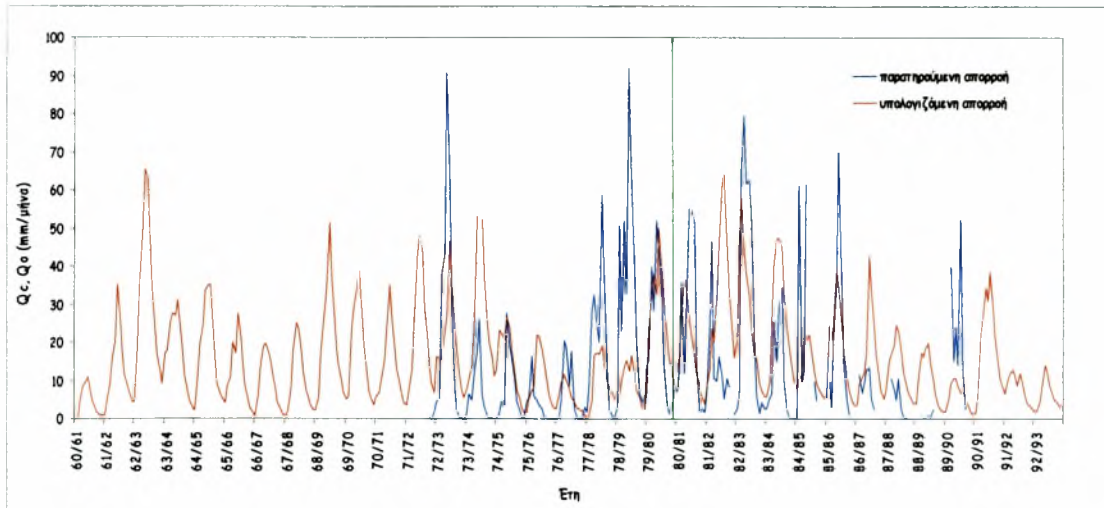


Σχήμα 2.75

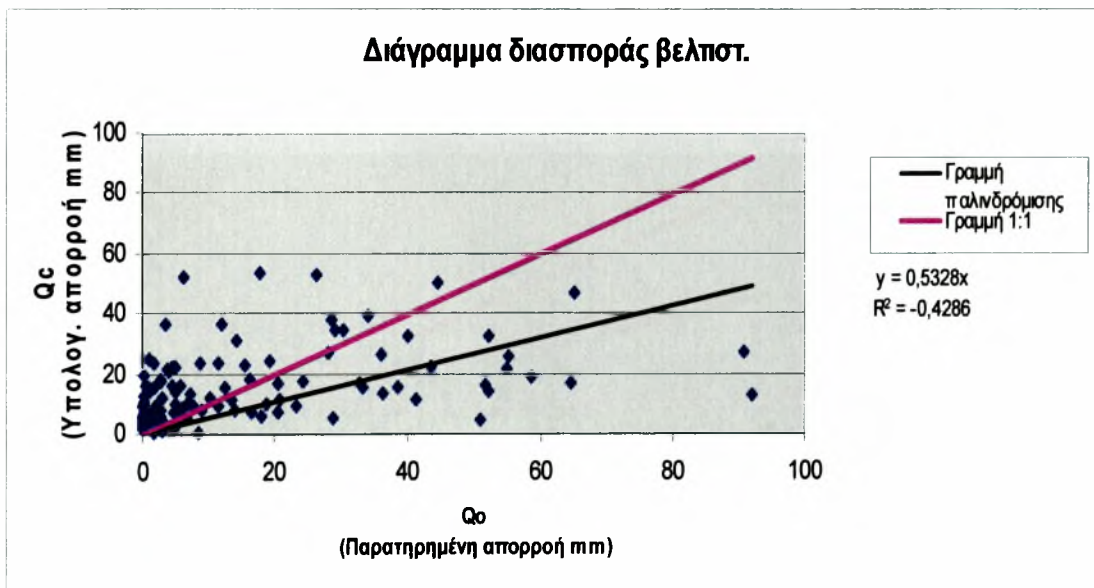


Σχήμα 2.76

Δ.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Xiong-Guo λεκάνη απορροής Γάβρος.

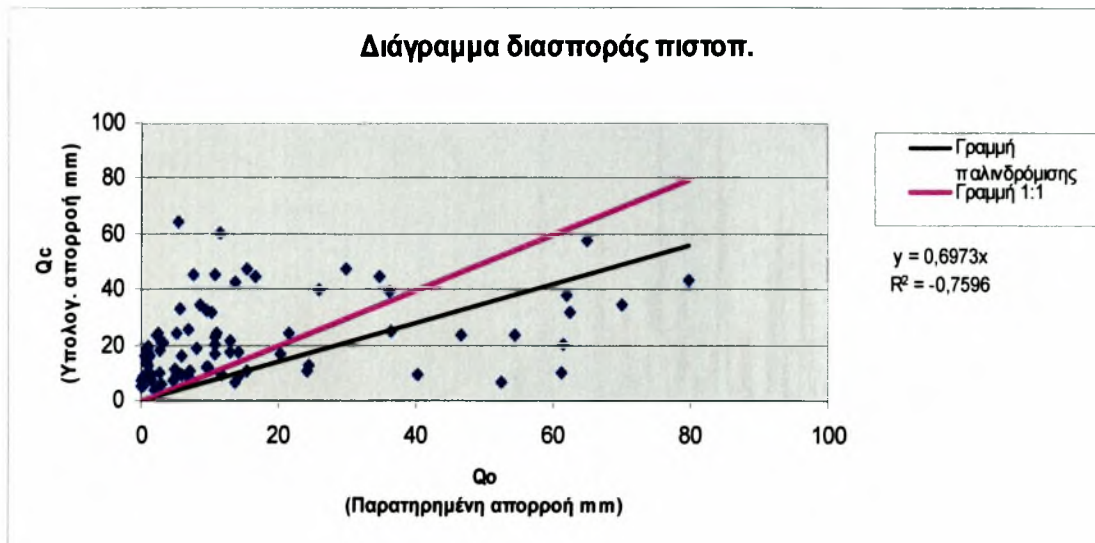


Σχήμα 2.77

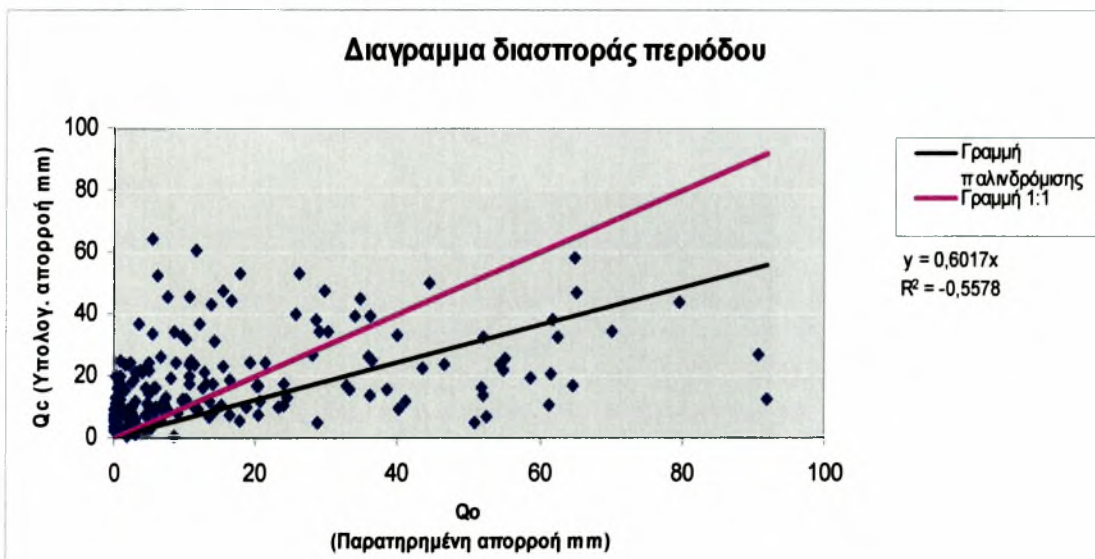


Σχήμα 2.78

Δ.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Χιον- Γυο λεκάνη απορροής Γάβρος.

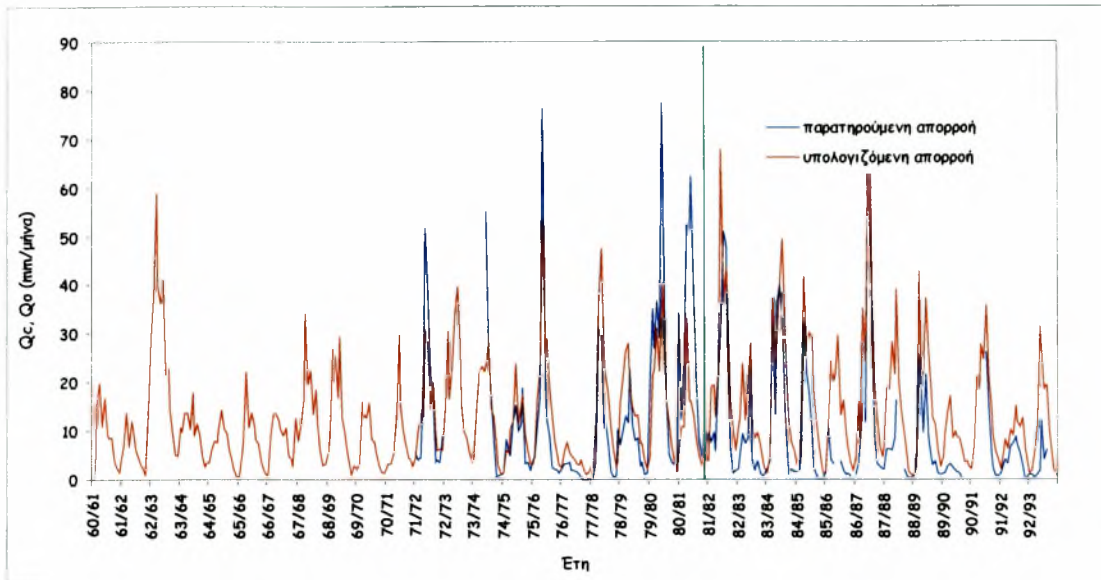


Σχήμα 2.79

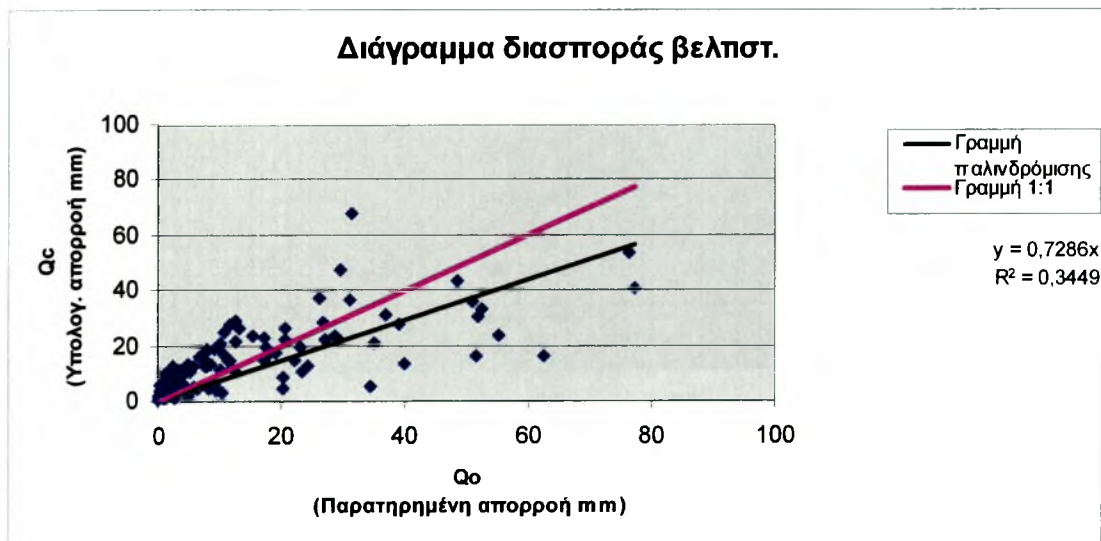


Σχήμα 2.80

Ε.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1972 έως Σεπτέμβριο 1982 για το μοντέλο Abuiohom λεκάνη απορροής Σκοπιά .

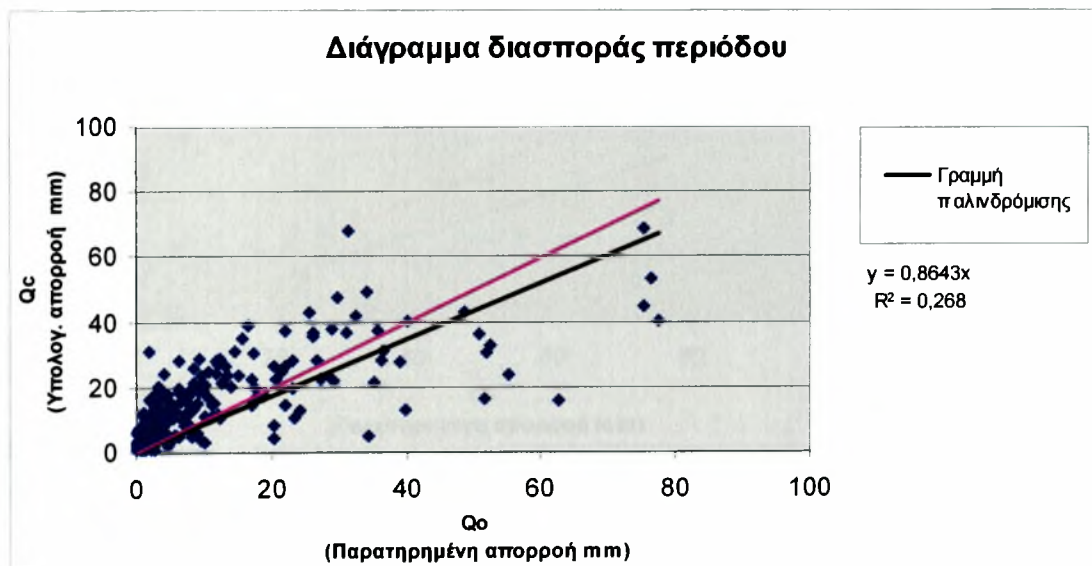
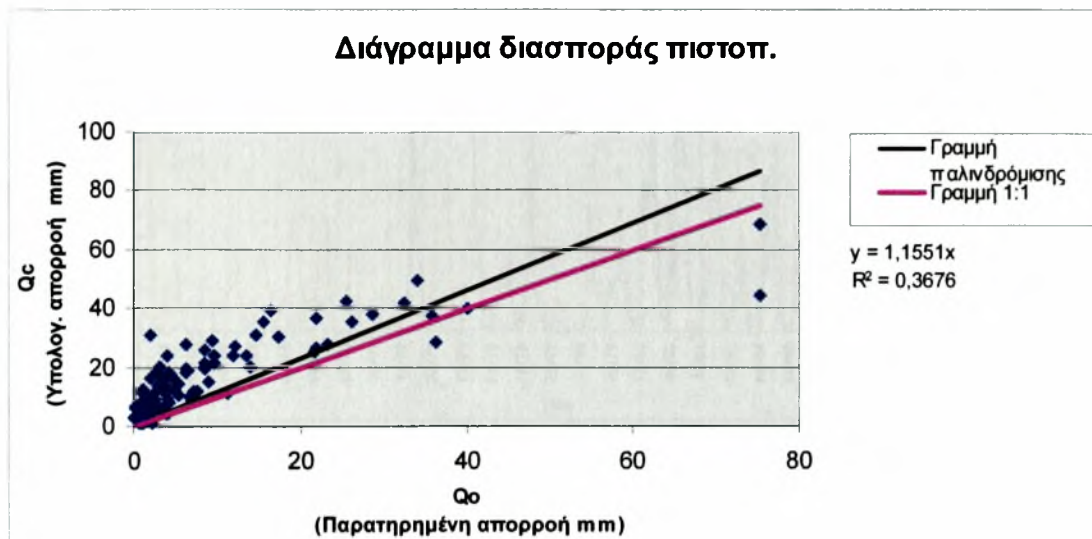


Σχήμα 2.81

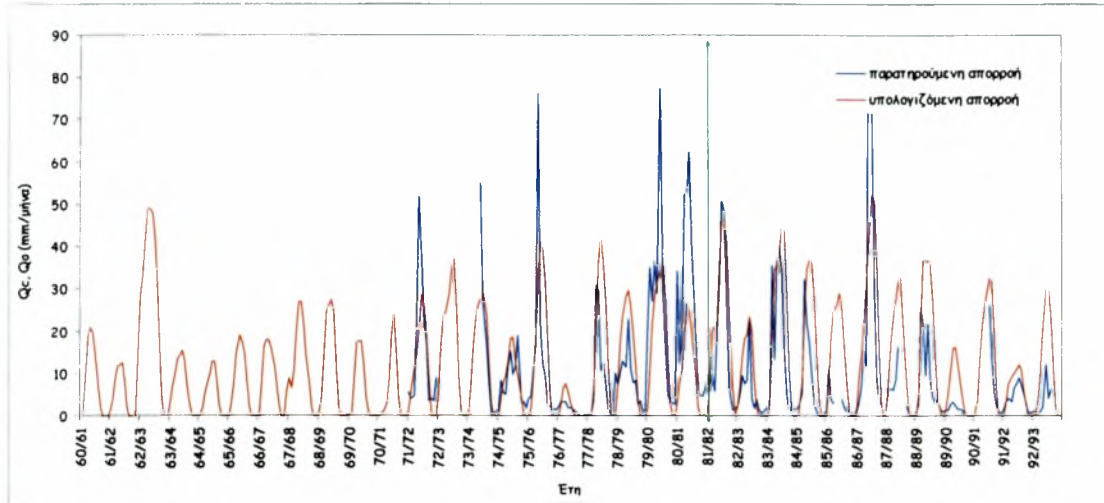


Σχήμα 2.81

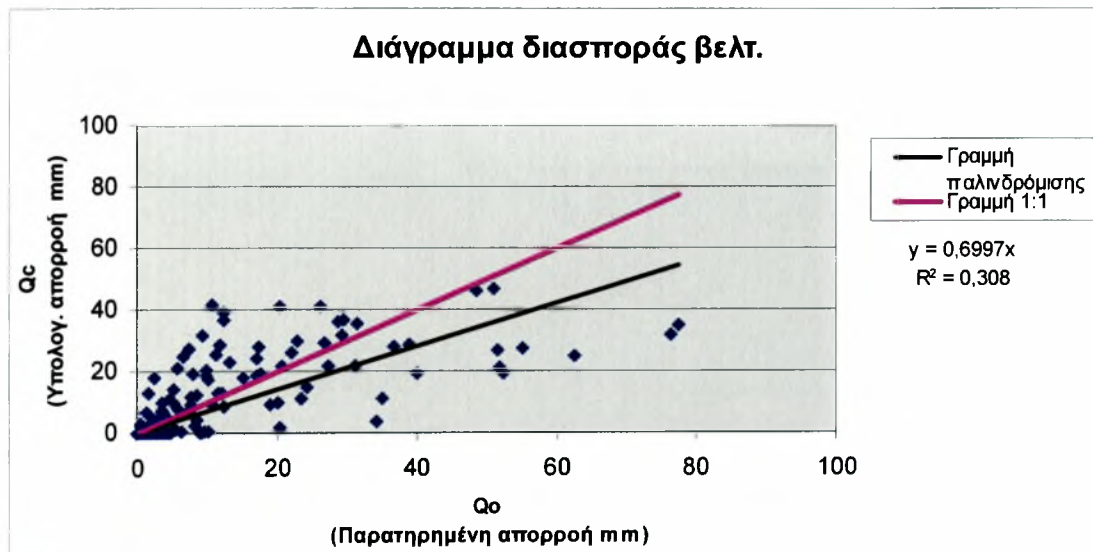
Ε.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1982 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Σκοπιά .



Ε.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1972 έως Σεπτέμβριο 1982 για το μοντέλο Loukas Λεκάνη απορροής Σκοπιά .

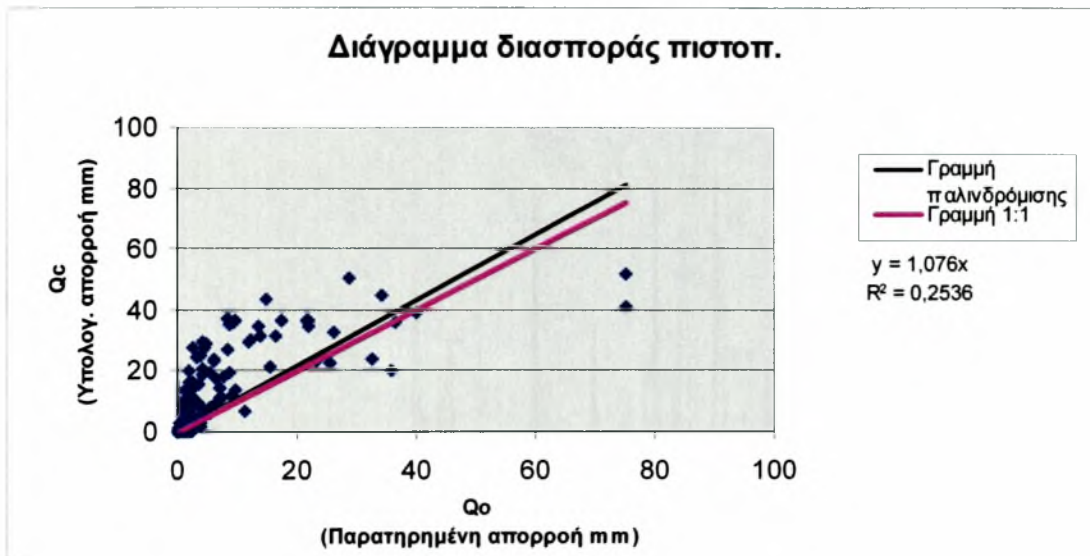


Σχήμα 2.85

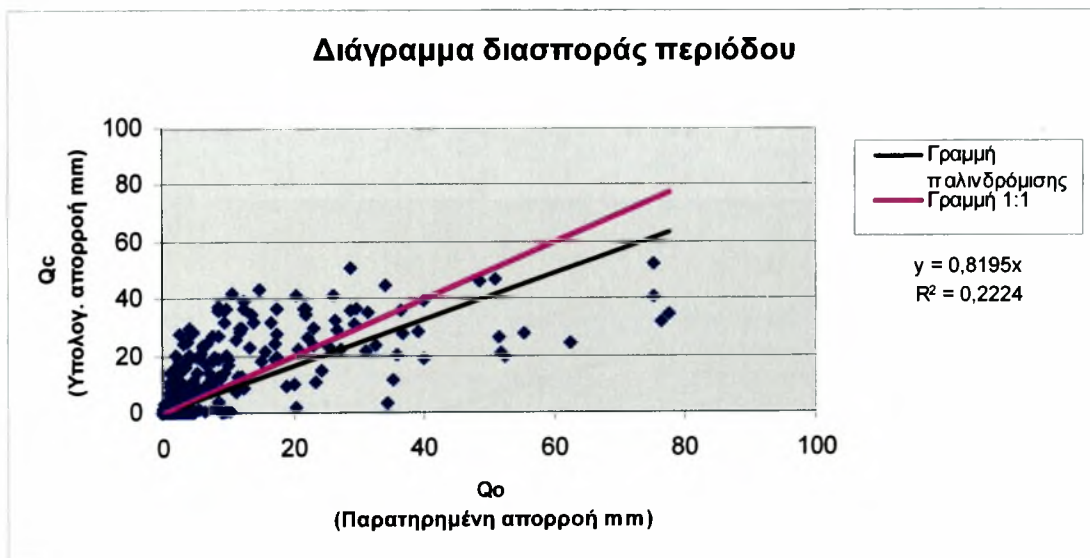


Σχήμα 2.86

Ε.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1982 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Σκοτία .

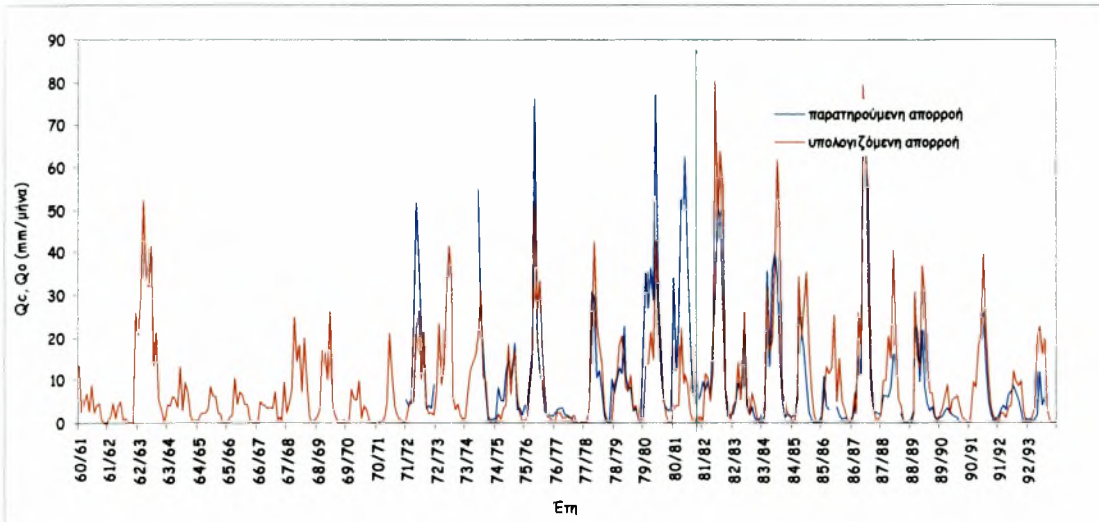


Σχήμα 2.87

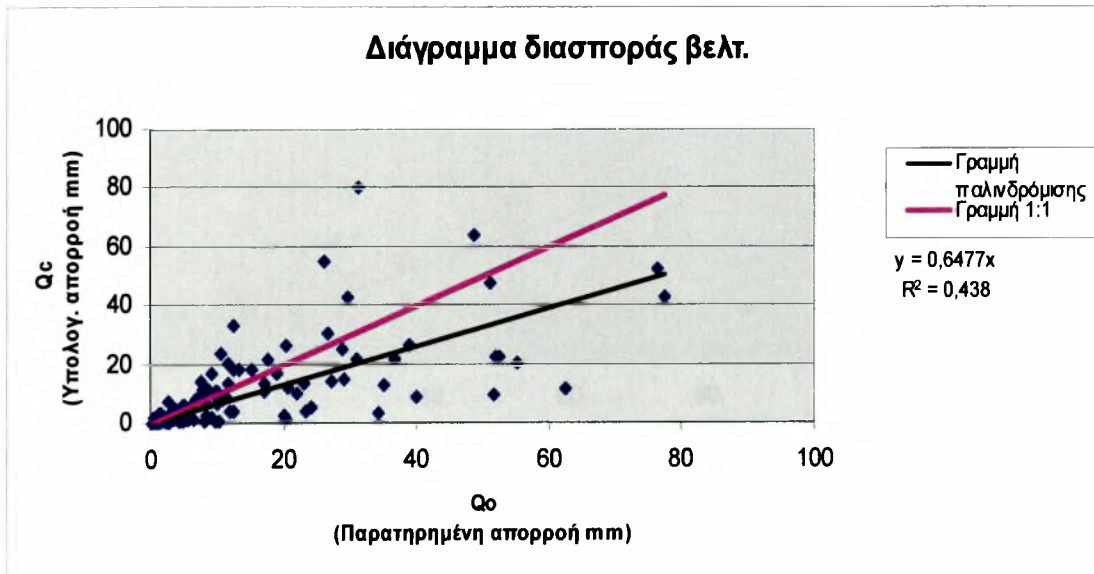


Σχήμα 2.88

Ε.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1972 έως Σεπτέμβριο 1982 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Σκοπιά .

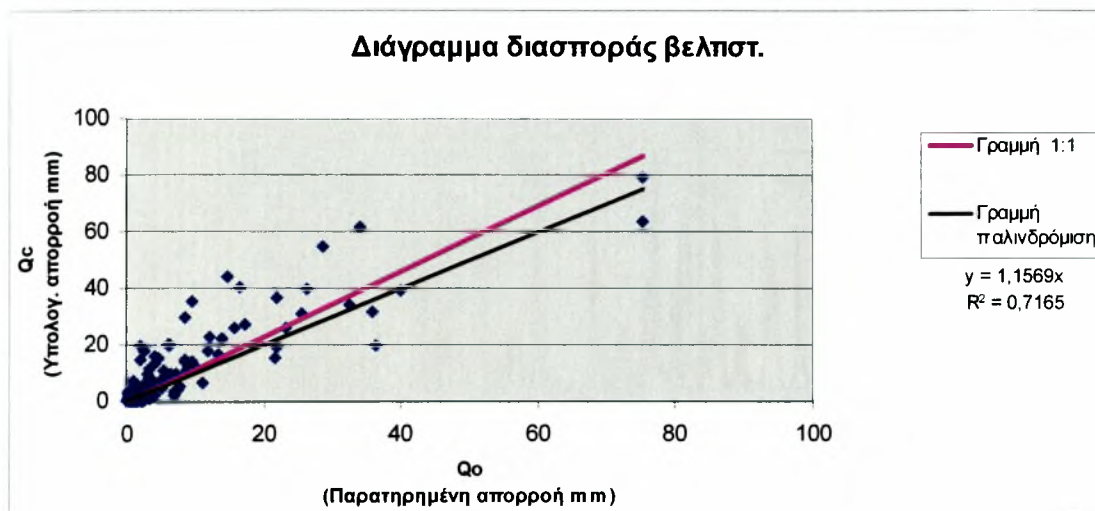


Σχήμα 2.89

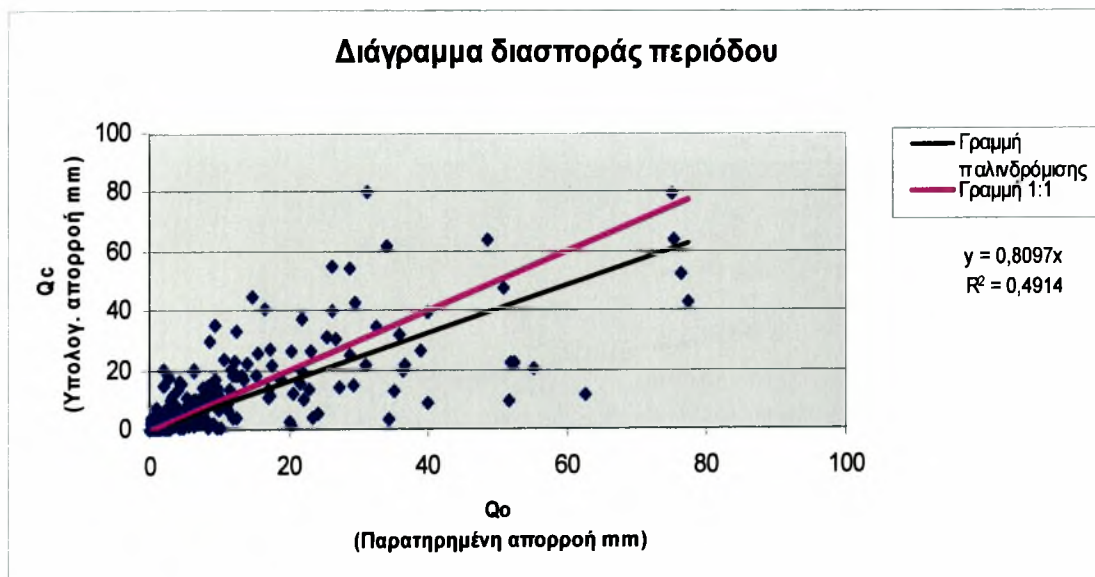


Σχήμα 2.90

Ε.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1982 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Σκοπιά .

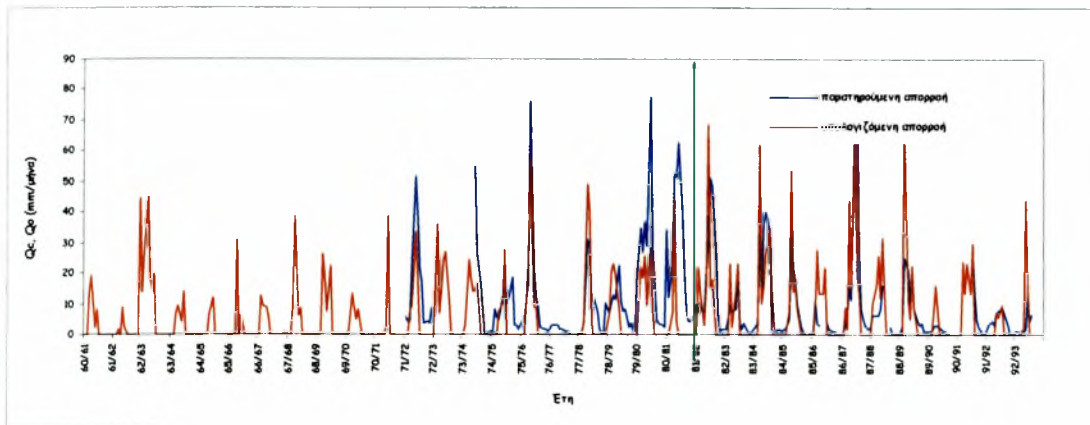


Σχήμα 2.91

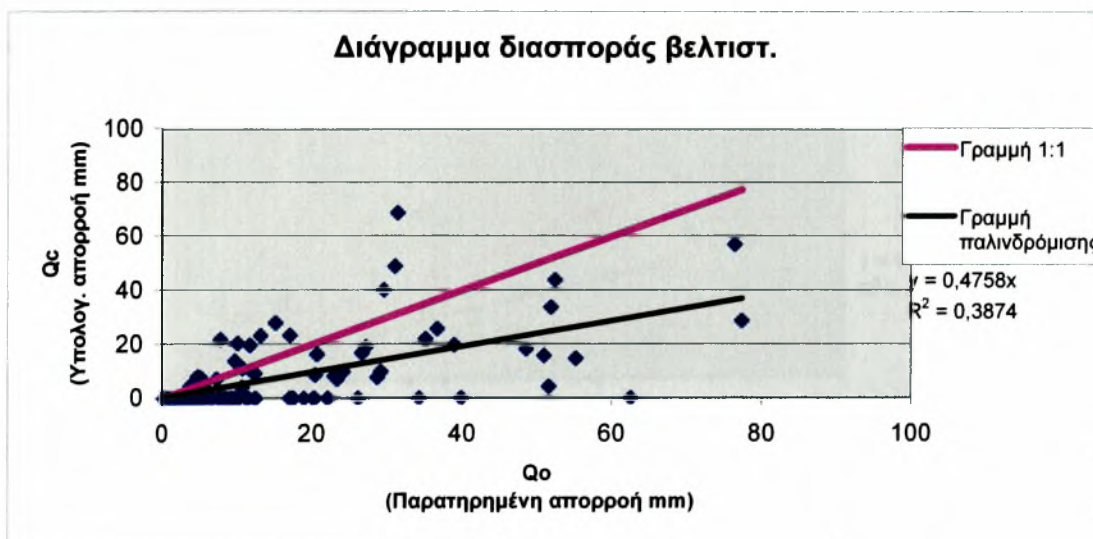


Σχήμα 2.92

Ε.7 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1982 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Σκοπιά .

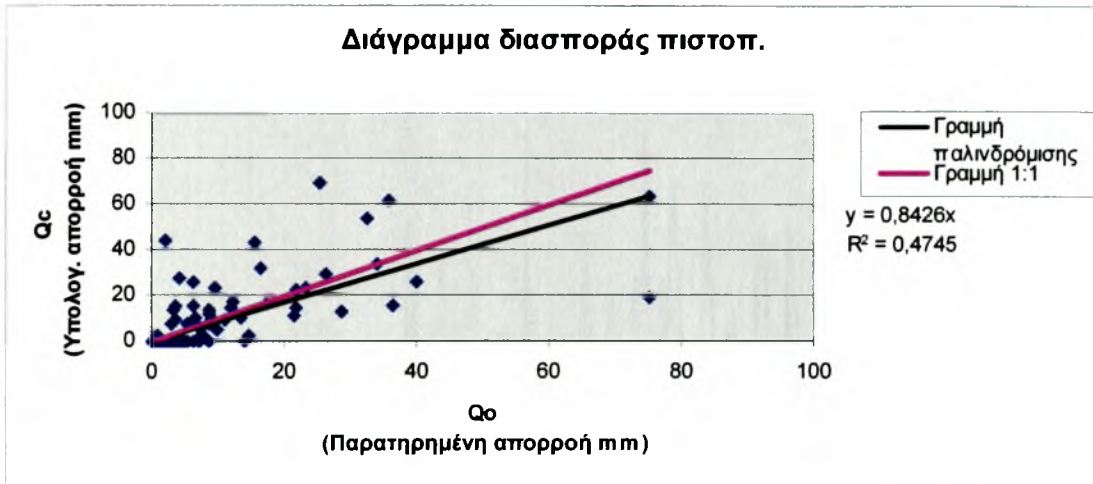


Σχήμα 2.93

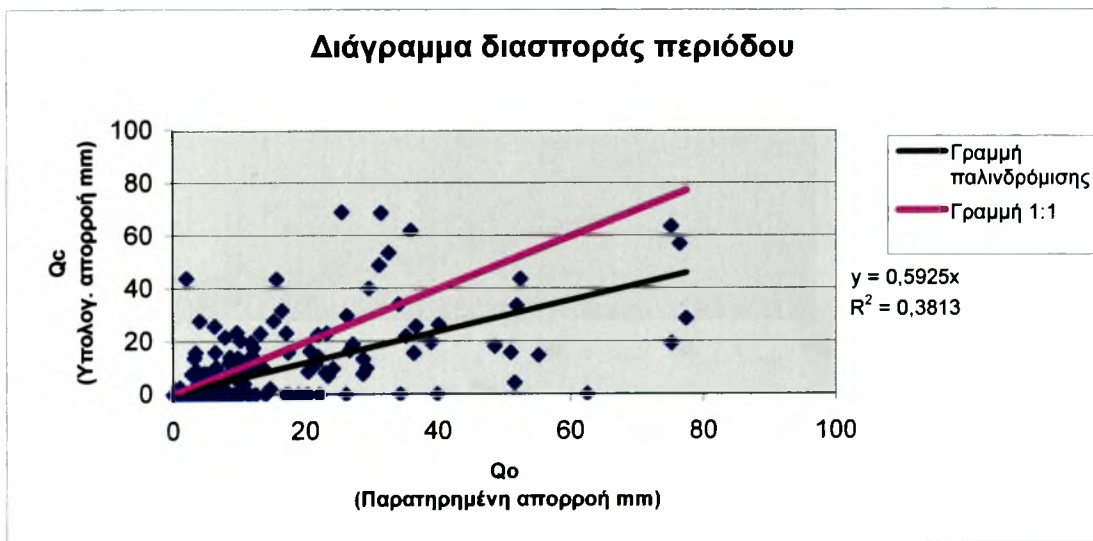


Σχήμα 2.94

Ε.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1982 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Γιακουμακίς λεκάνη απορροής Σκοπιά .

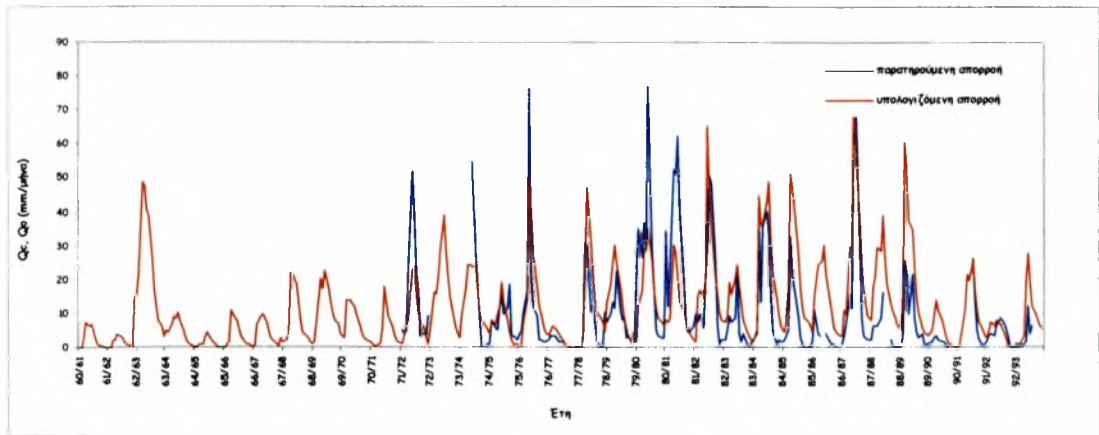


Σχήμα 2.95

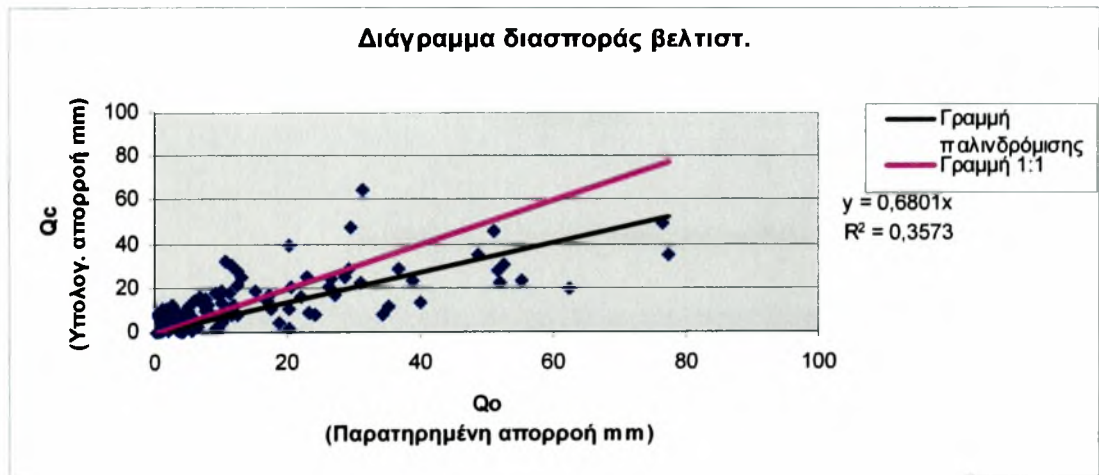


Σχήμα 2.96

Ε.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1972 έως Σεπτέμβριο 1982 για το μοντέλο Χιονο-Γουο λεκάνη απορροής Σκοπιά .

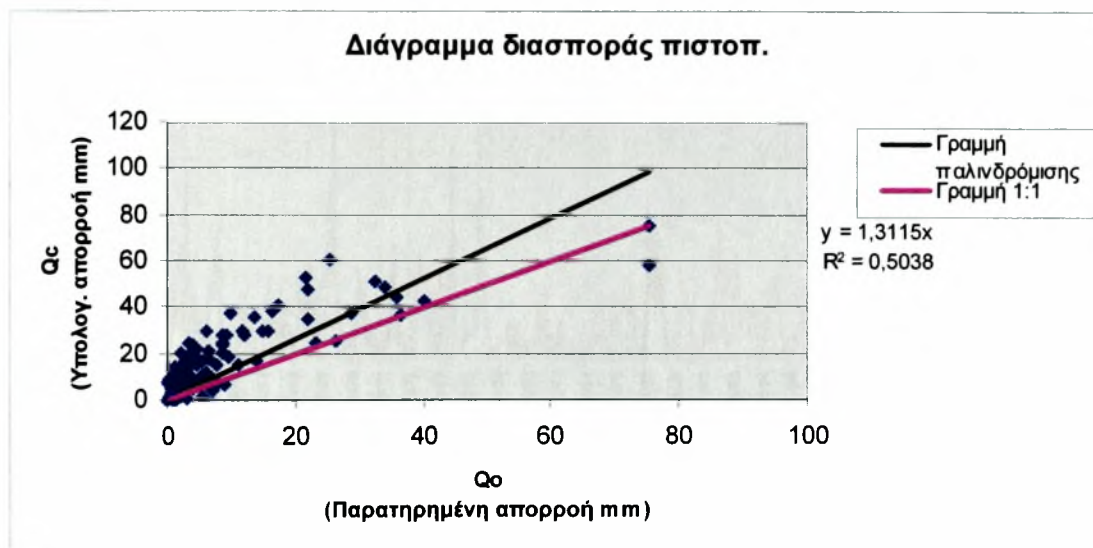


Σχήμα 2.97

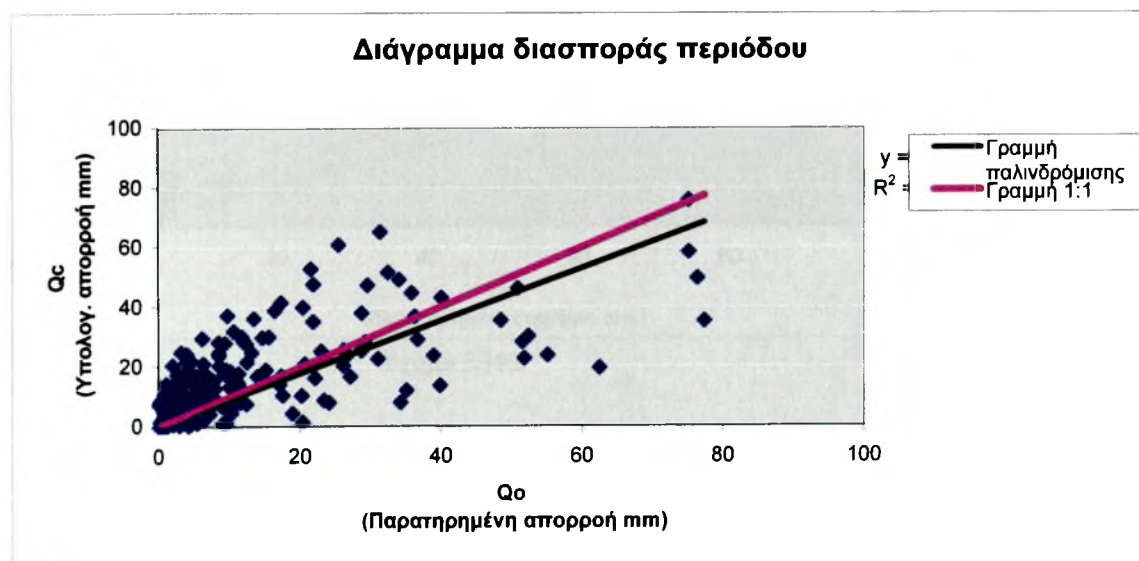


Σχήμα 2.98

Ε.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1982 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Χιονο-Γουο λεκάνη απορροής Σκοπιά .

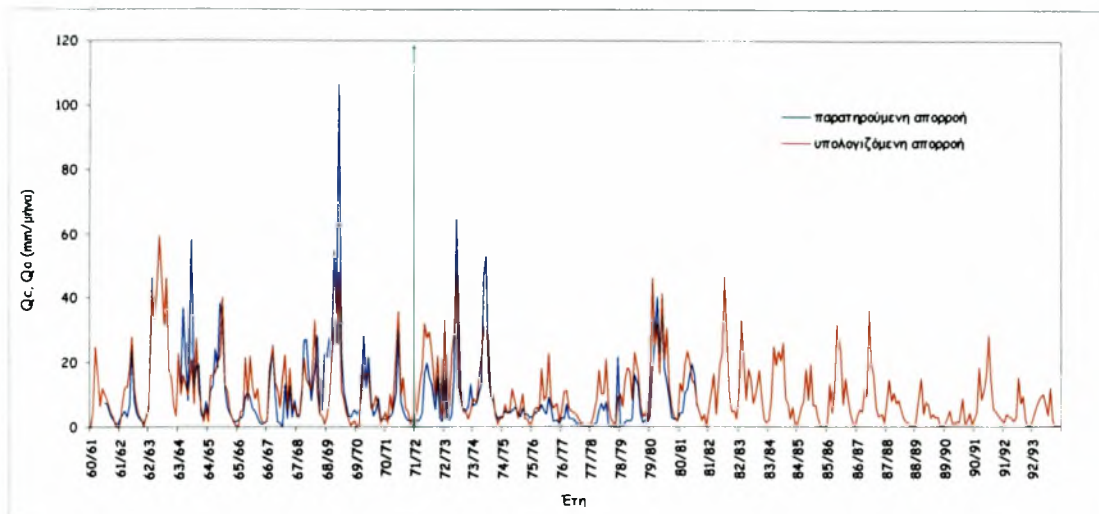


Σχήμα 2.99

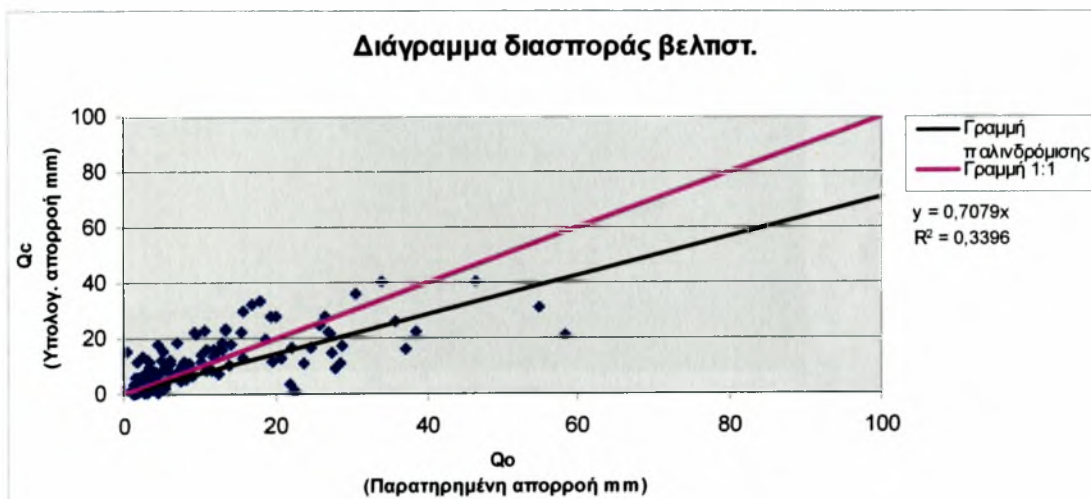


Σχήμα 2.100

ΣΤ.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.

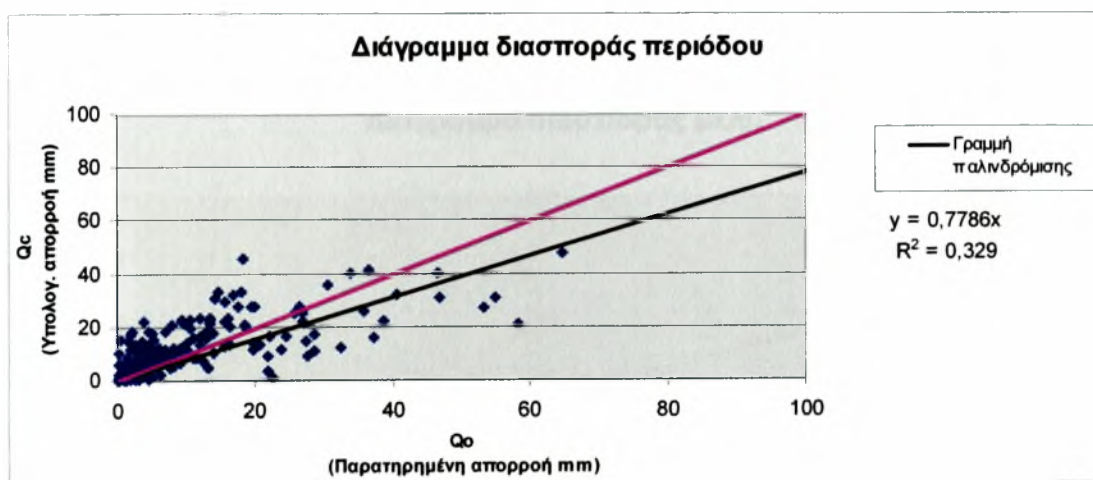
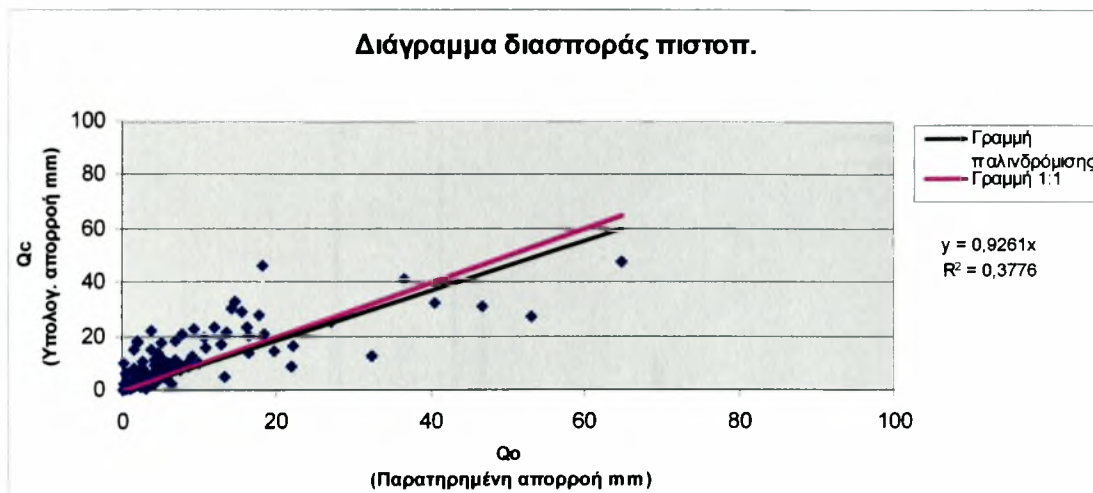


Σχήμα 2.101

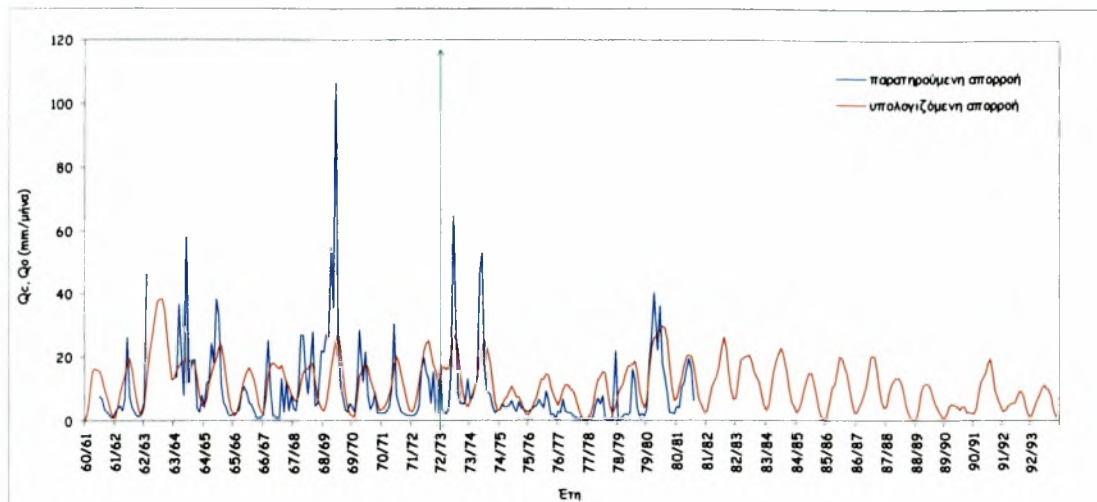


Σχήμα 2.102

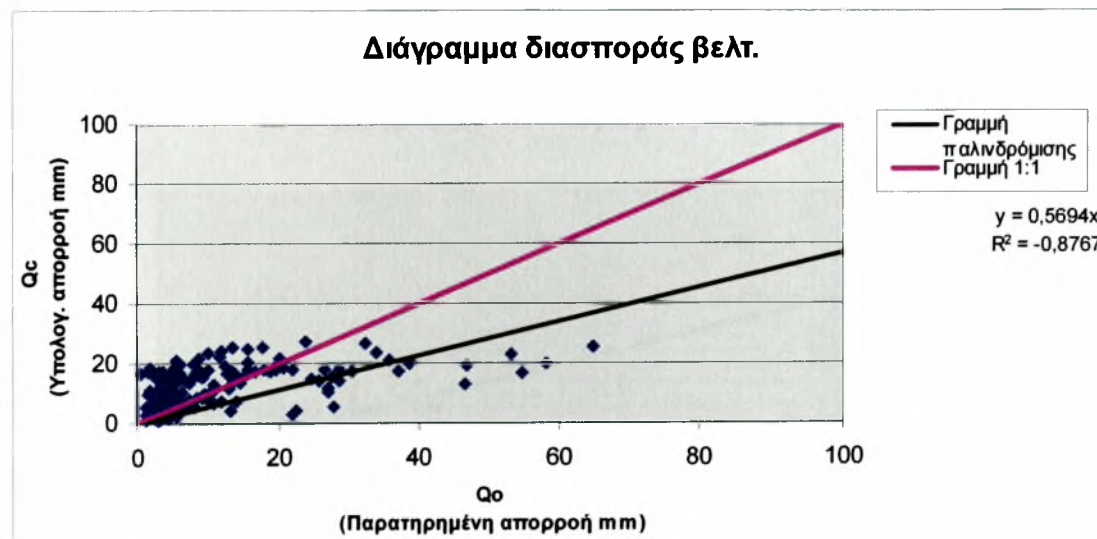
ΣΤ.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.



ΣΤ.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.

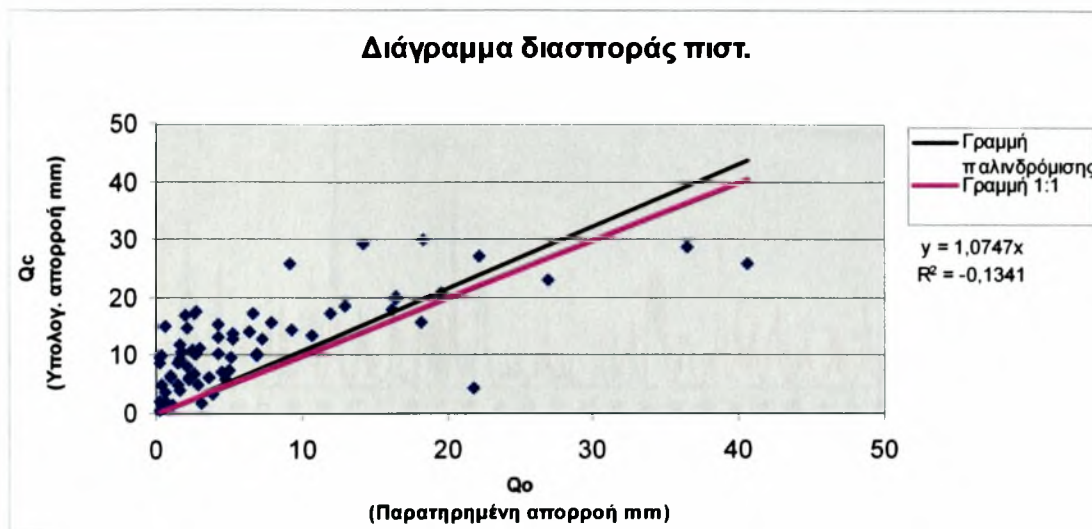


Σχήμα 2.105

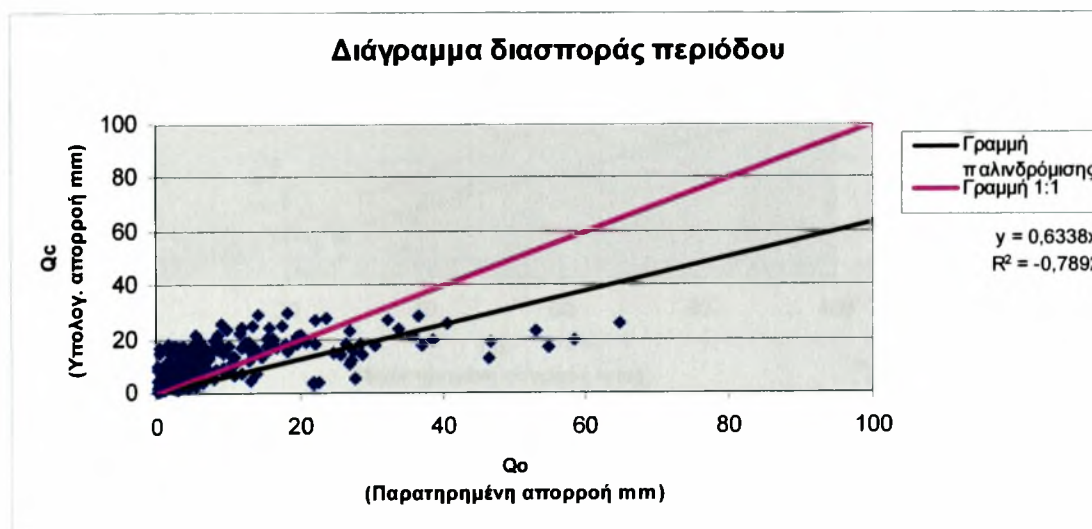


Σχήμα 2.106

ΣΤ.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.

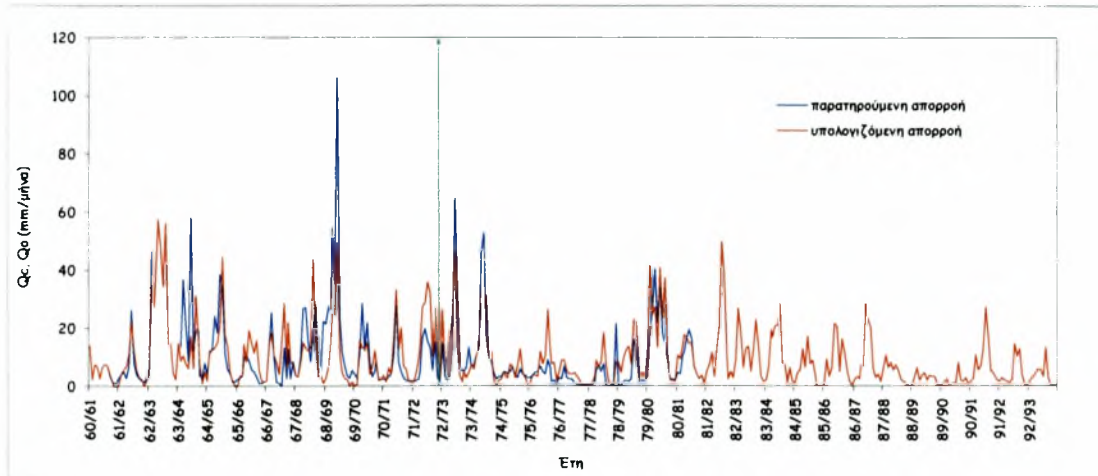


Σχήμα 2.107

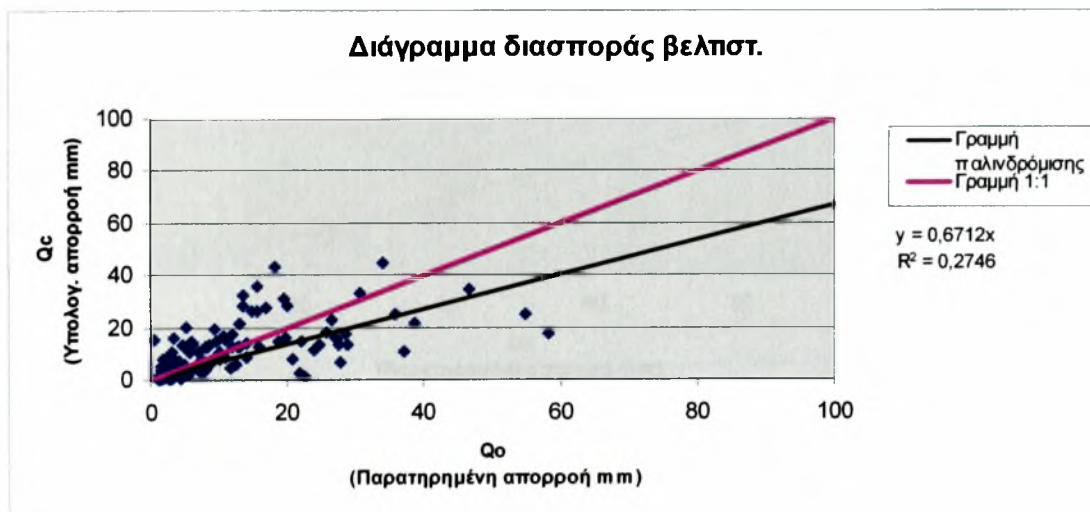


Σχήμα 2.108

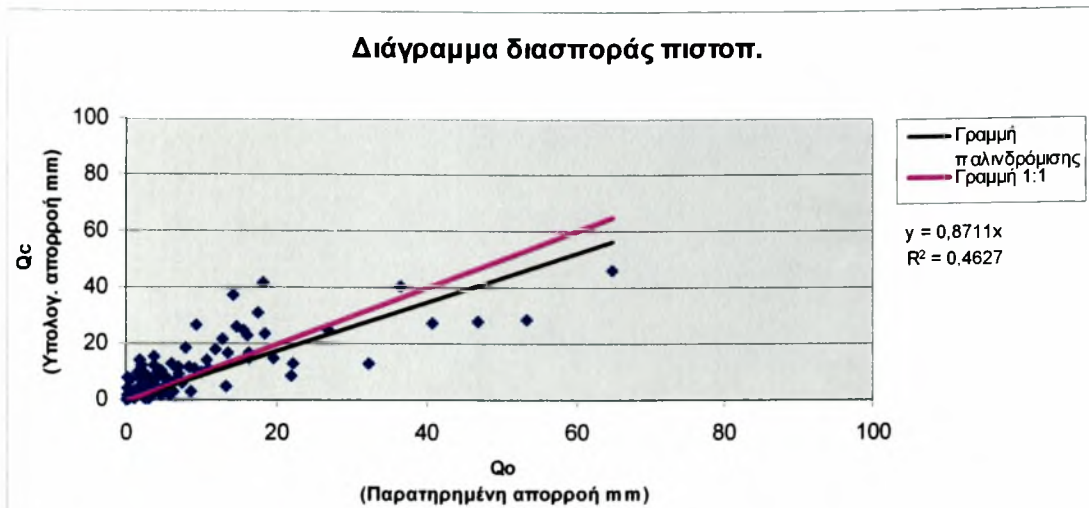
ΣΤ.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.



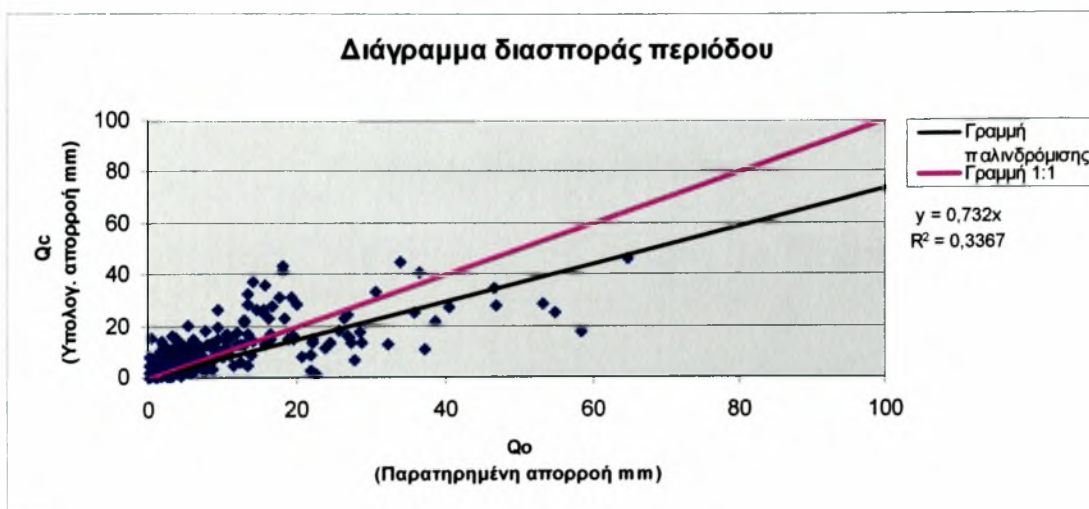
Σχήμα 2.109



ΣΤ.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.

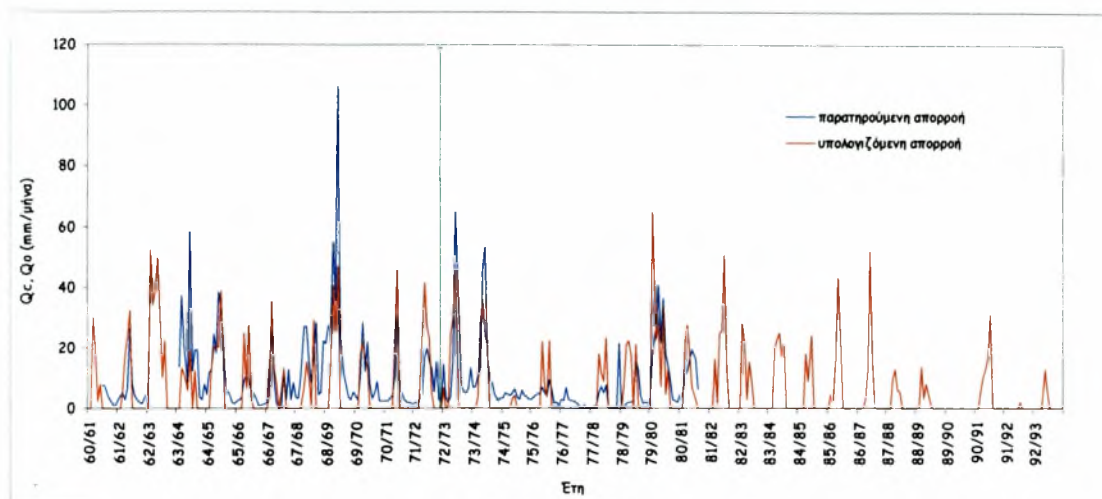


Σχήμα 2.111

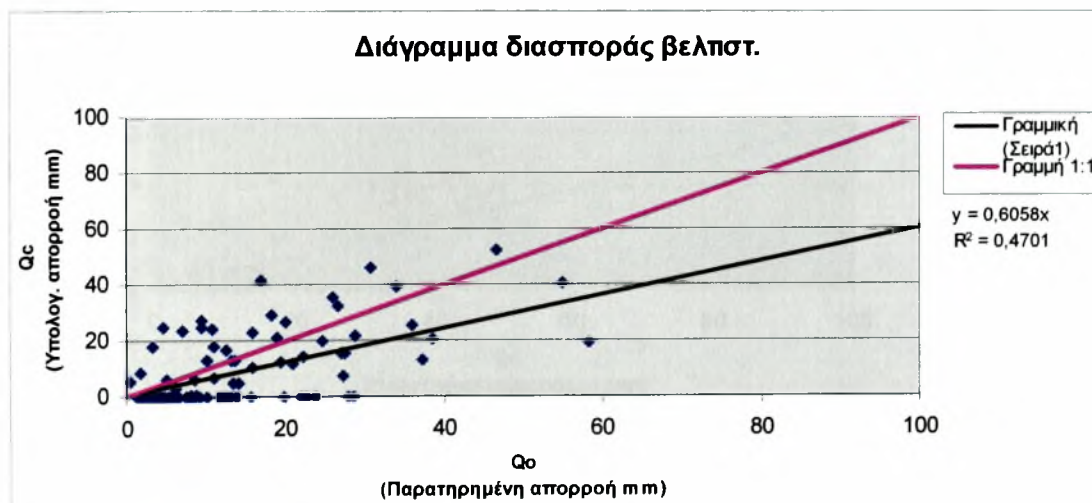


Σχήμα 2.112

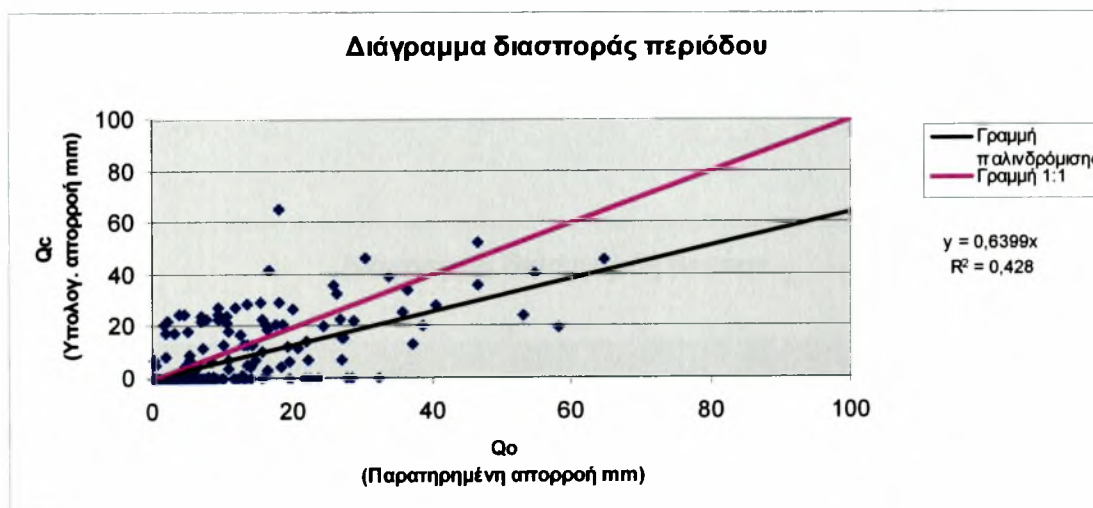
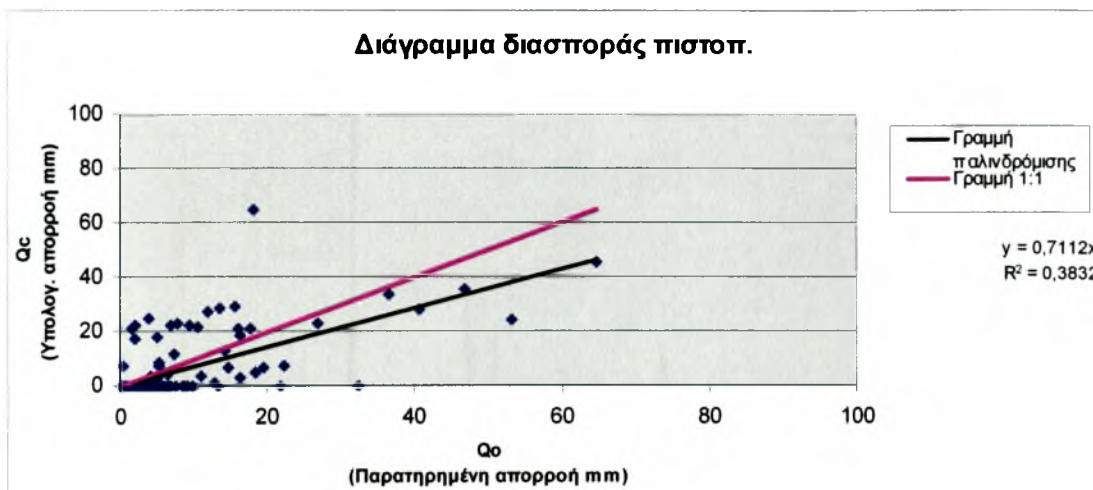
ΣΤ.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.



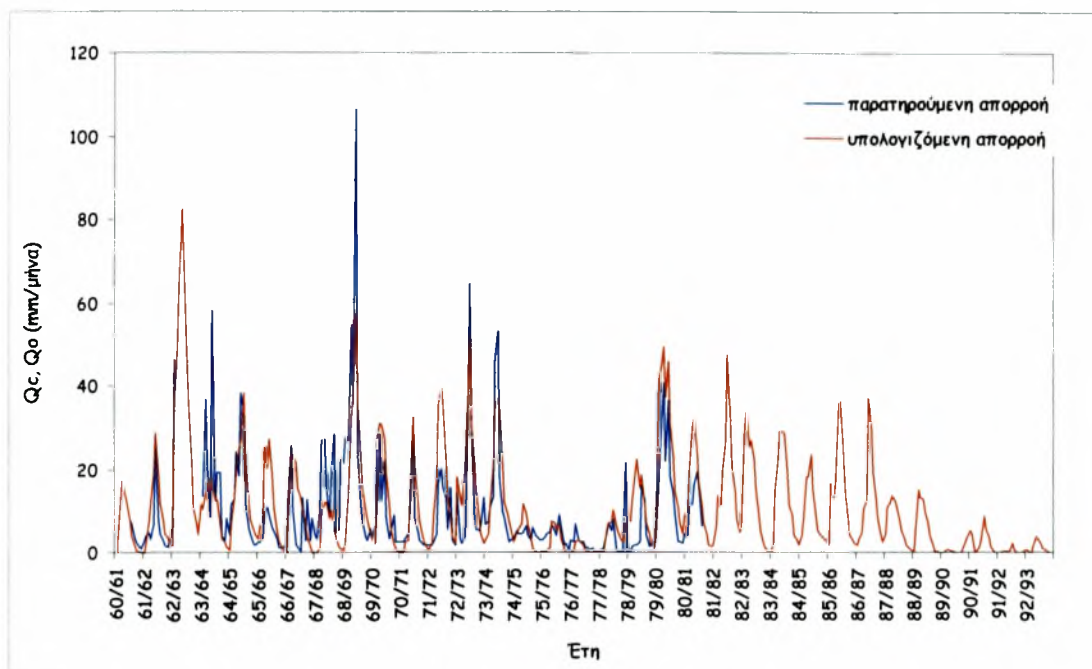
Σχήμα 2.113



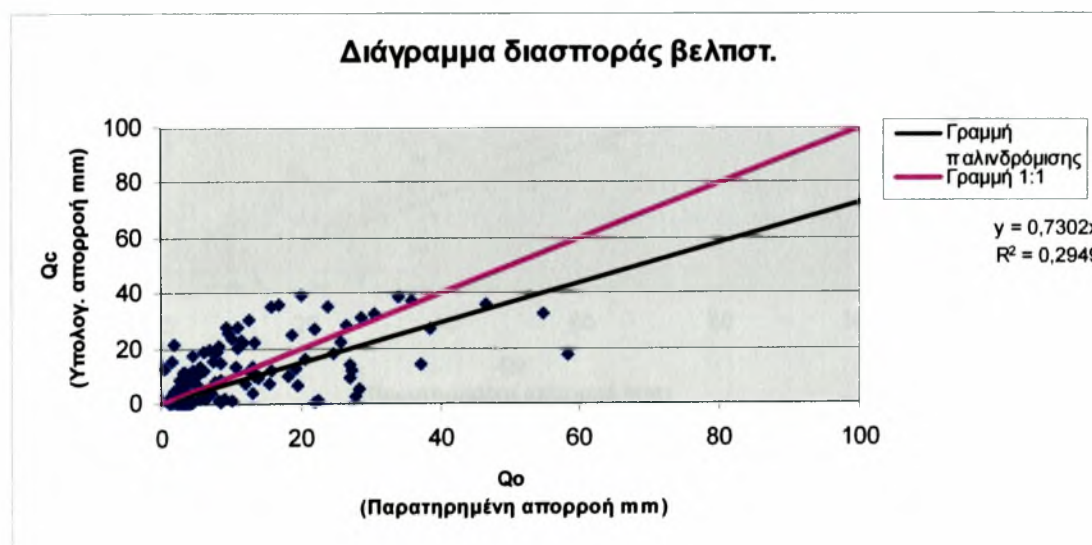
ΣΤ.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Γιακουμακίς λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.



ΣΤ.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Χιονο-Γυο λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.

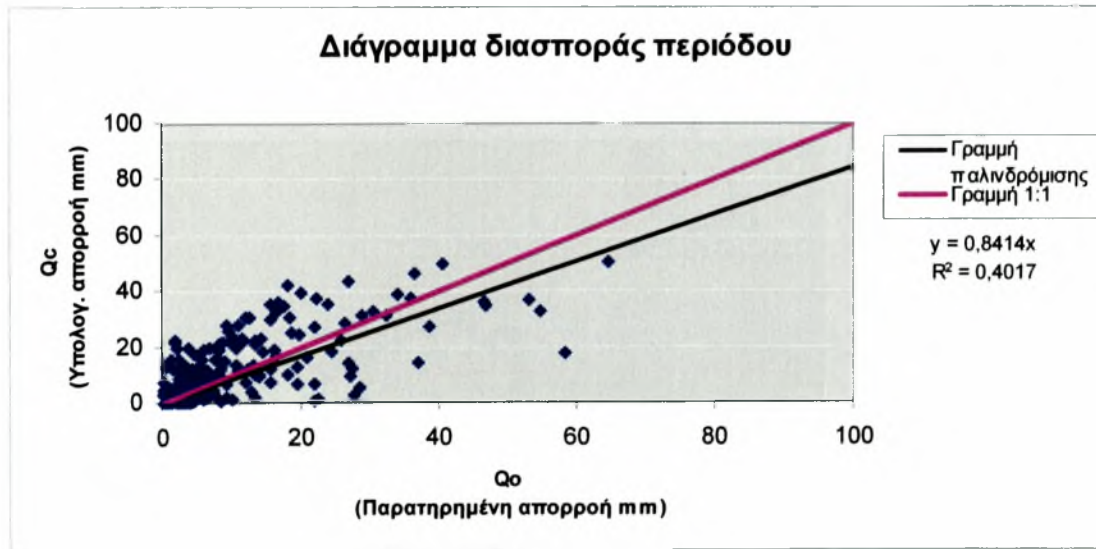
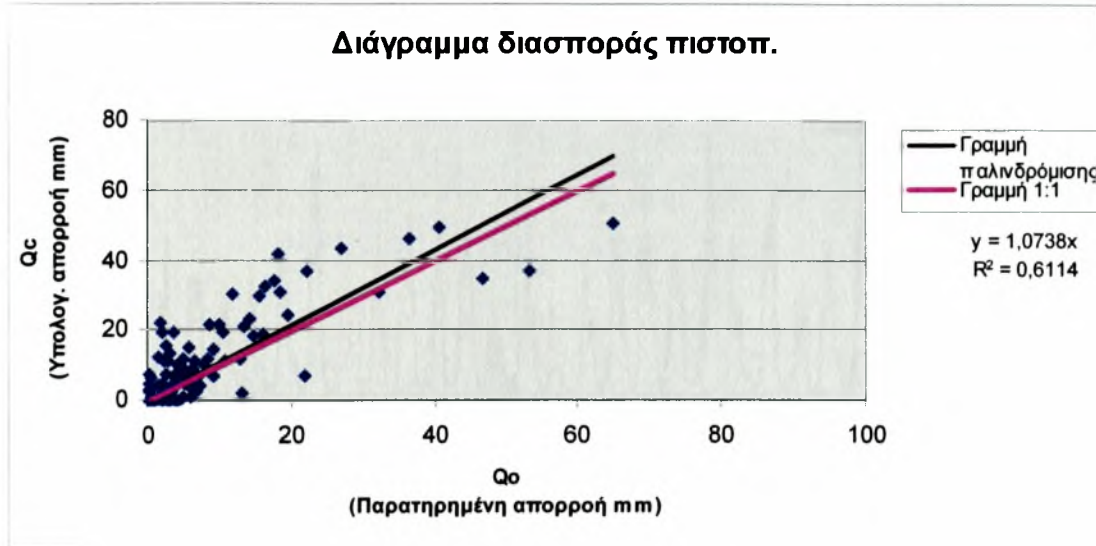


Σχήμα 2.117

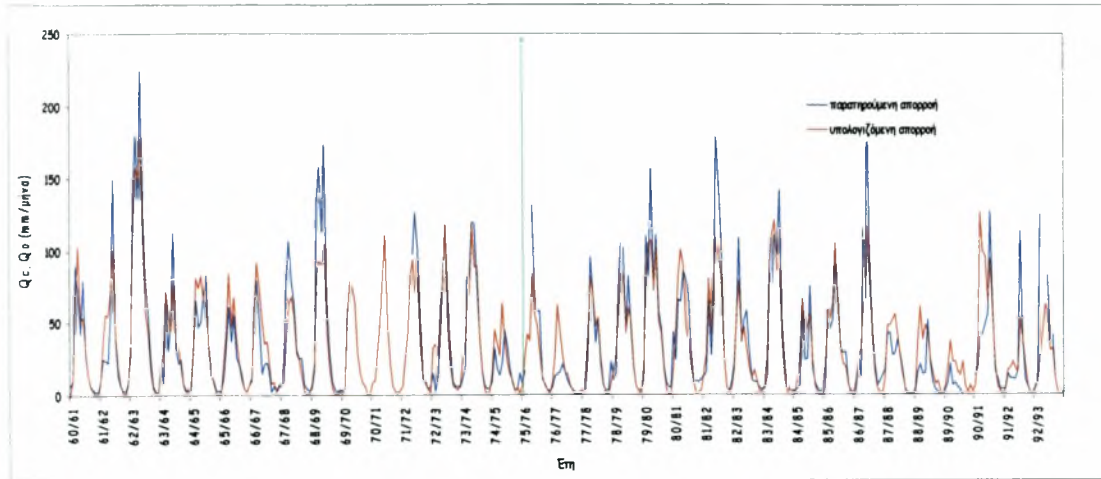


Σχήμα 2.118

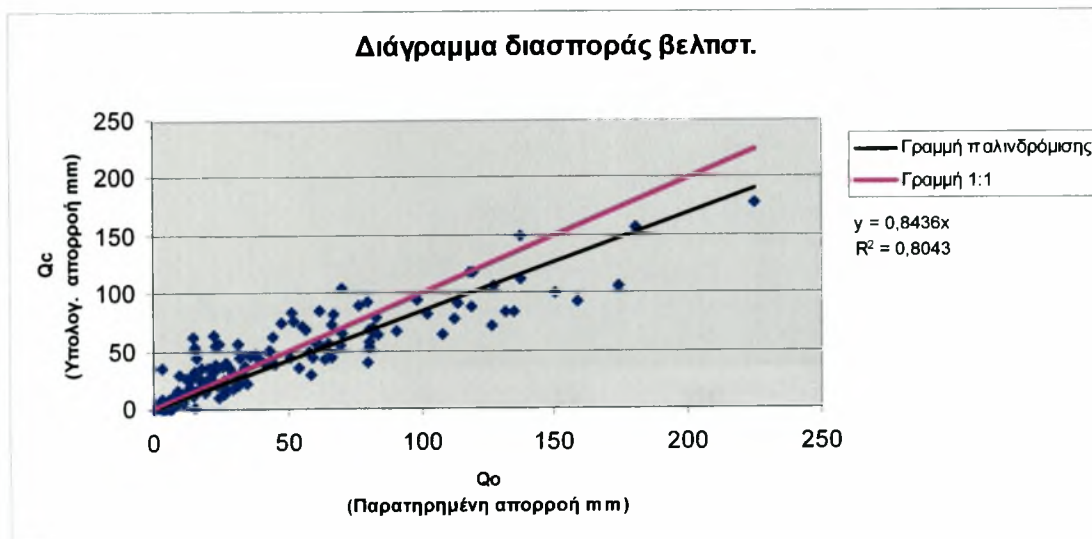
ΣΤ.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Xiong-Guo λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.



2.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

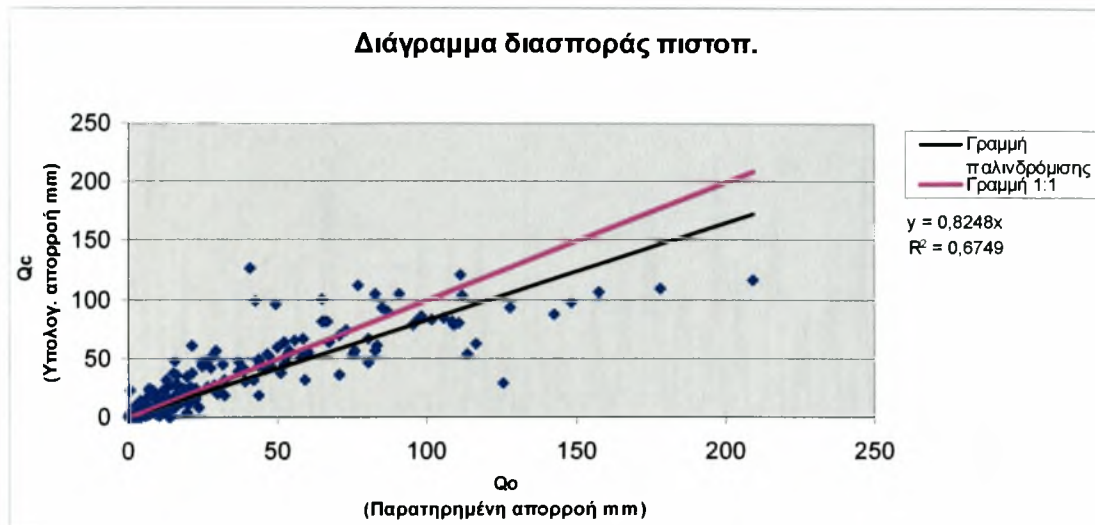


Σχήμα 2.121

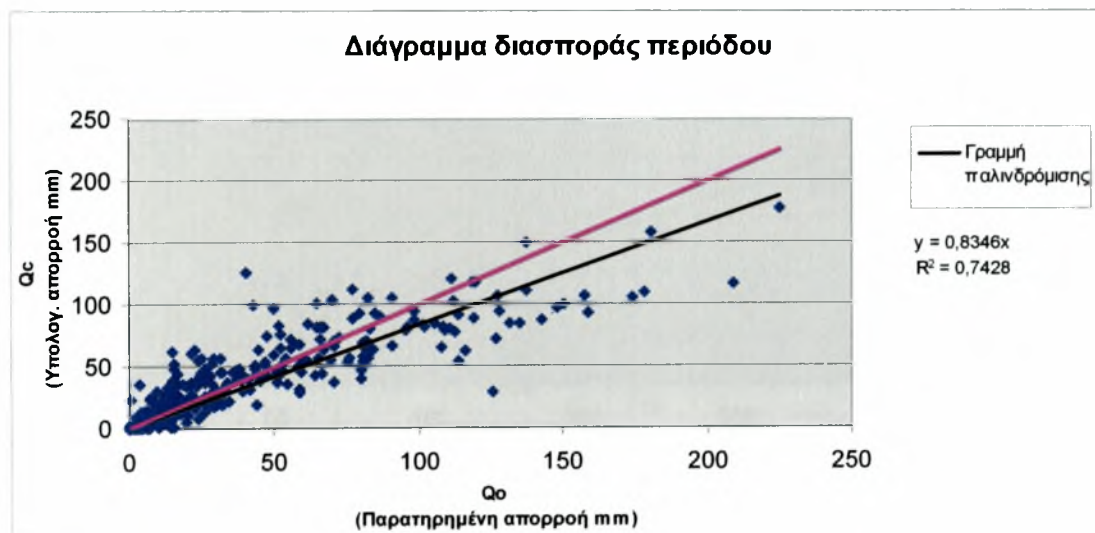


Σχήμα 2.122

Ζ.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

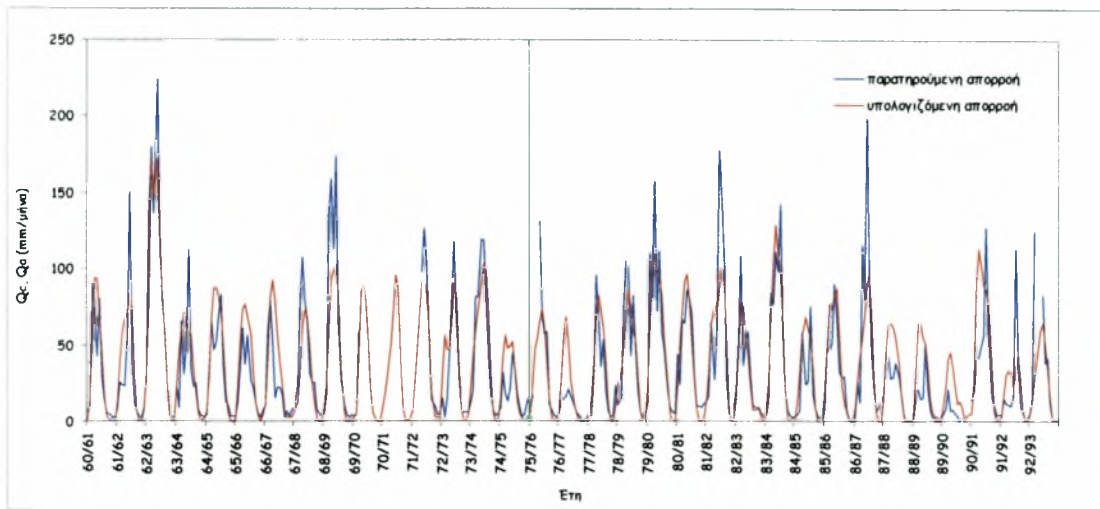


Σχήμα 2.123

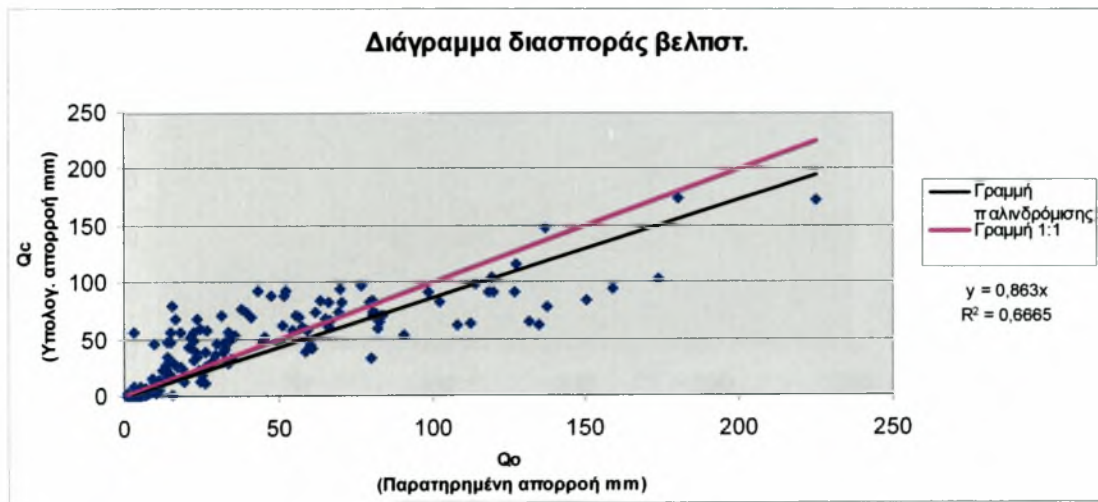


Σχήμα 2.124

2.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Lukas λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

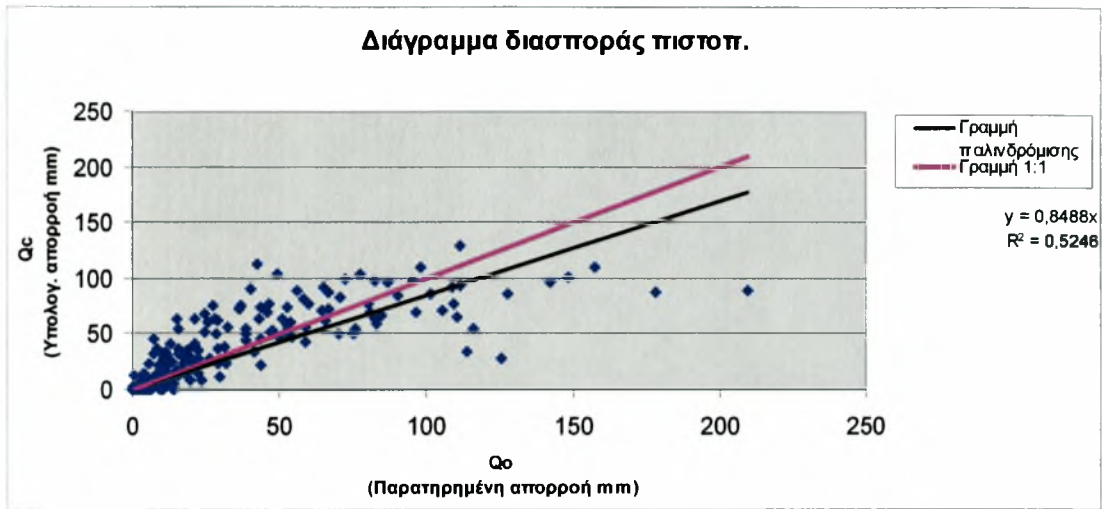


Σχήμα 2.125

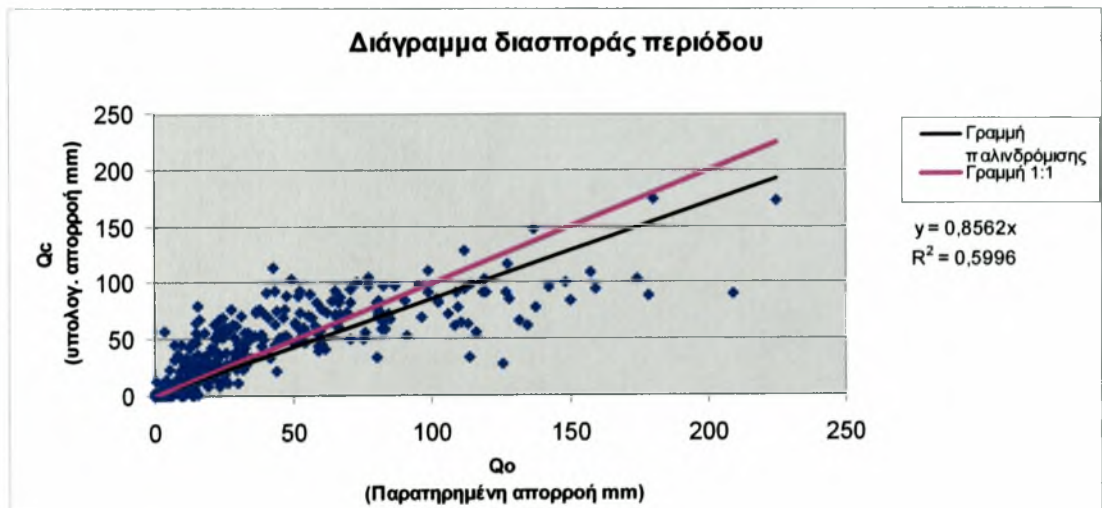


Σχήμα 2.126

Ζ.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

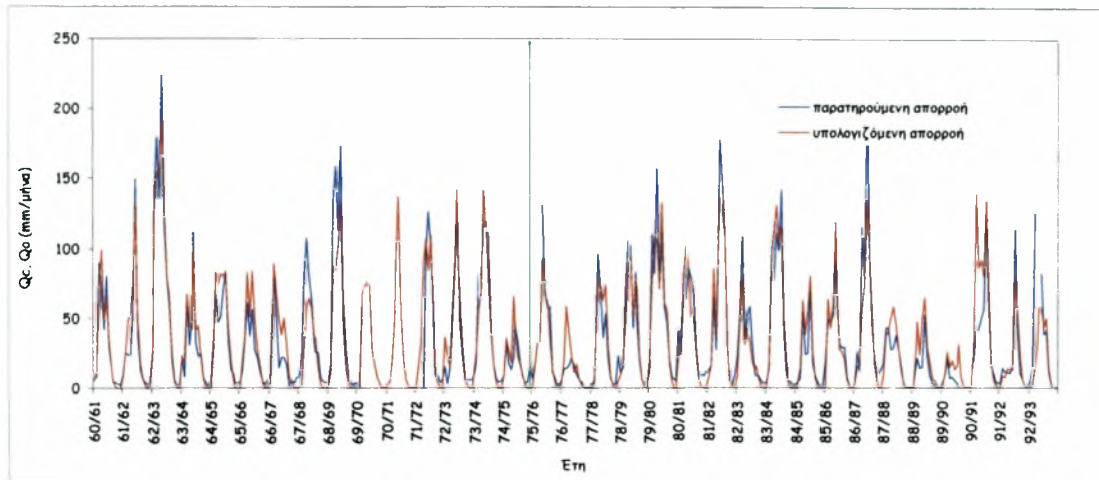


Σχήμα 2.127

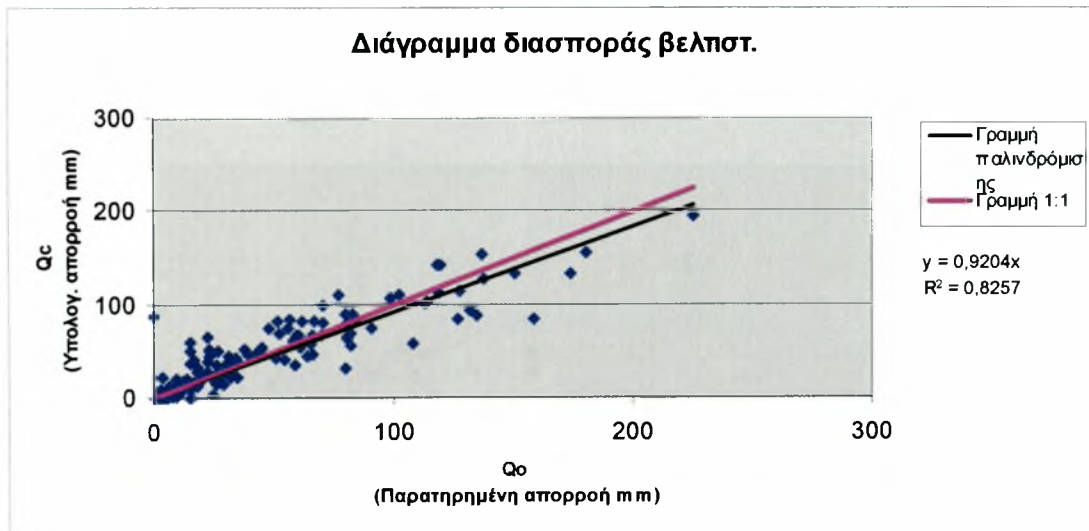


Σχήμα 2.128

2.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

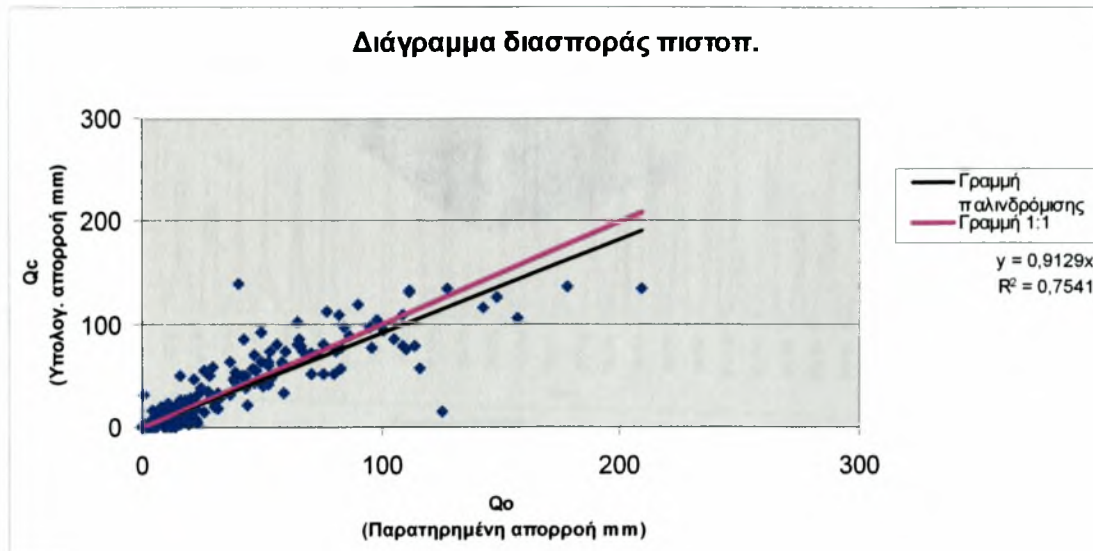


Σχήμα 2.129

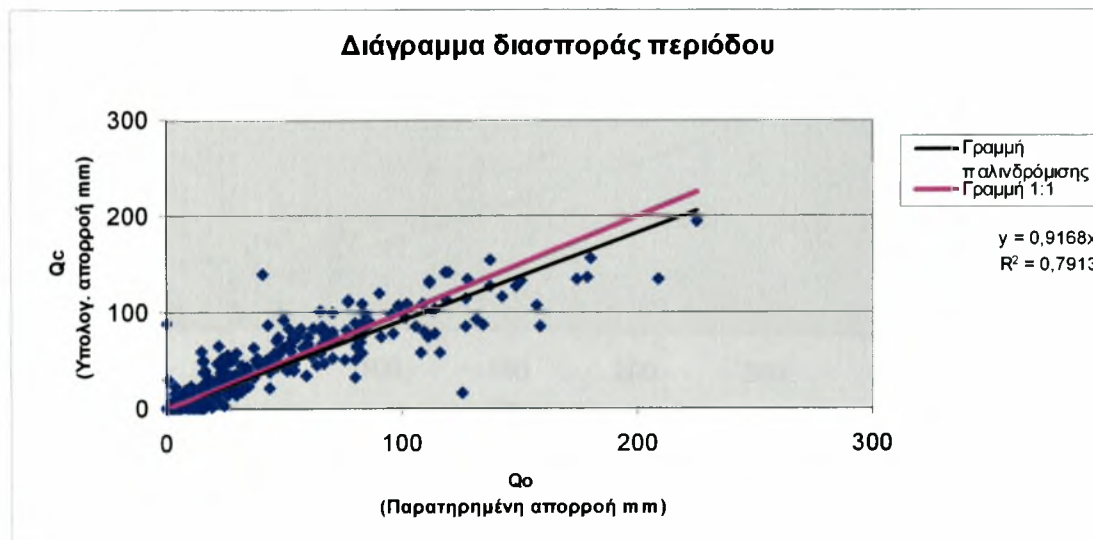


Σχήμα 2.130

Z.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

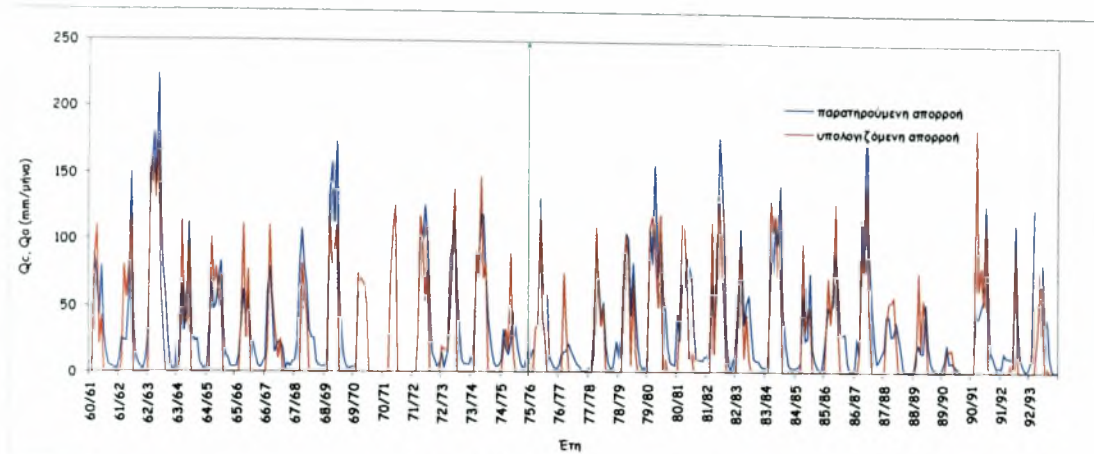


Σχήμα 2.131

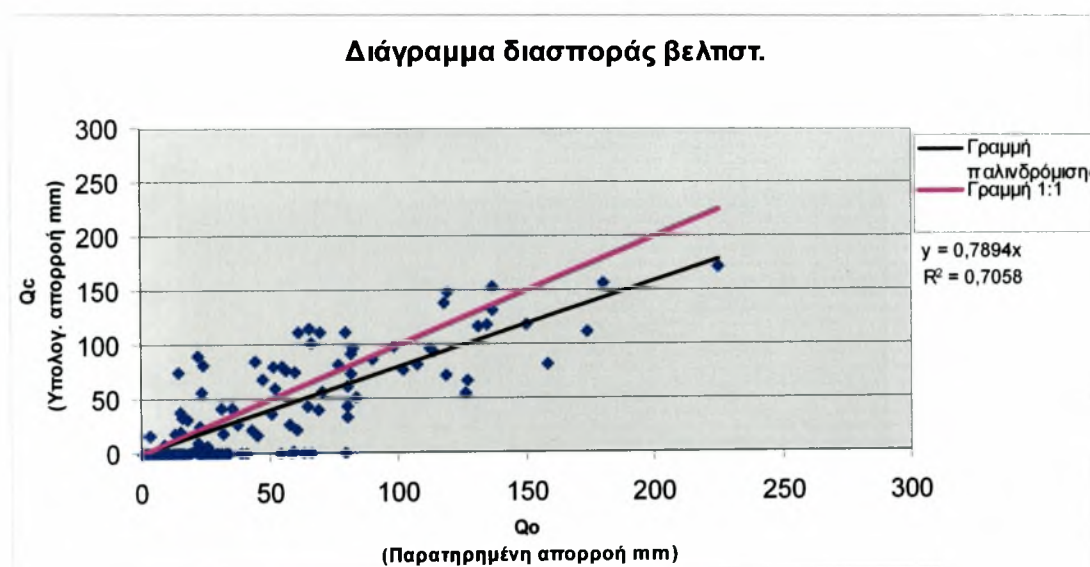


Σχήμα 2.132

2.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Γιακουμάκης λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

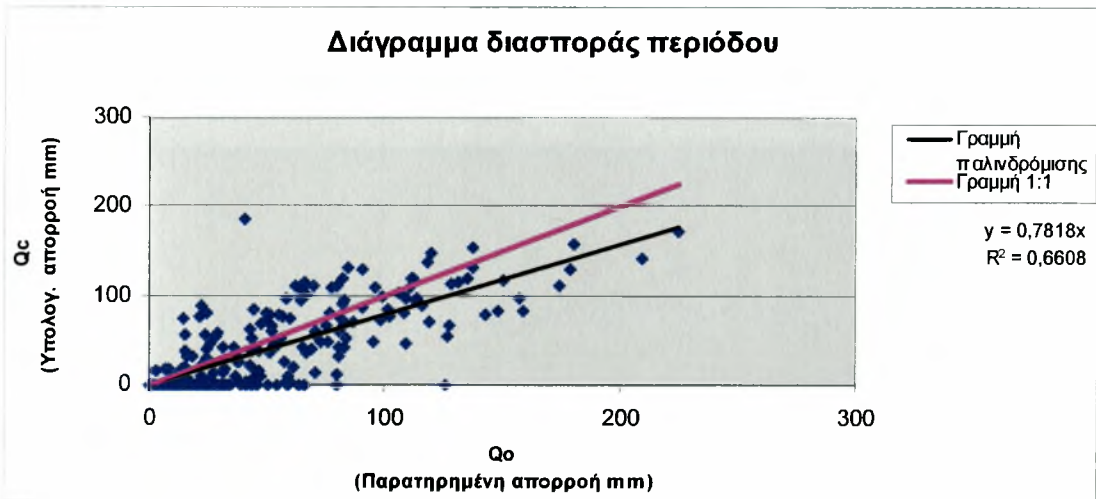
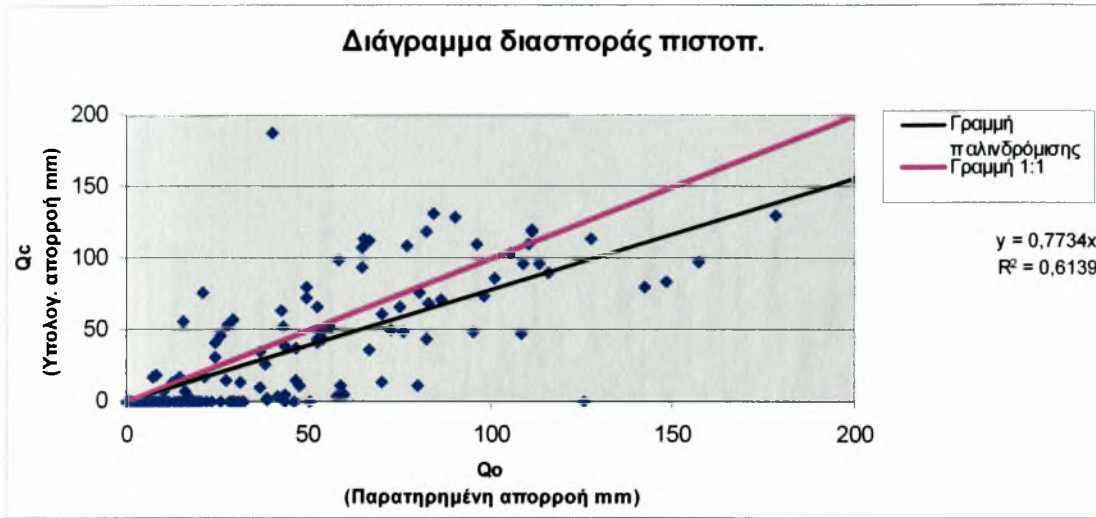


Σχήμα 2.133

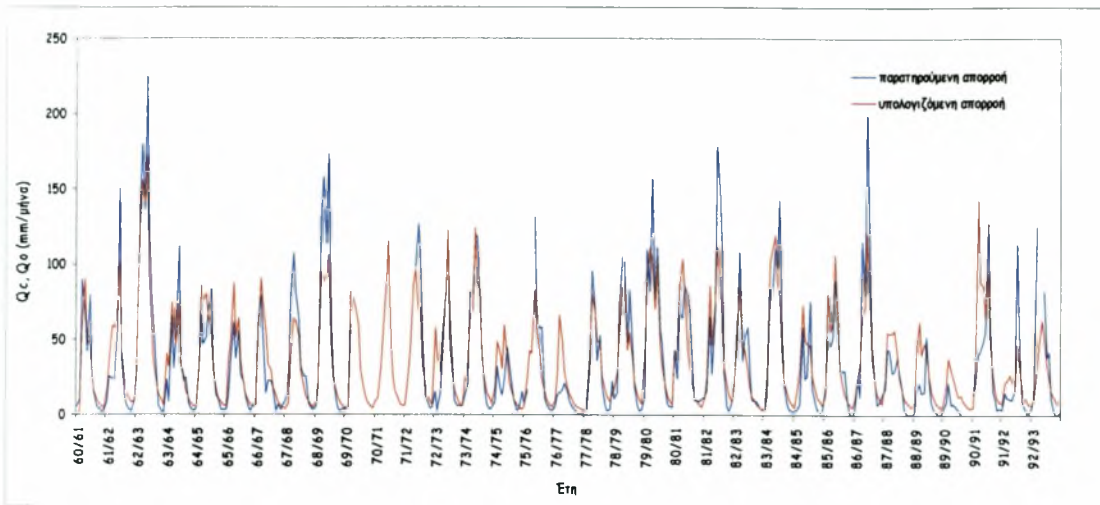


Σχήμα 2.134

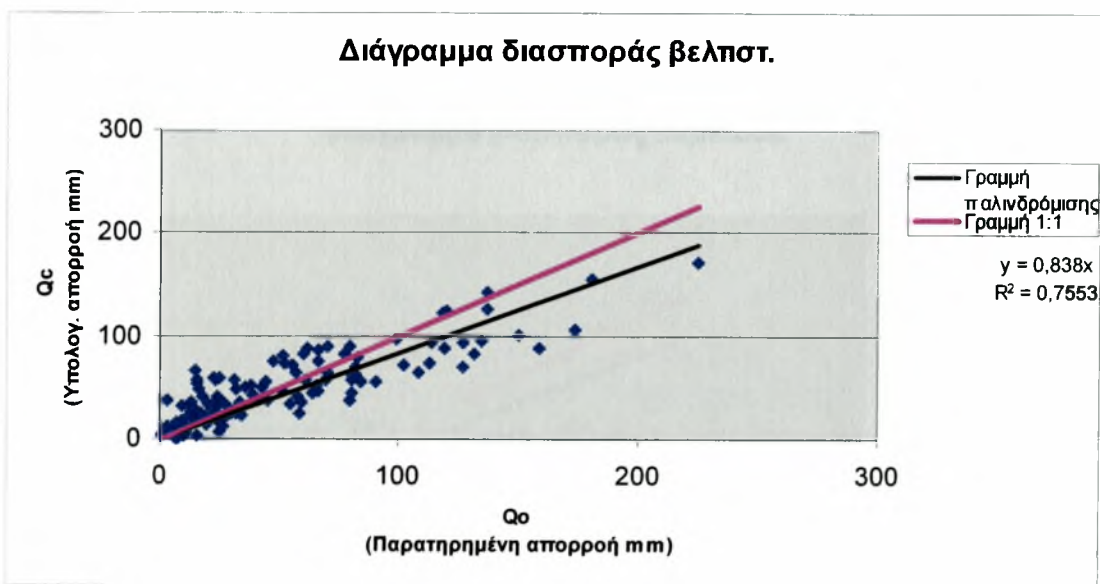
Z.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.



Ζ.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Χιονο- Γυο λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

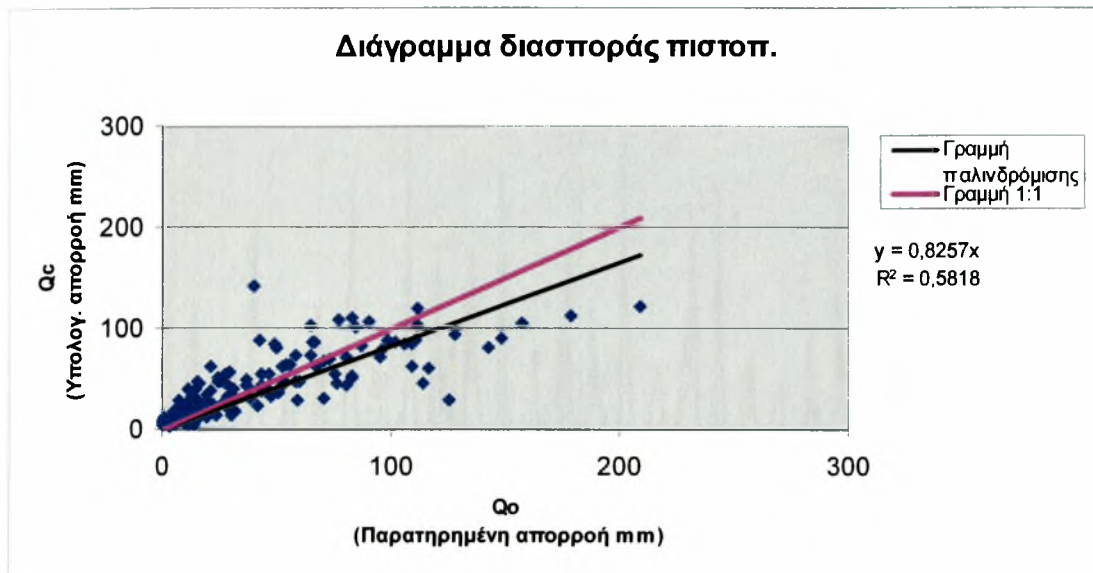


Σχήμα 2.137

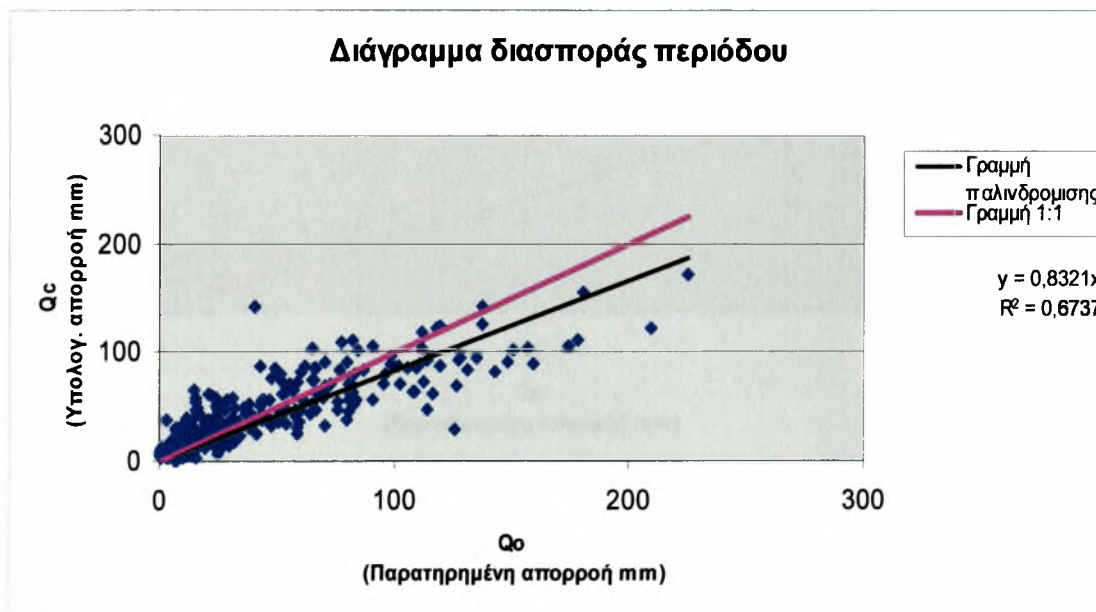


Σχήμα 2.138

Z.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Χιονο- Γυο λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

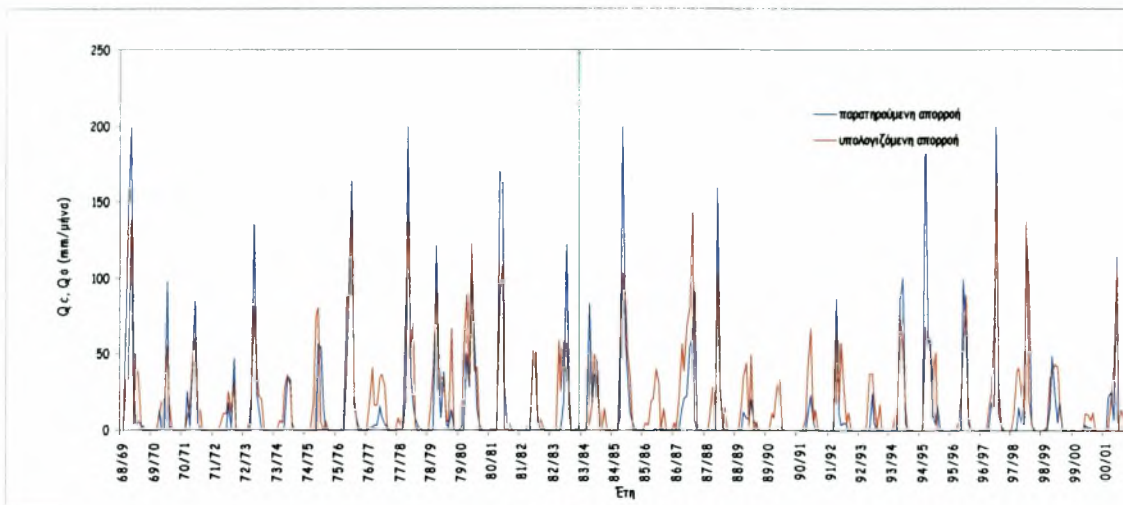


Σχήμα 2.139

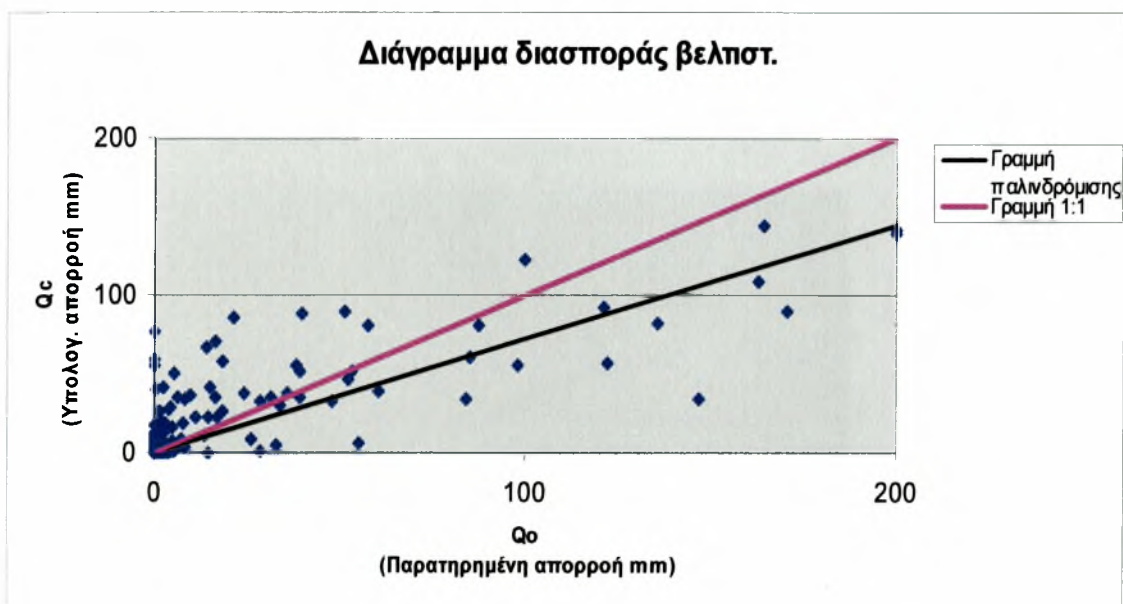


Σχήμα 2.140

Η.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Abuiohom λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη .

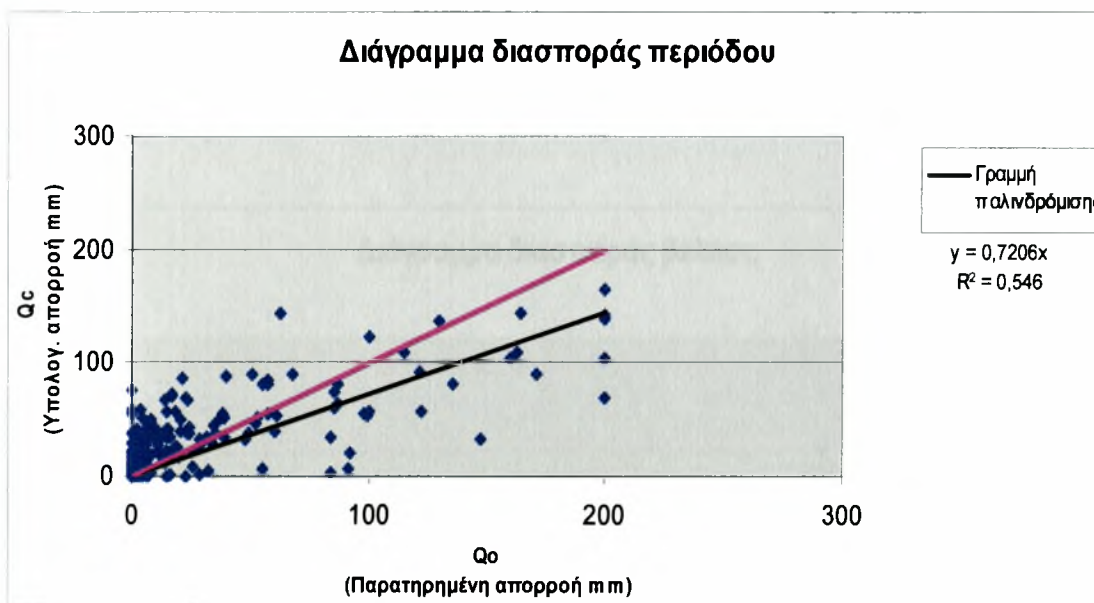
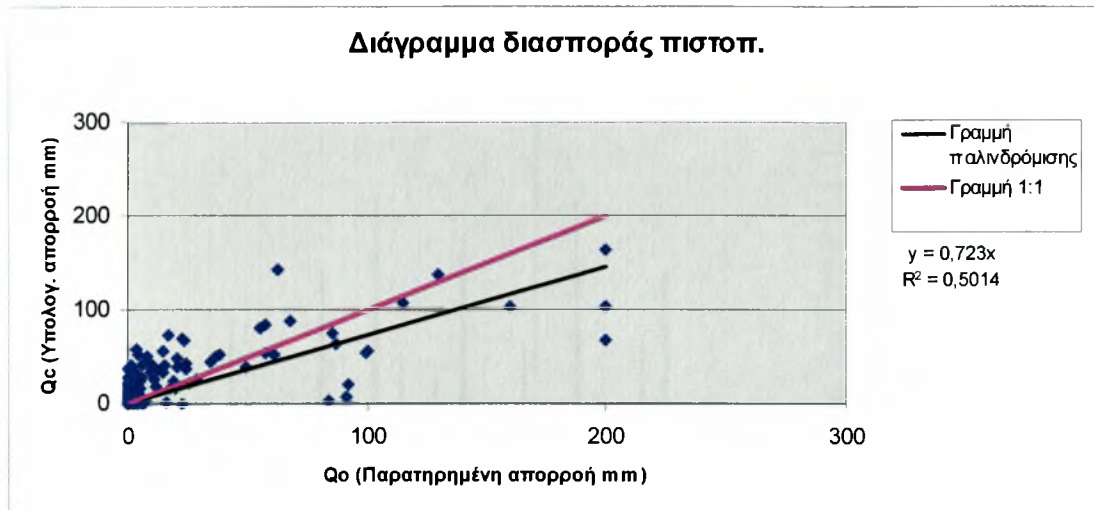


Σχήμα 2.141

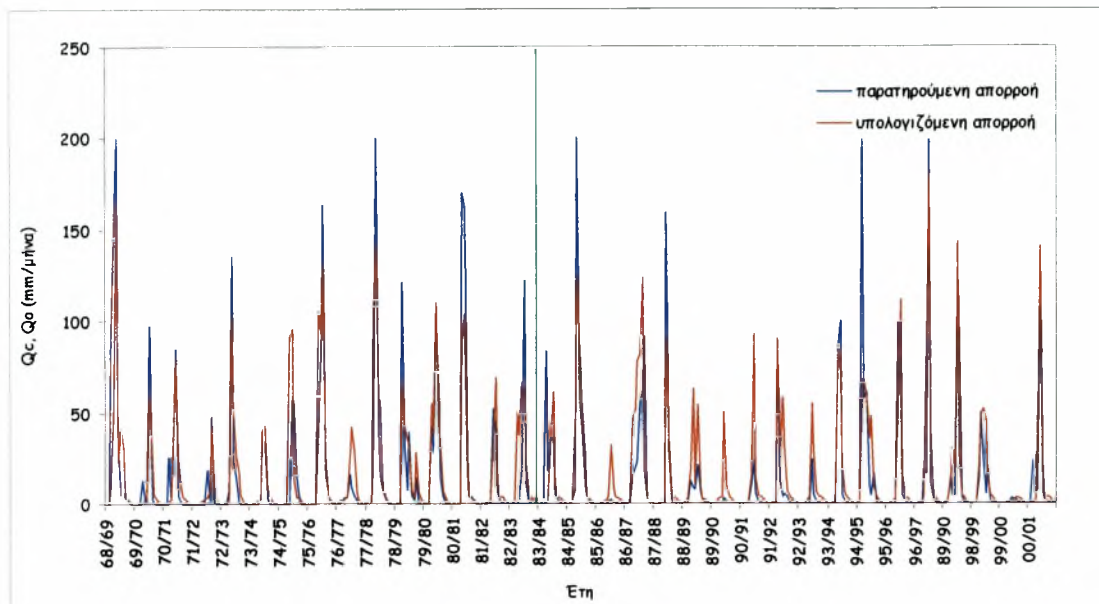


Σχήμα 2.142

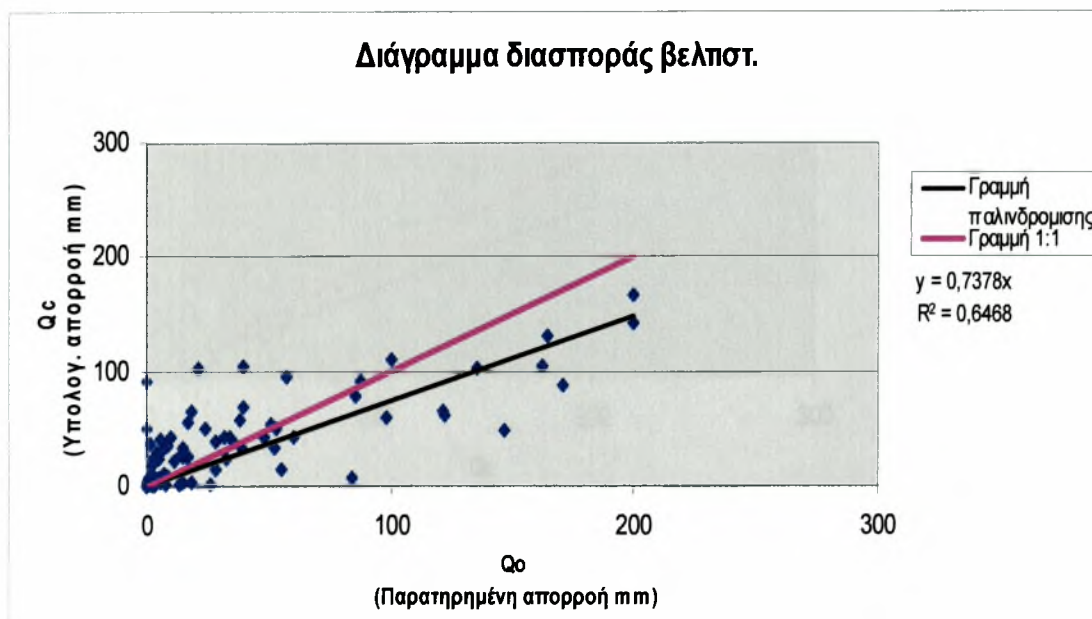
Η.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη .



Η.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη .

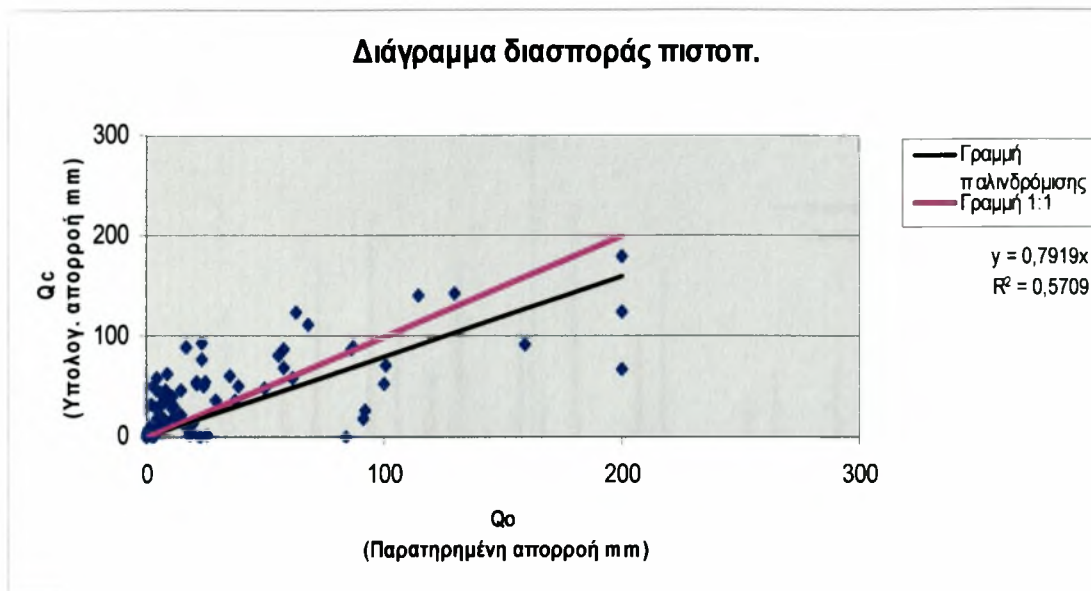


Σχήμα 2.145

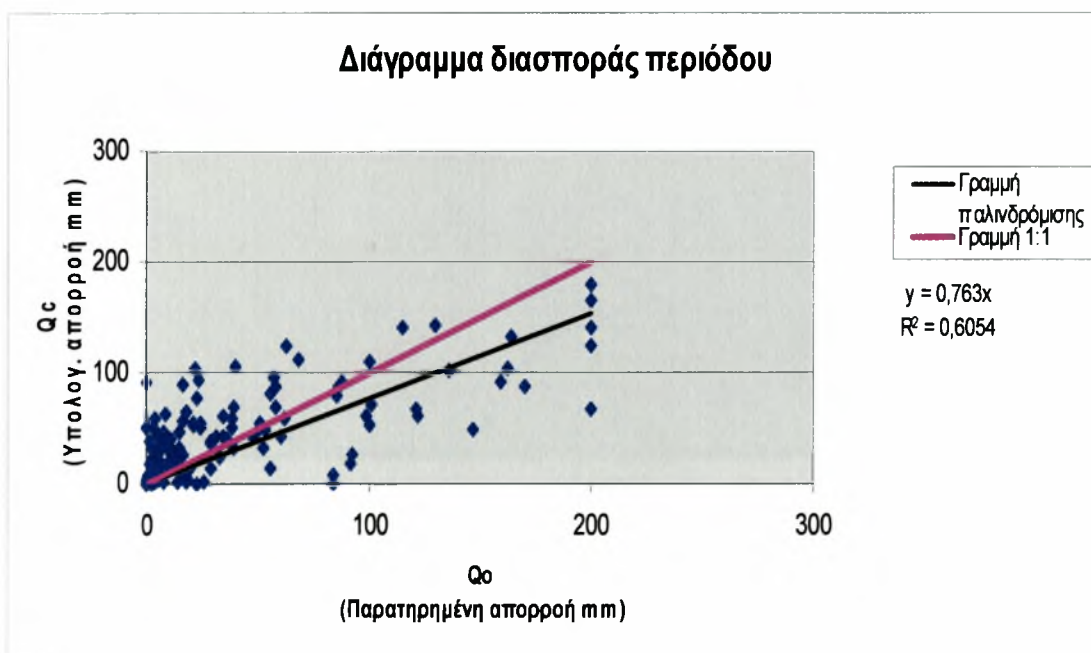


Σχήμα 2.146

Η.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη .

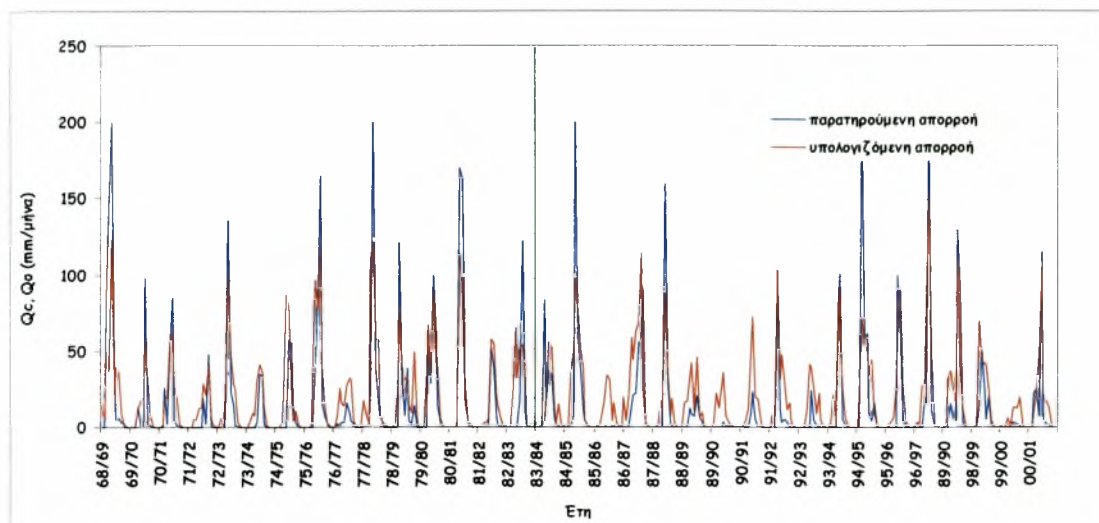


Σχήμα 2.147

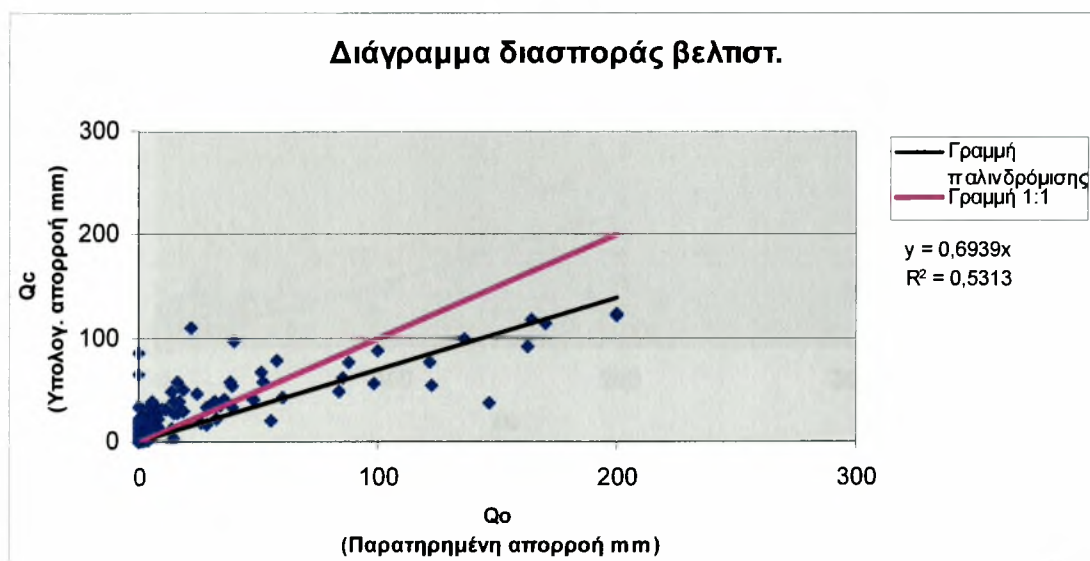


Σχήμα 2.148

Η.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη .

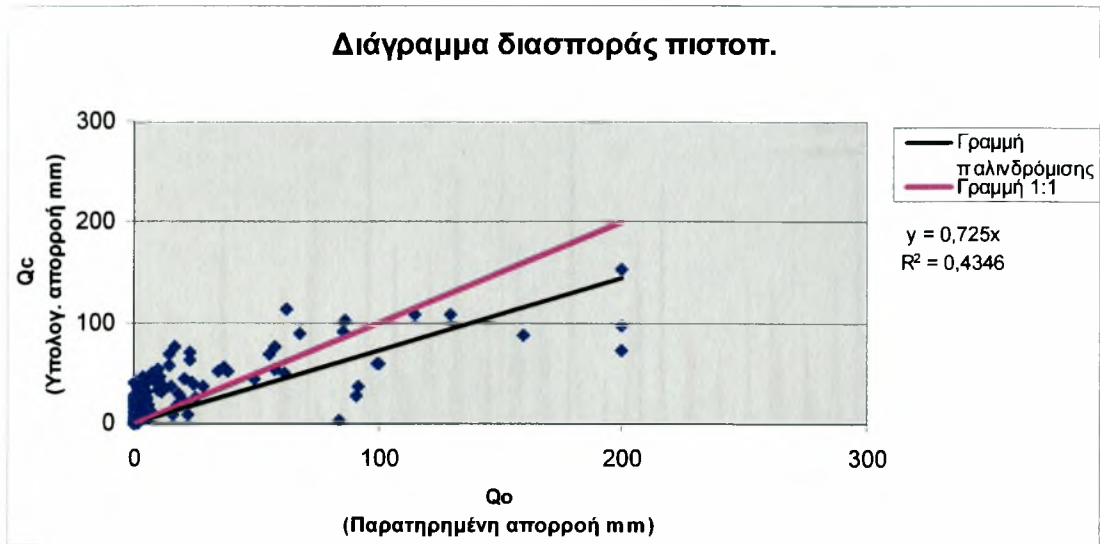


Σχήμα 2.149

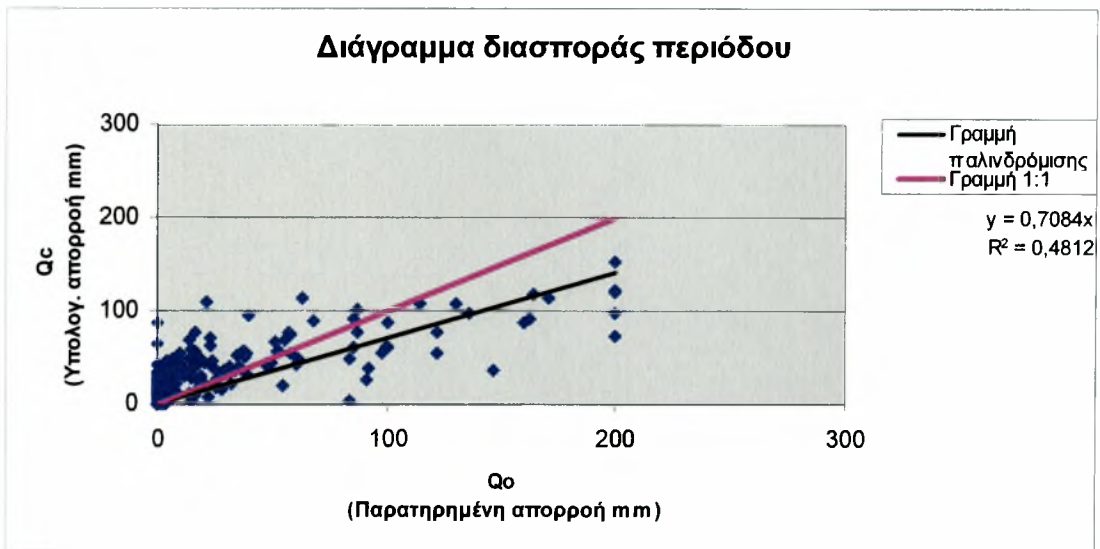


Σχήμα 2.150

Η.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη .

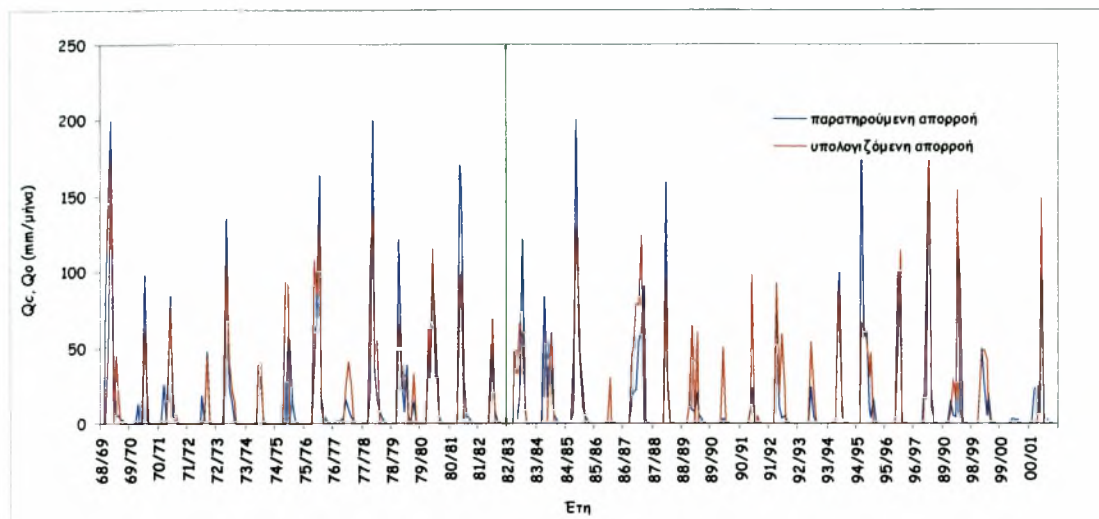


Σχήμα 2.151

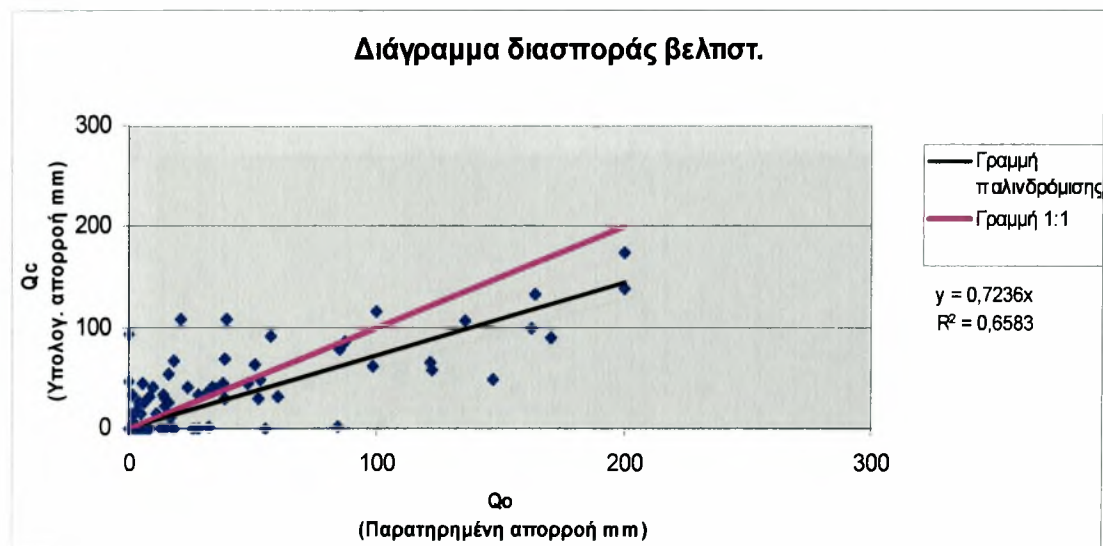


Σχήμα 2.152

Η.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Γιακουμάκης λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη .

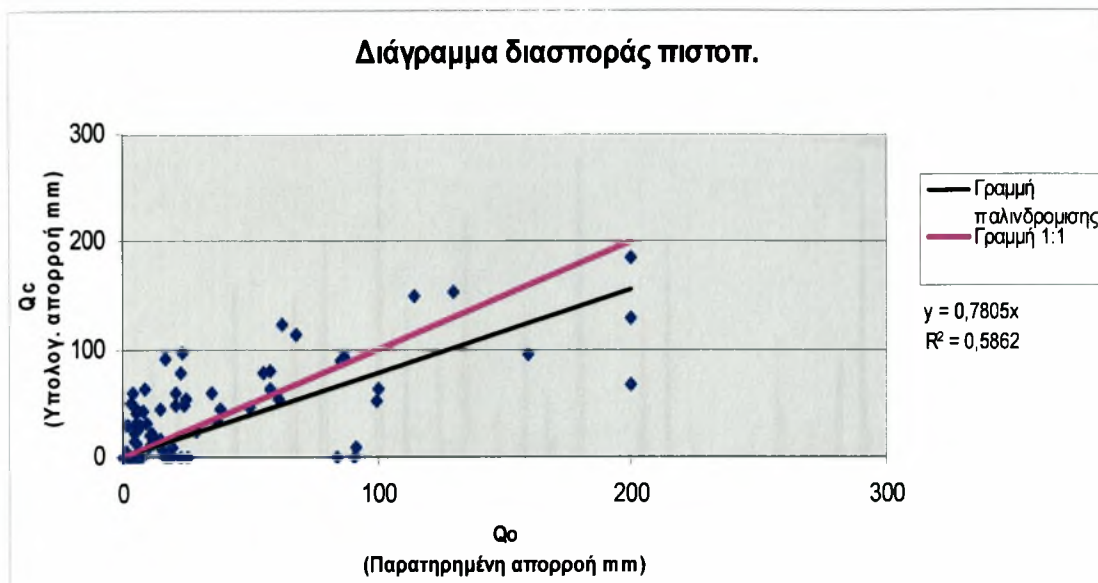


Σχήμα 2.153

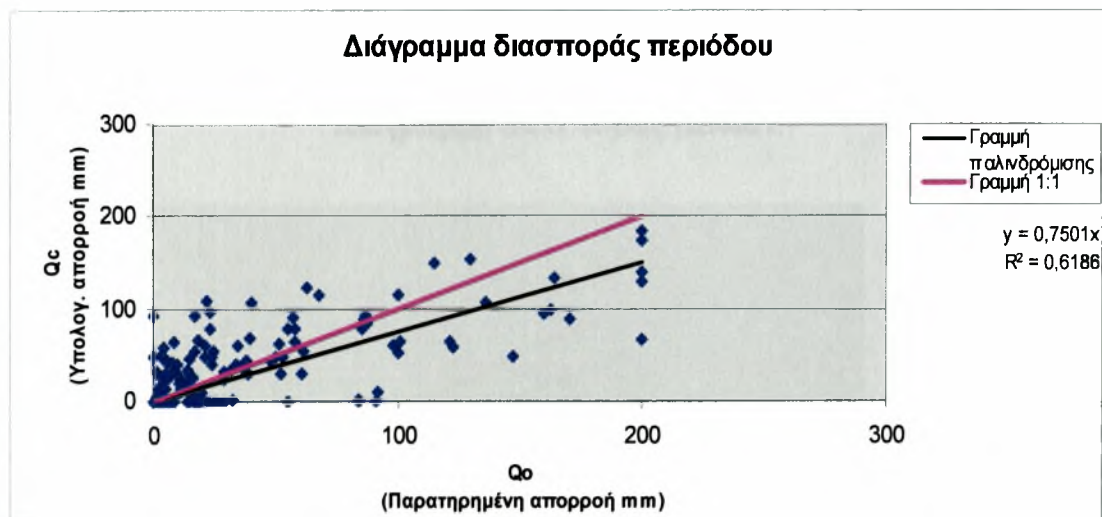


Σχήμα 2.154

Η.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Γιακουμακίς λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη .

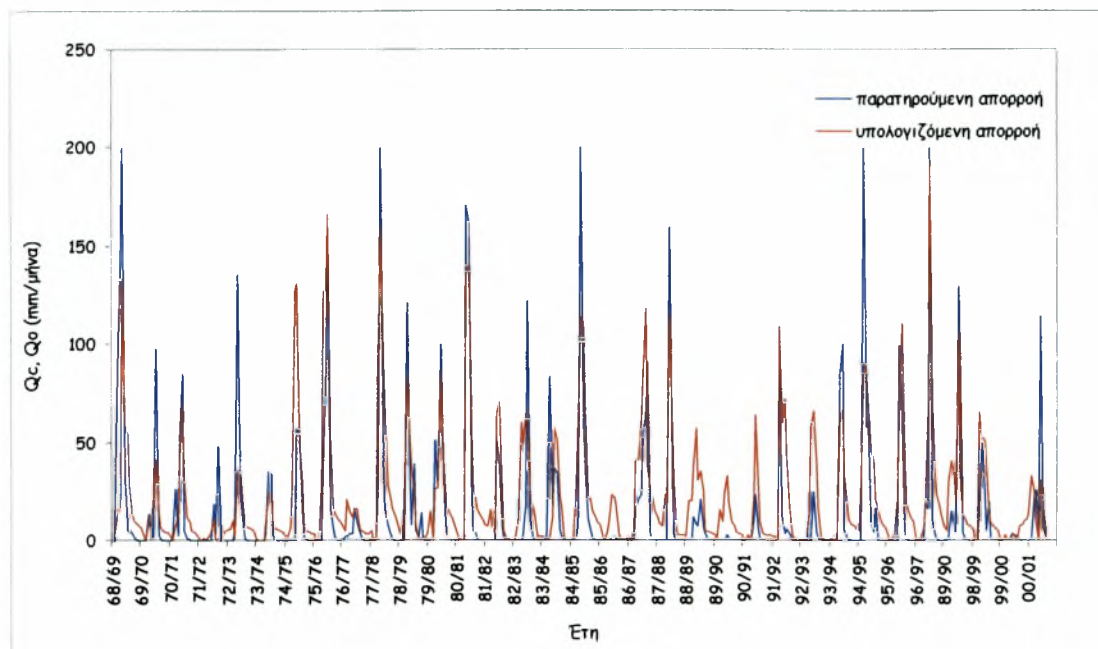


Σχήμα 2.155

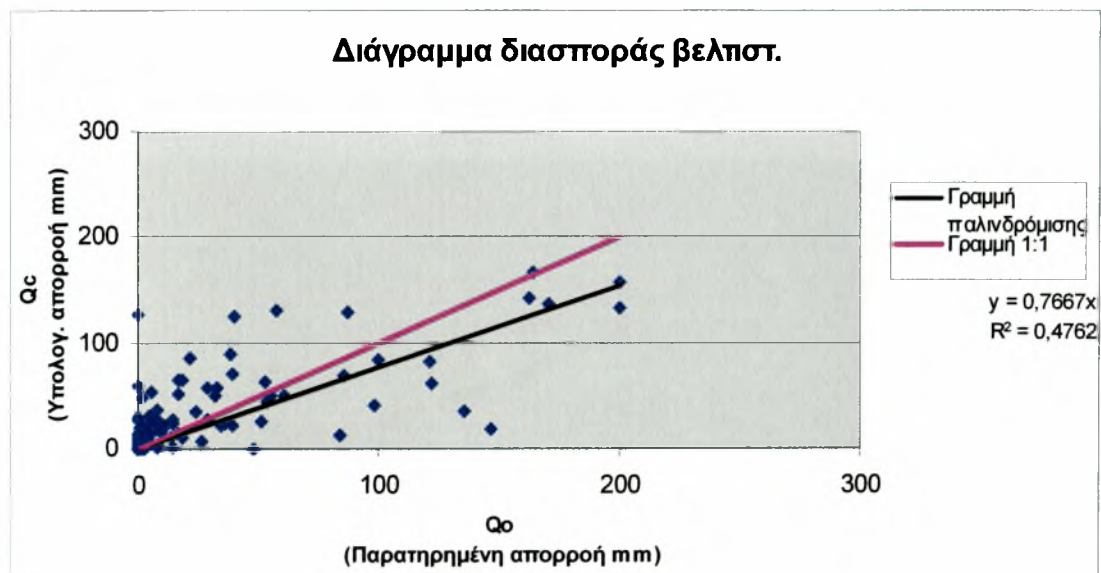


Σχήμα 2.156

Η.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Χιονο-Γουο λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη .

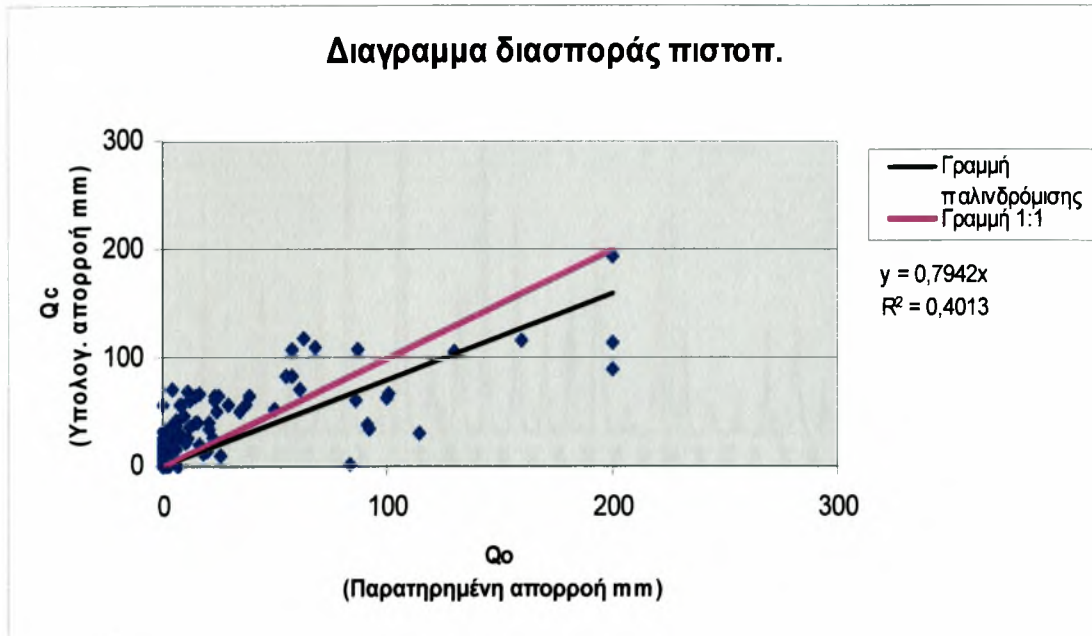


Σχήμα 2.157

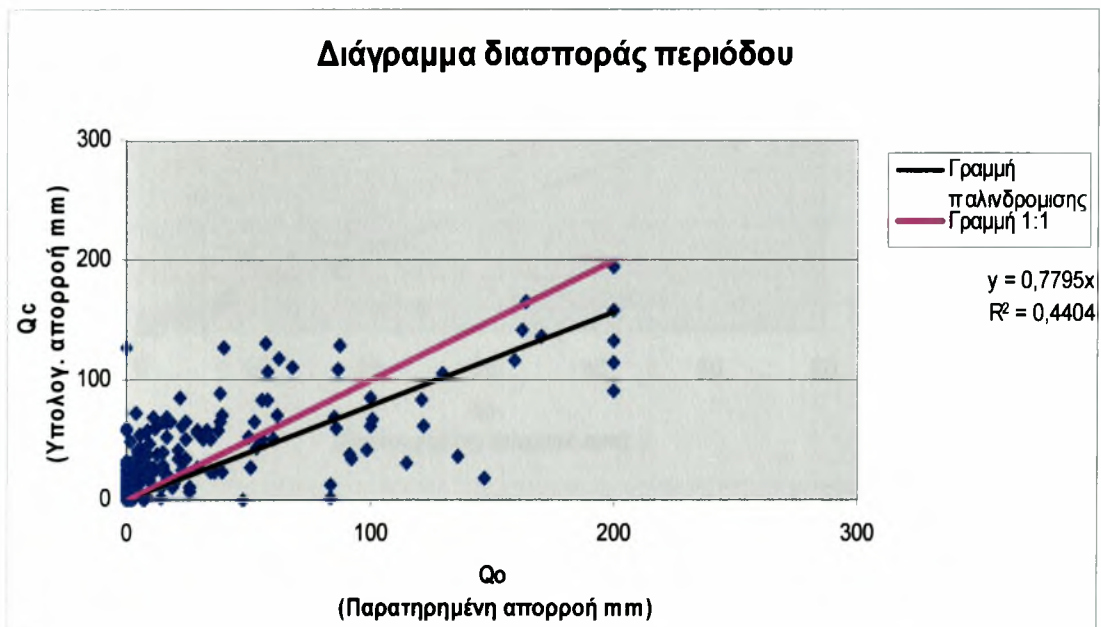


Σχήμα 2.158

Η.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Χιονη_Γυο λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη .

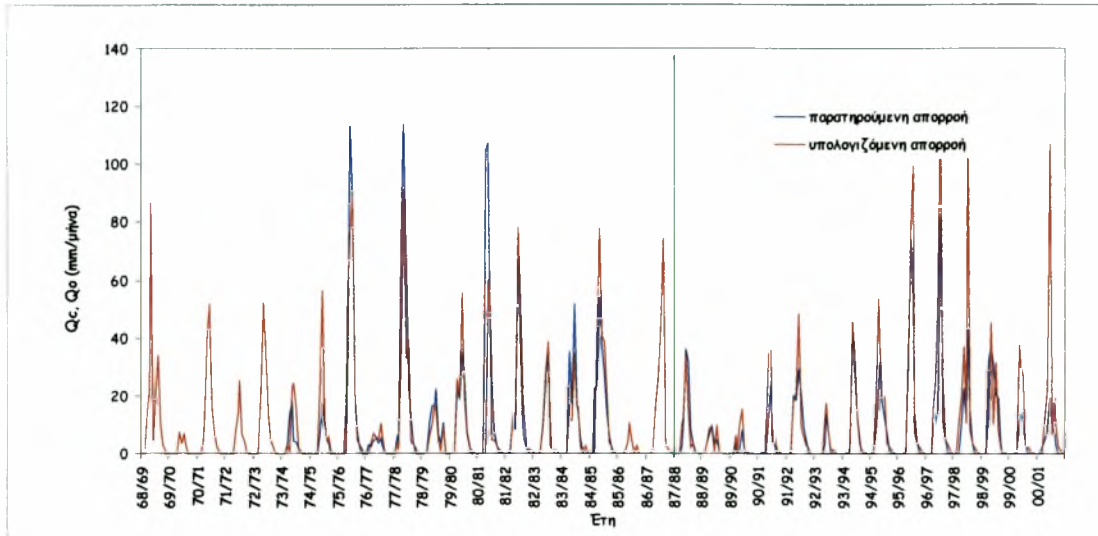


Σχήμα 2.159

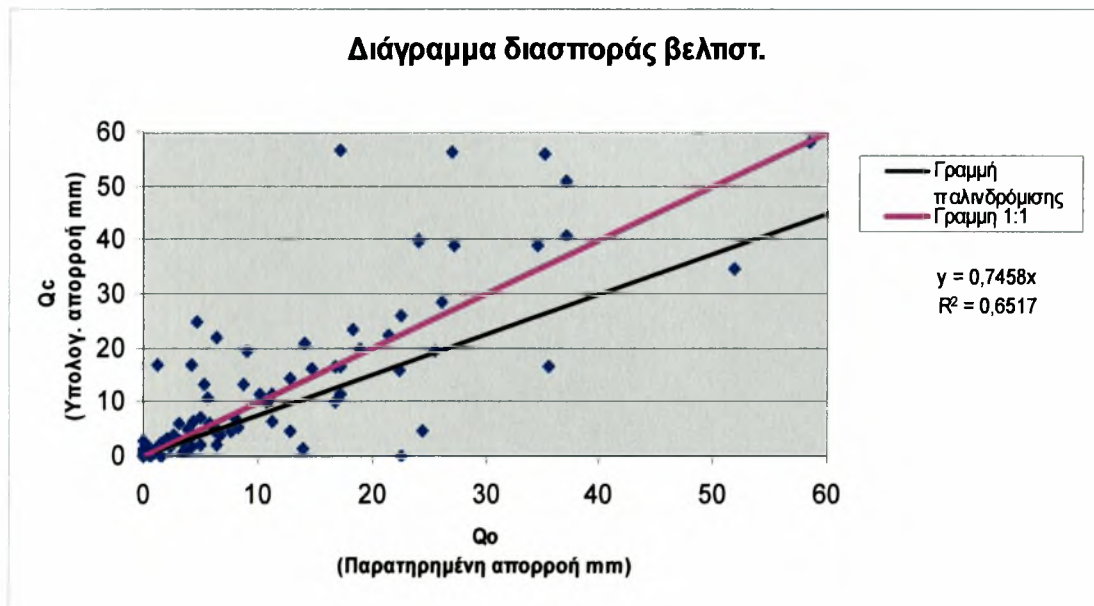


Σχήμα 2.160

Θ.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Abuliohom λεκάνη απορροής Γιόφυρος.

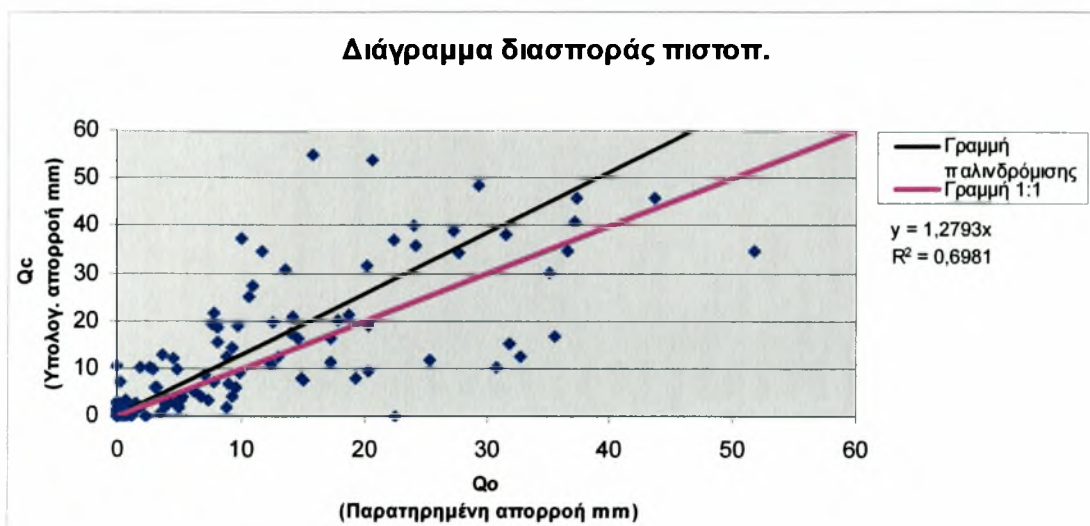


Σχήμα 2.161

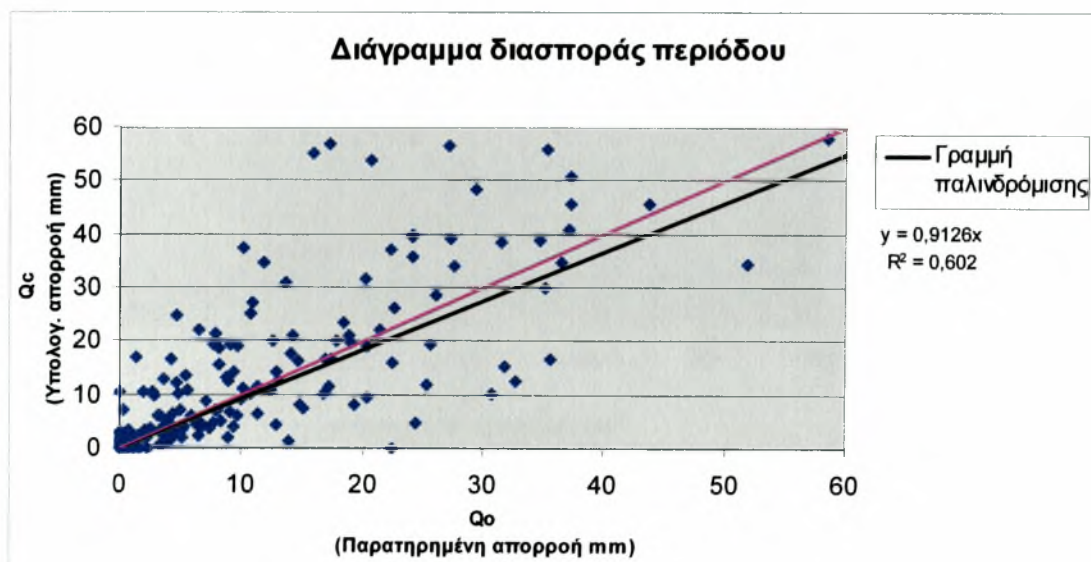


Σχήμα 2.162

Θ.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Γιόφυρος .

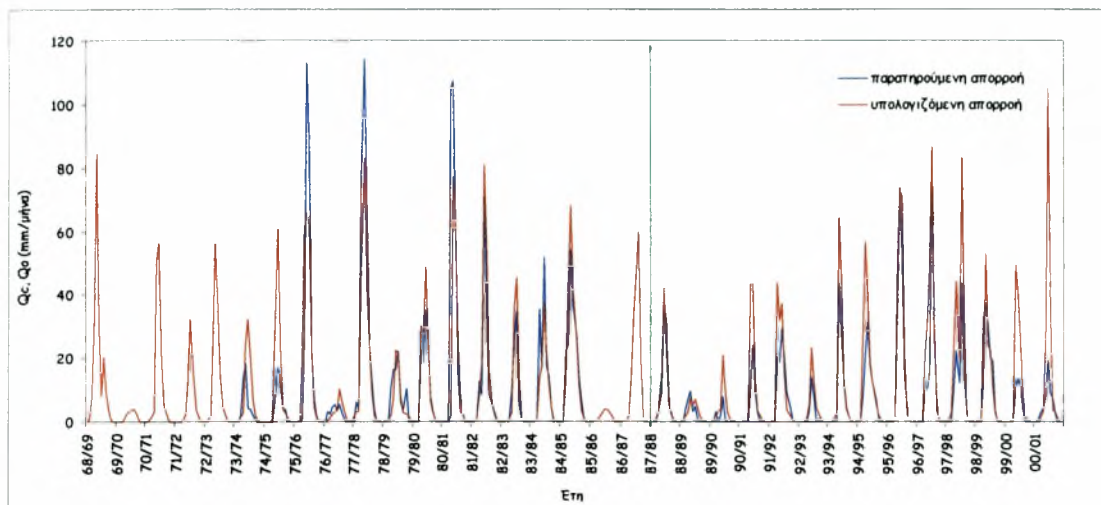


Σχήμα 2.163

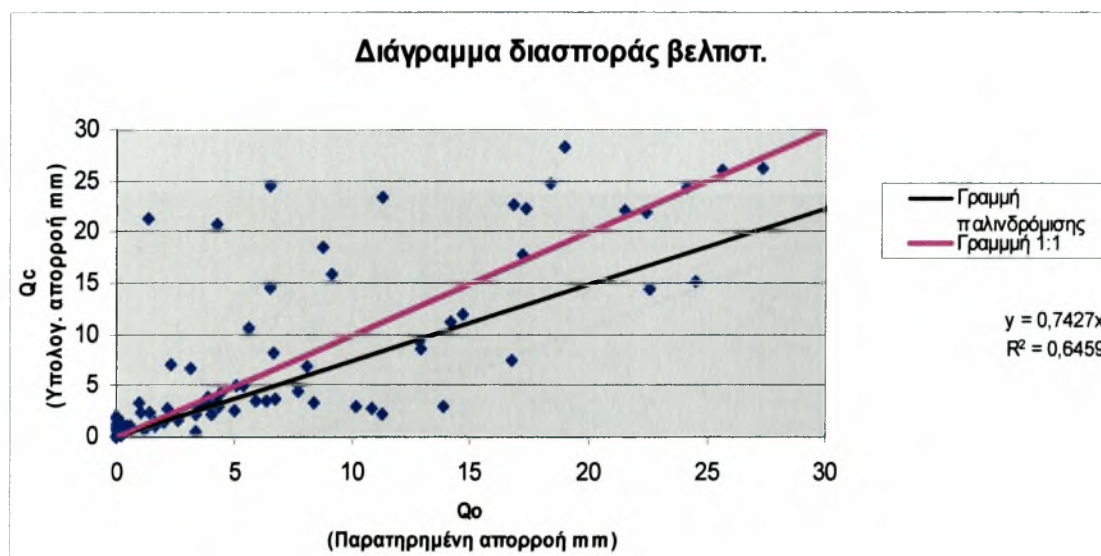


Σχήμα 2.164

Θ.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Γιόφυρος.

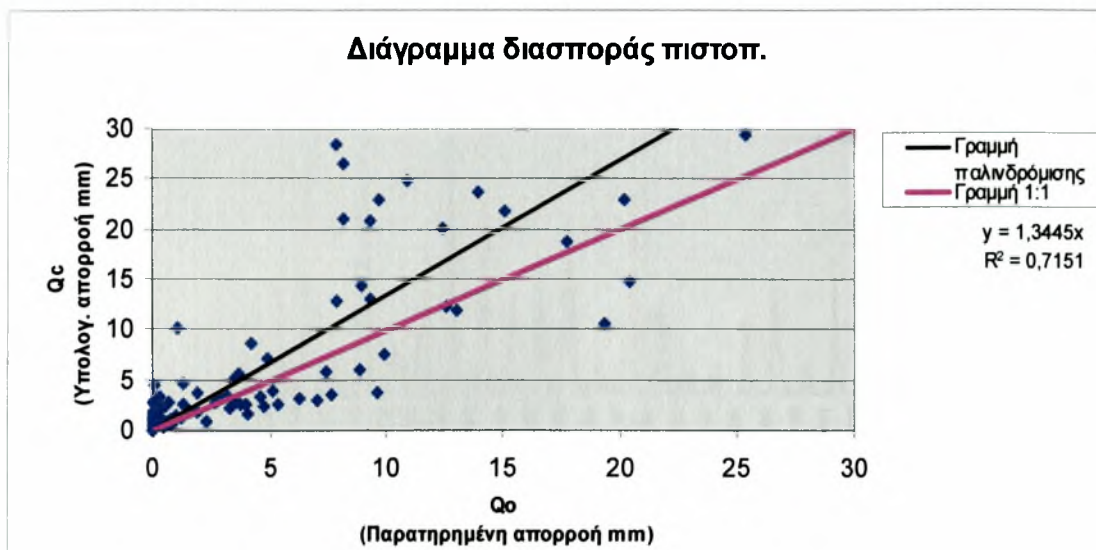


Σχήμα 2.165

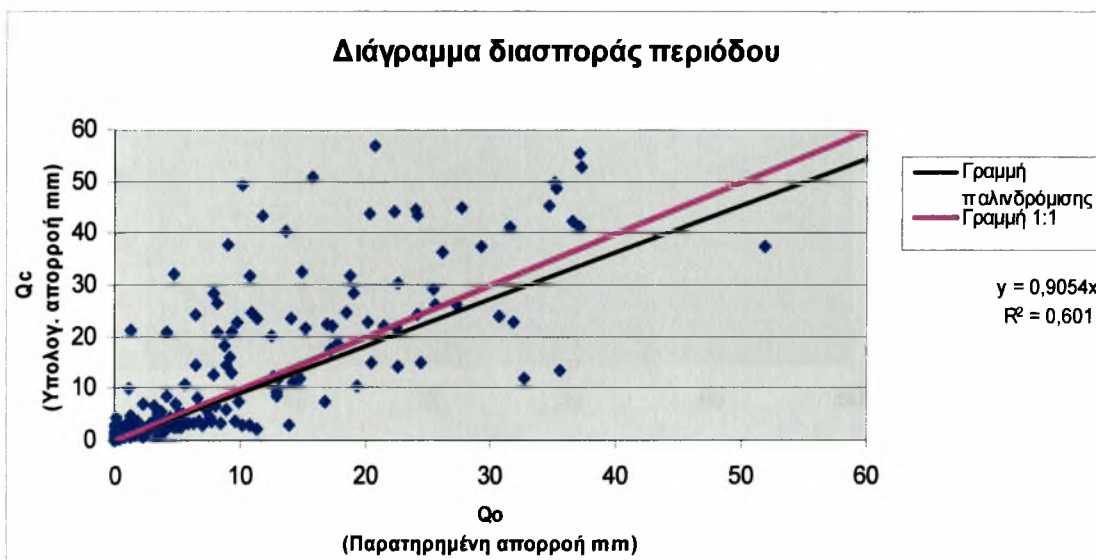


Σχήμα 2.166

Θ.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Γιόφυρος .

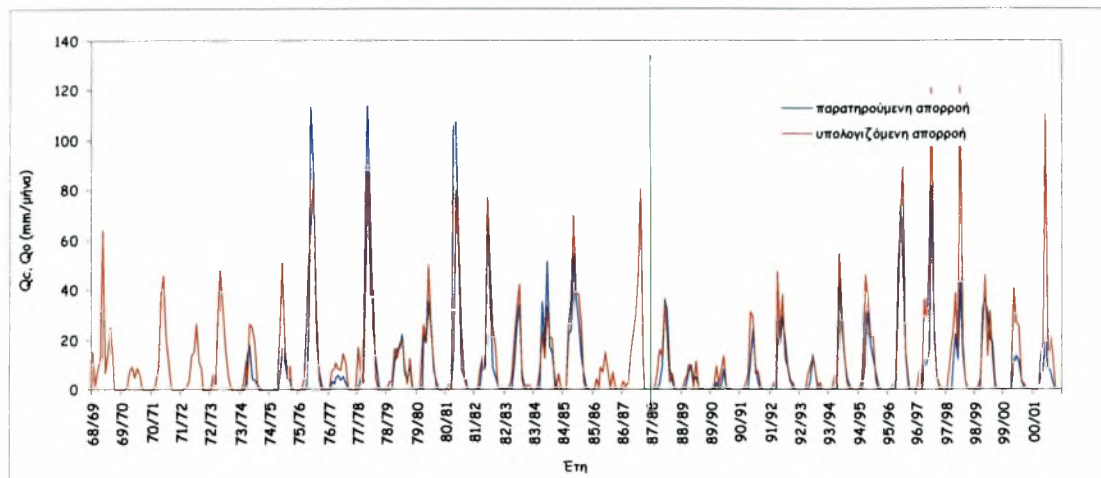


Σχήμα 2.167

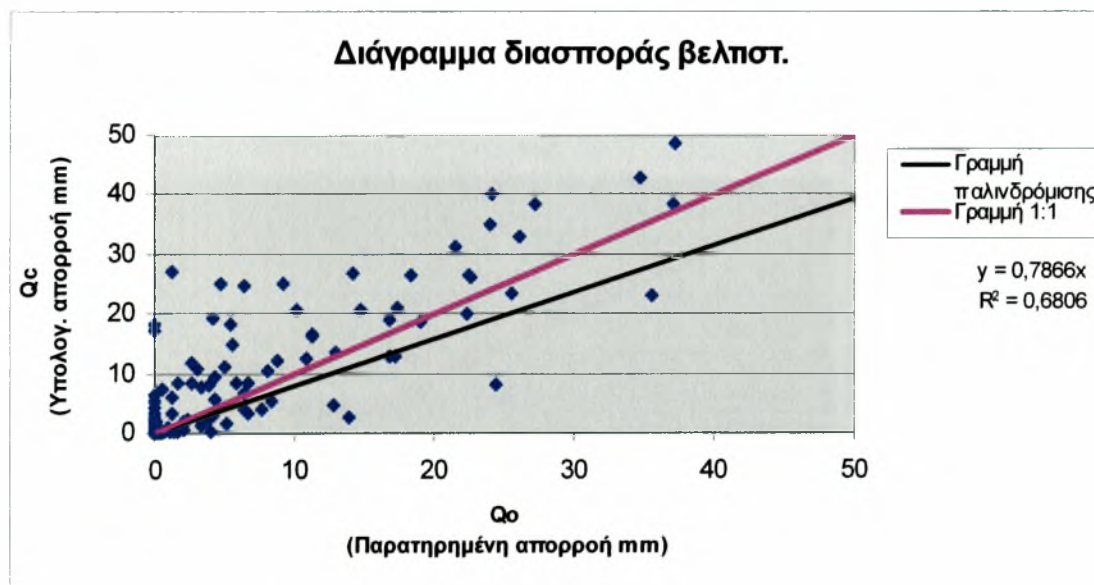


Σχήμα 2.168

Θ.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Γιόφυρος.

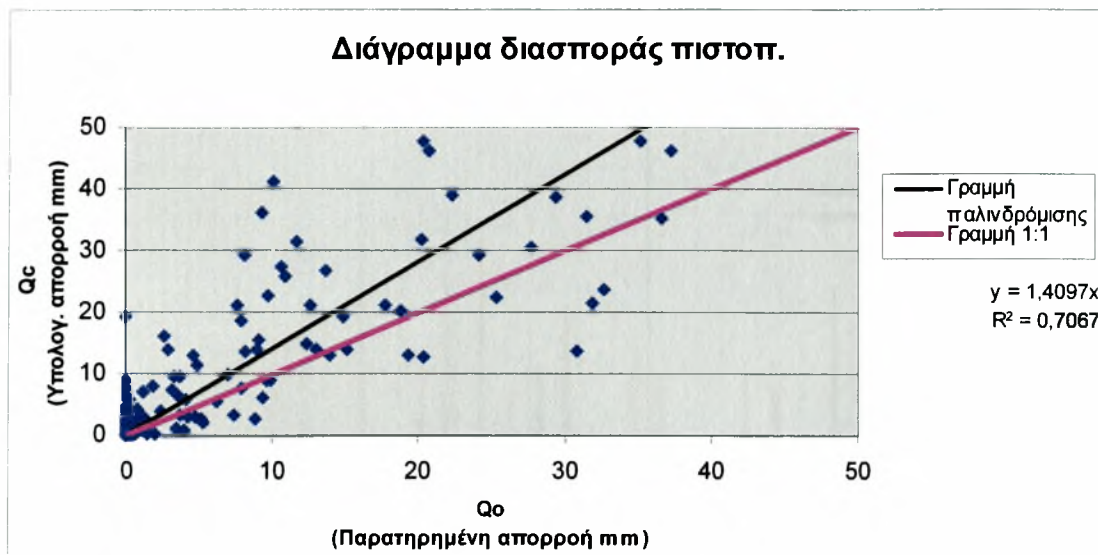


Σχήμα 2.169

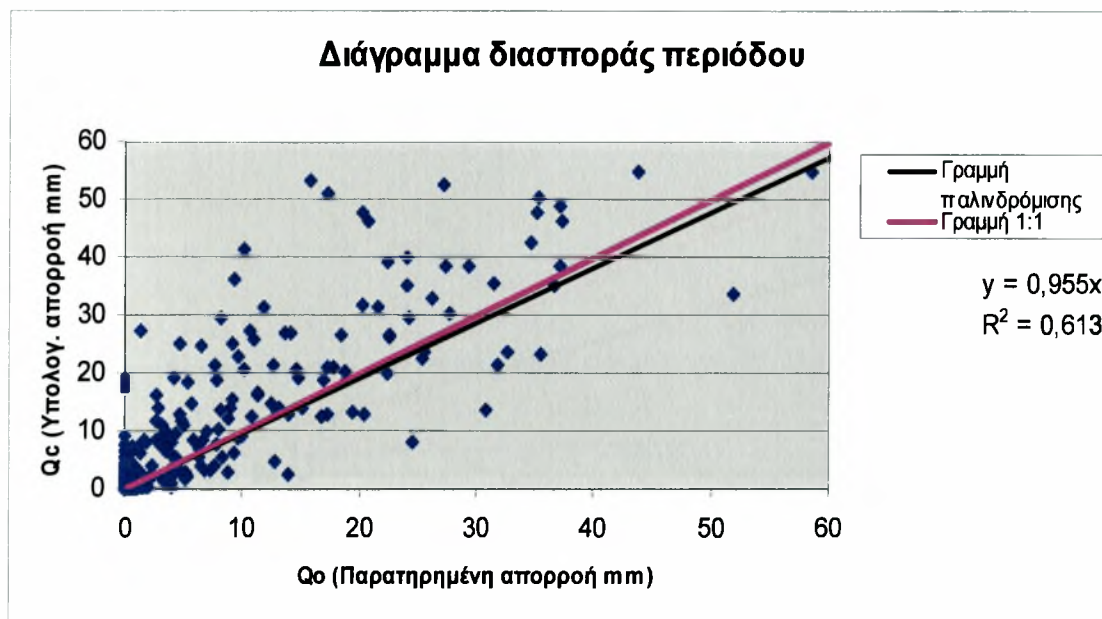


Σχήμα 2.170

Θ.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Γιόφυρος .

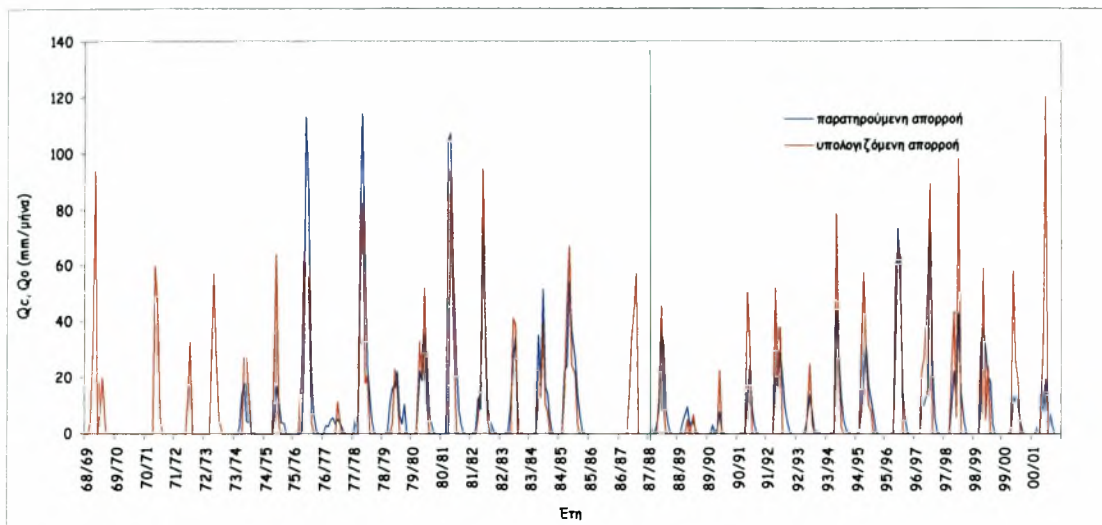


Σχήμα 2.171

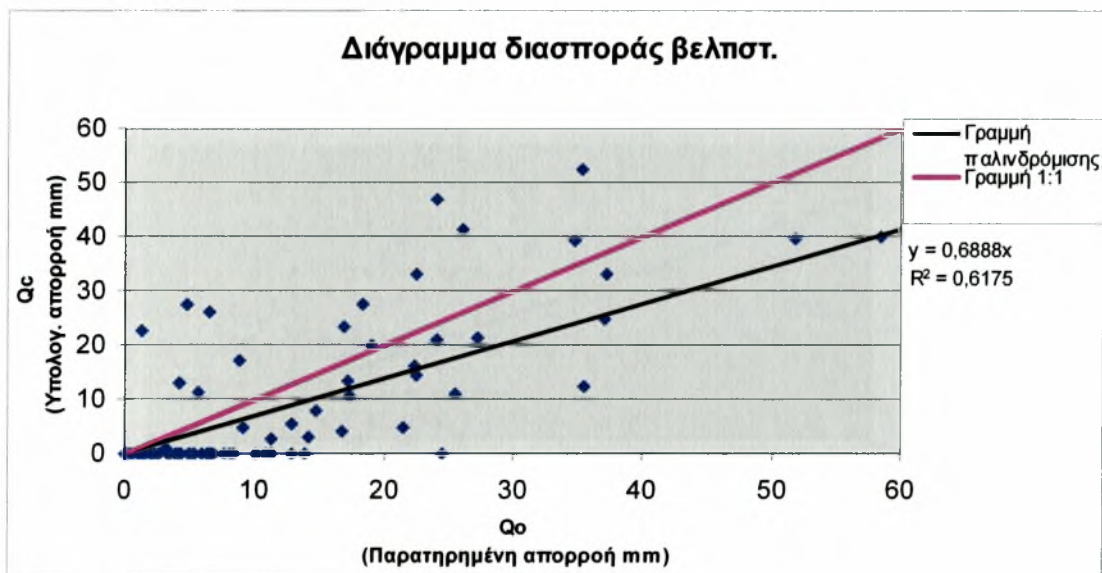


Σχήμα 2.172

Θ.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Γιακουμάκης λεκάνη απορροής Γιόφυρος.

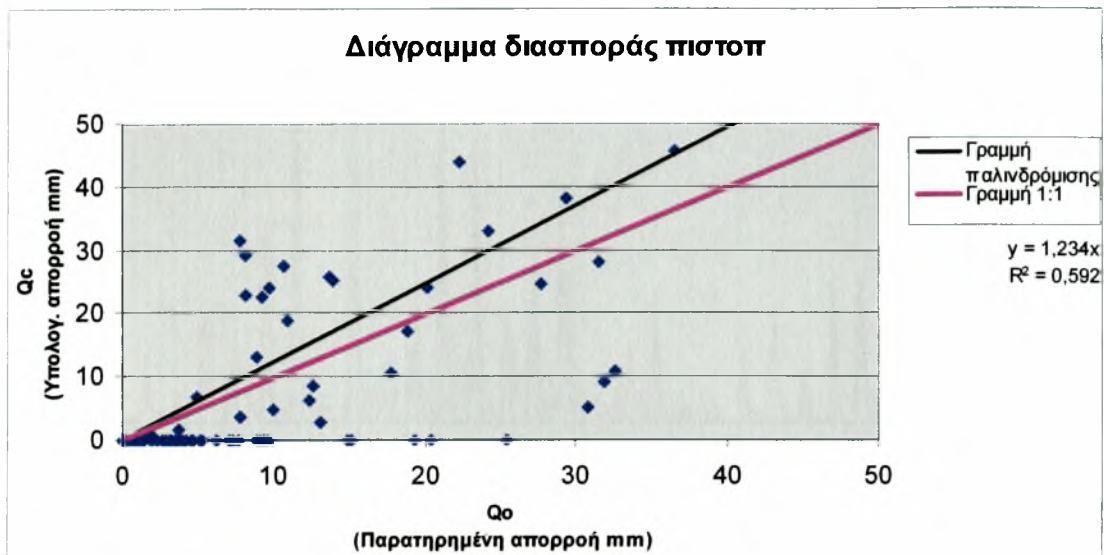


Σχήμα 2.173

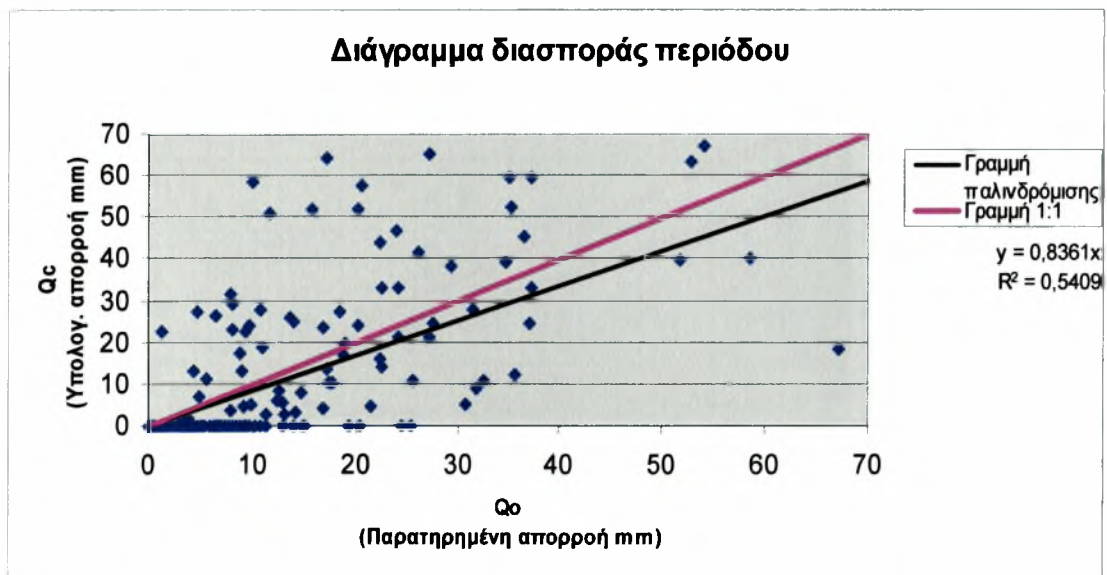


Σχήμα 2.174

Θ.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Γιόφυρος .

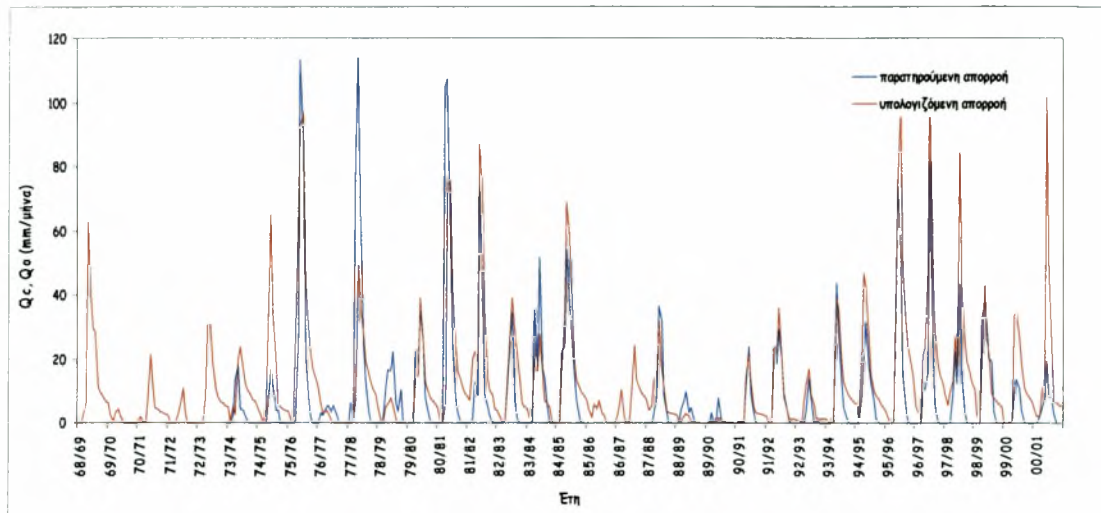


Σχήμα 2.175

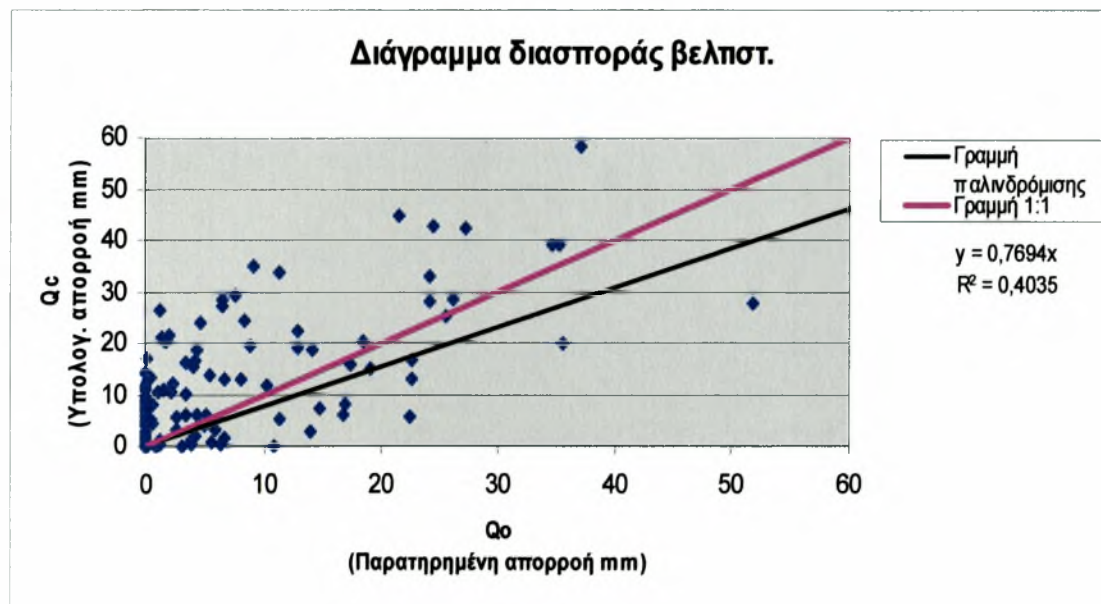


Σχήμα 2.176

Θ.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Xiong-Guo λεκάνη απορροής Γιόφυρος.

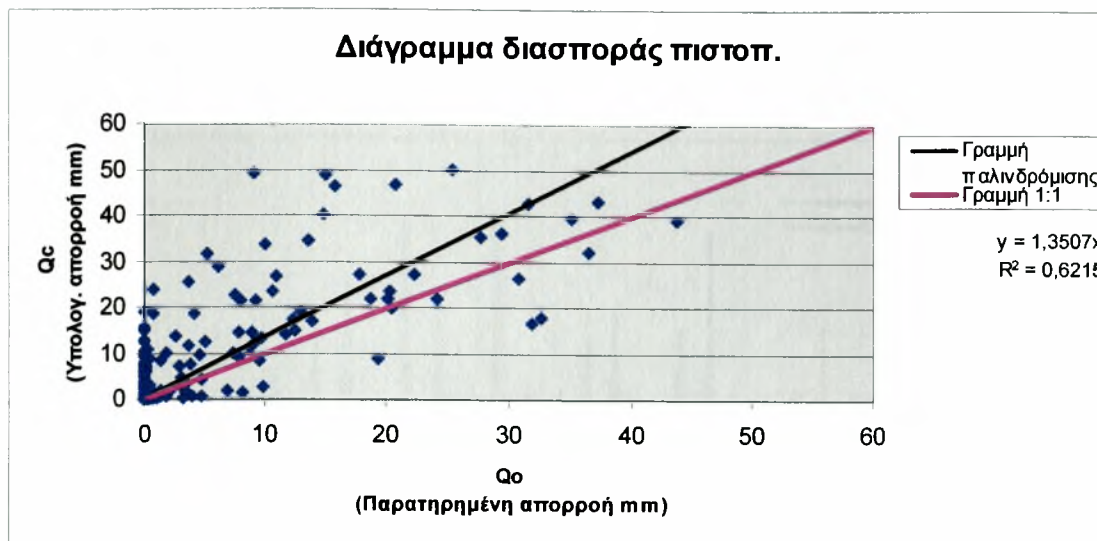


Σχήμα 2.177

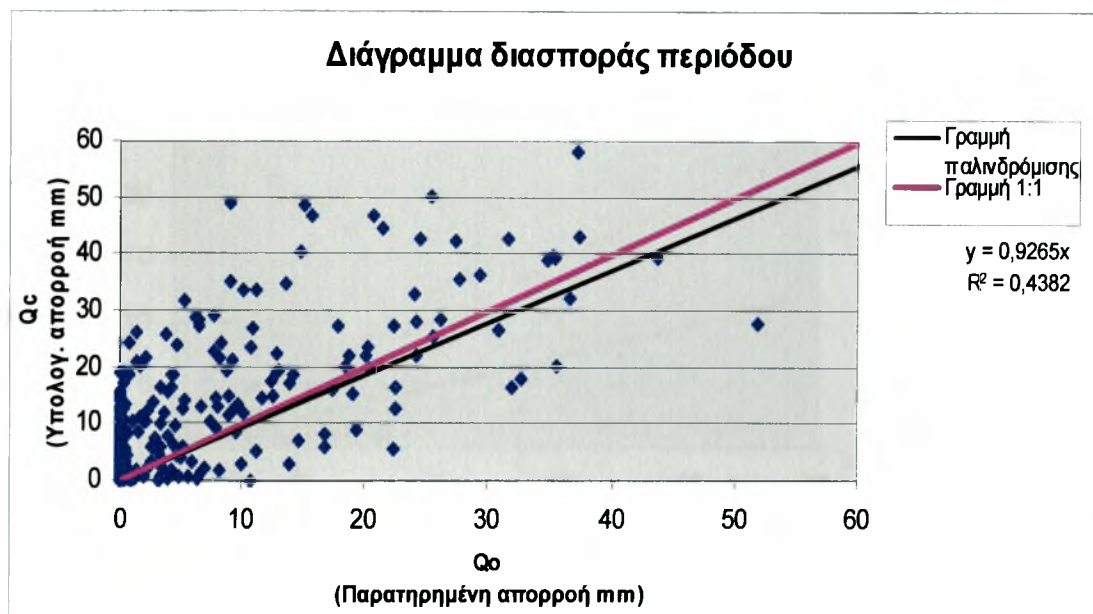


Σχήμα 2.178

Θ.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Χιονο-Γουο λεκάνη απορροής Γιόφυρος .

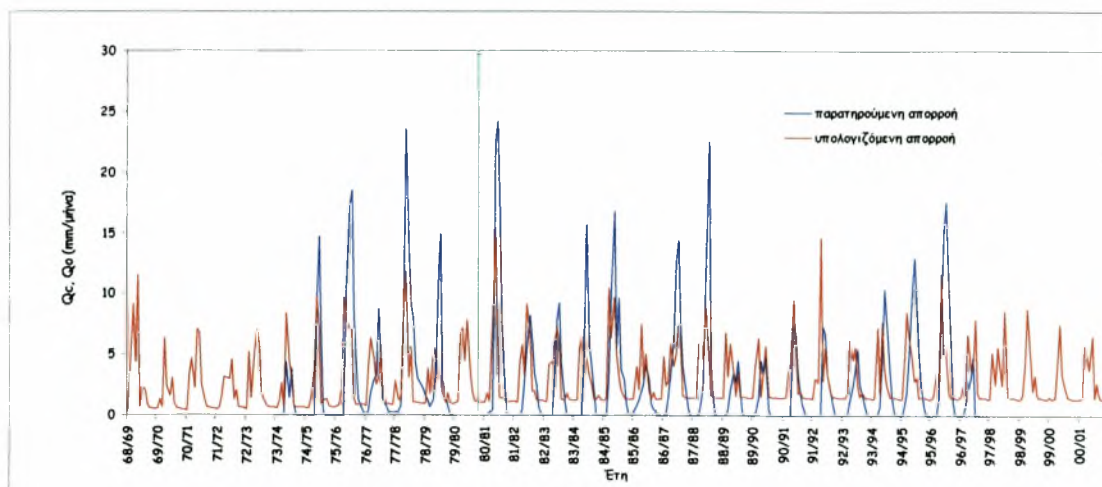


Σχήμα 2.179

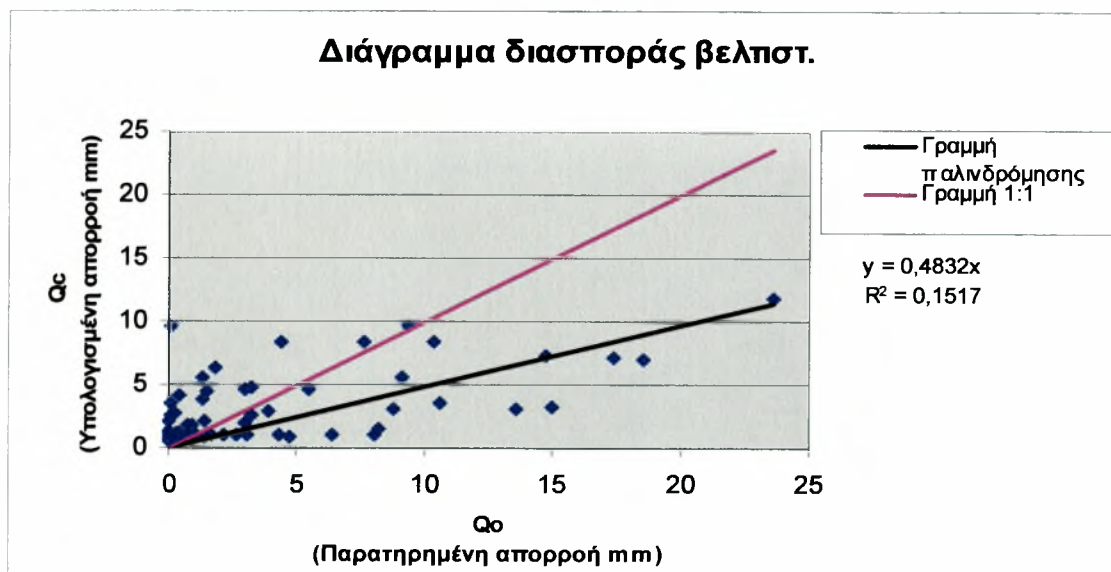


Σχήμα 2.180

1.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Abuiohom λεκάνη απορροής Γαζανός.

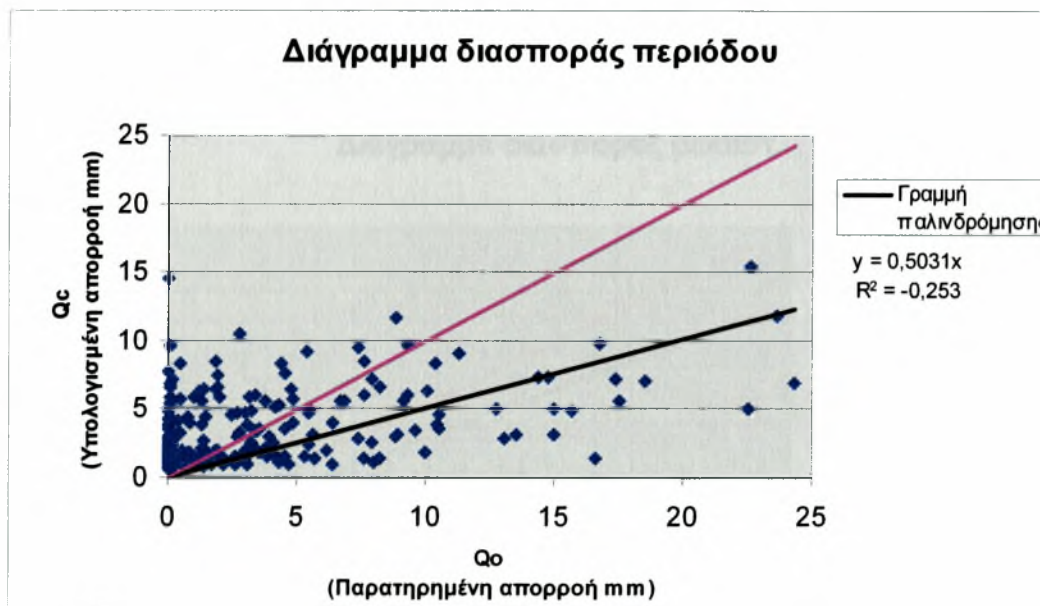
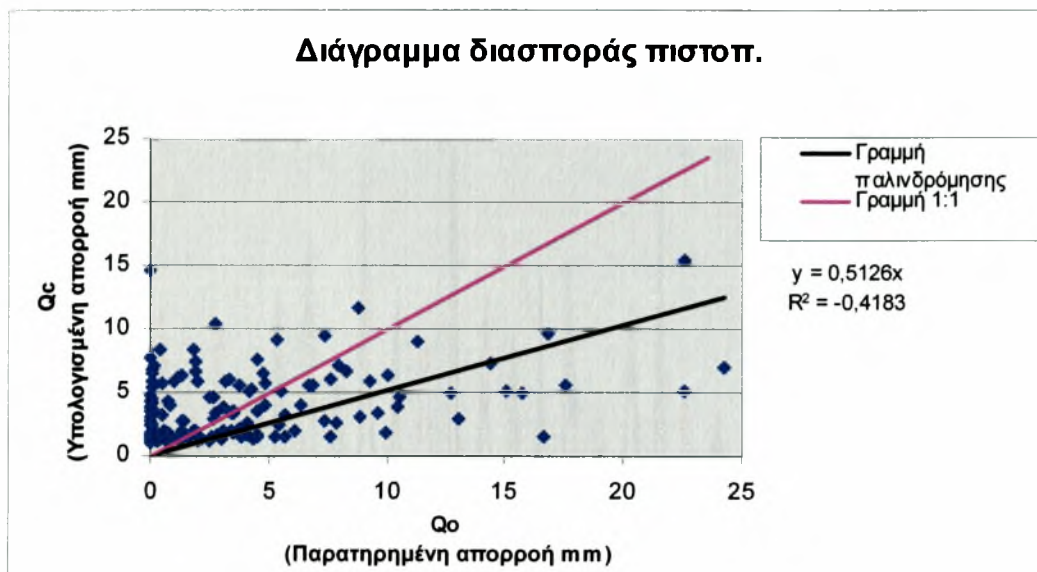


Σχήμα 2.181

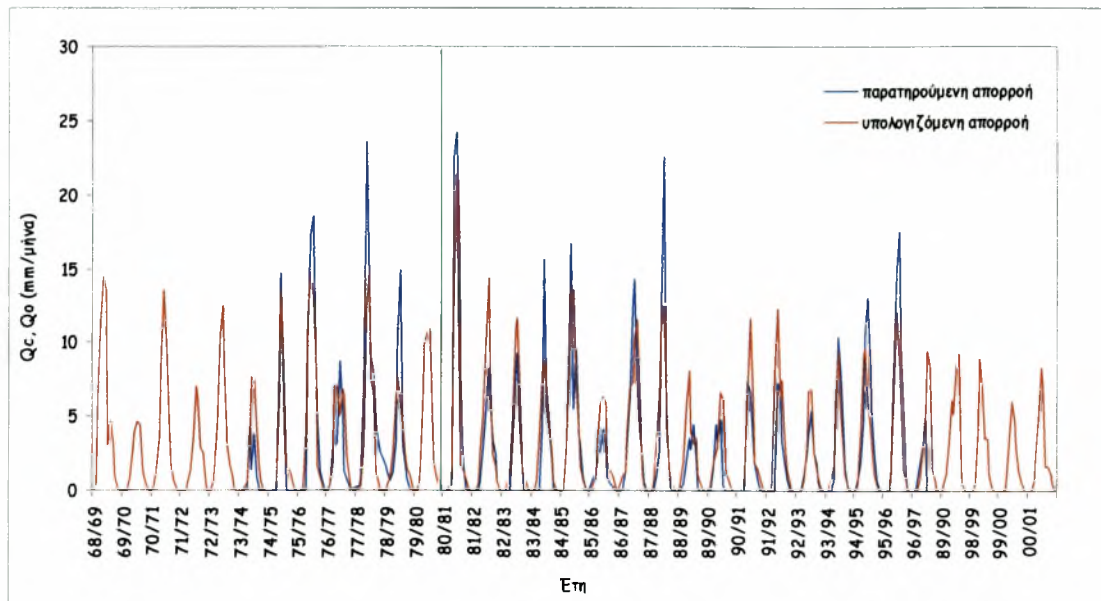


Σχήμα 2.182

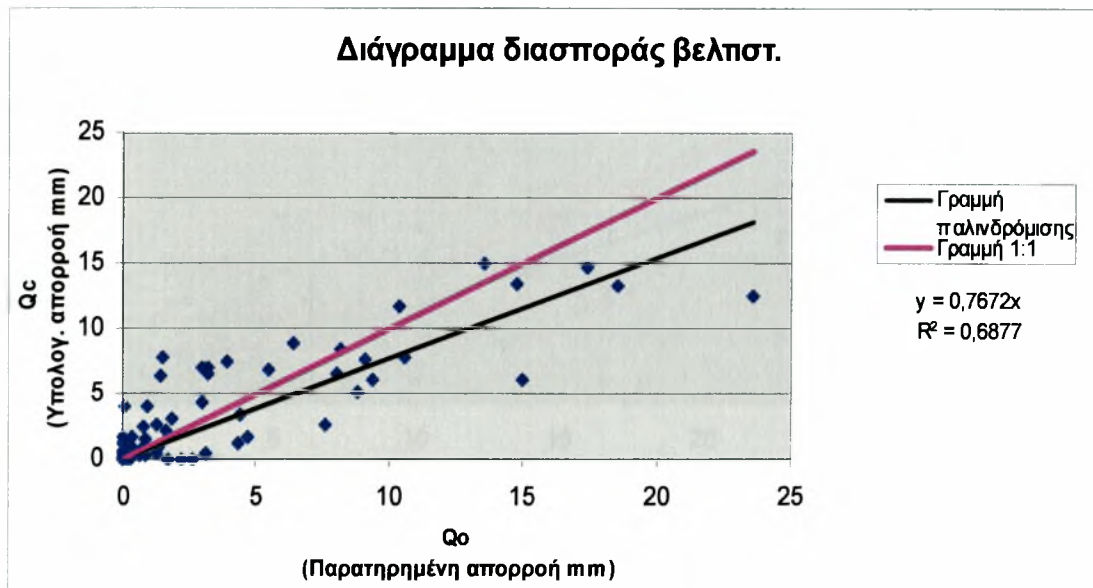
1.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Γαζανός.



1.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Γαζανός.

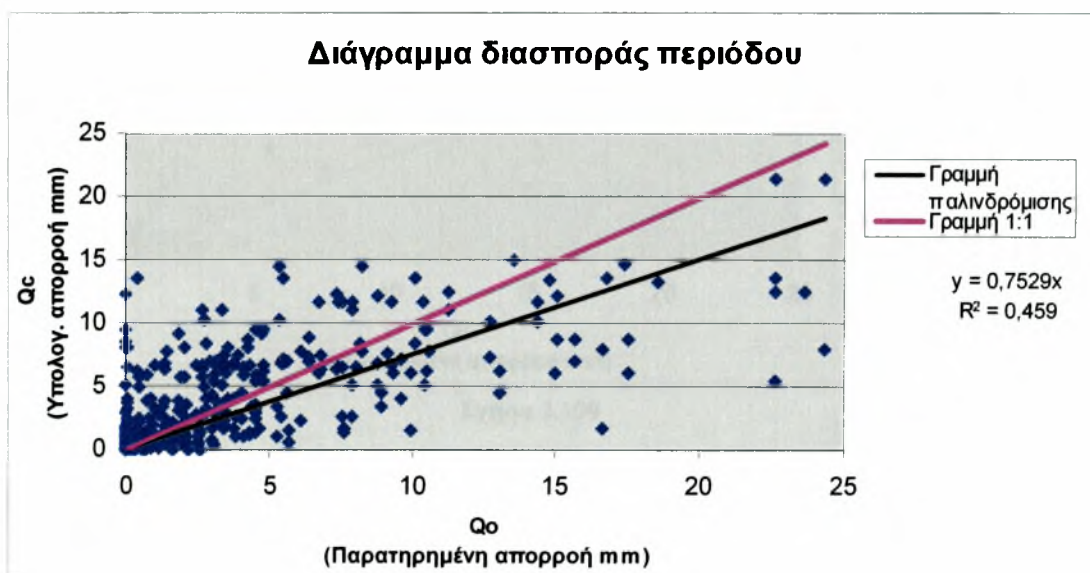


Σχήμα 2.185

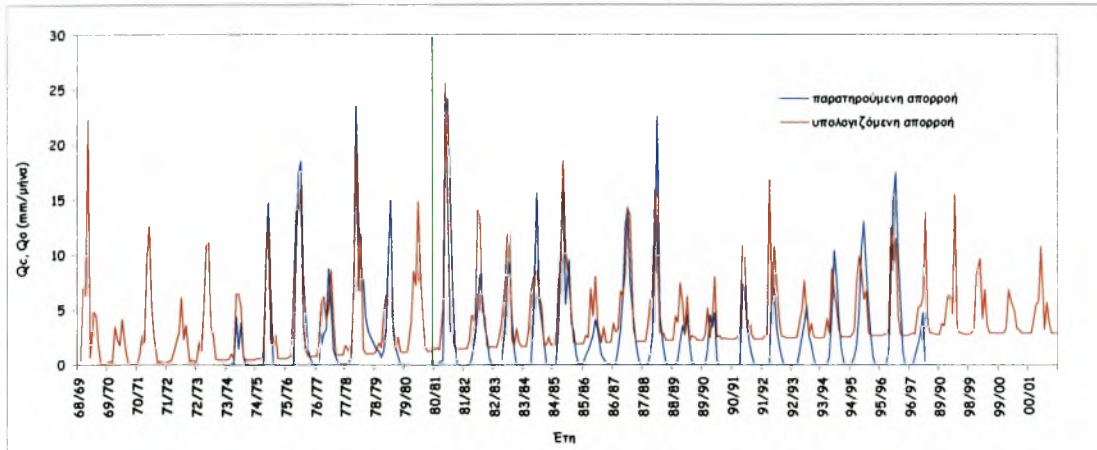


Σχήμα 2.186

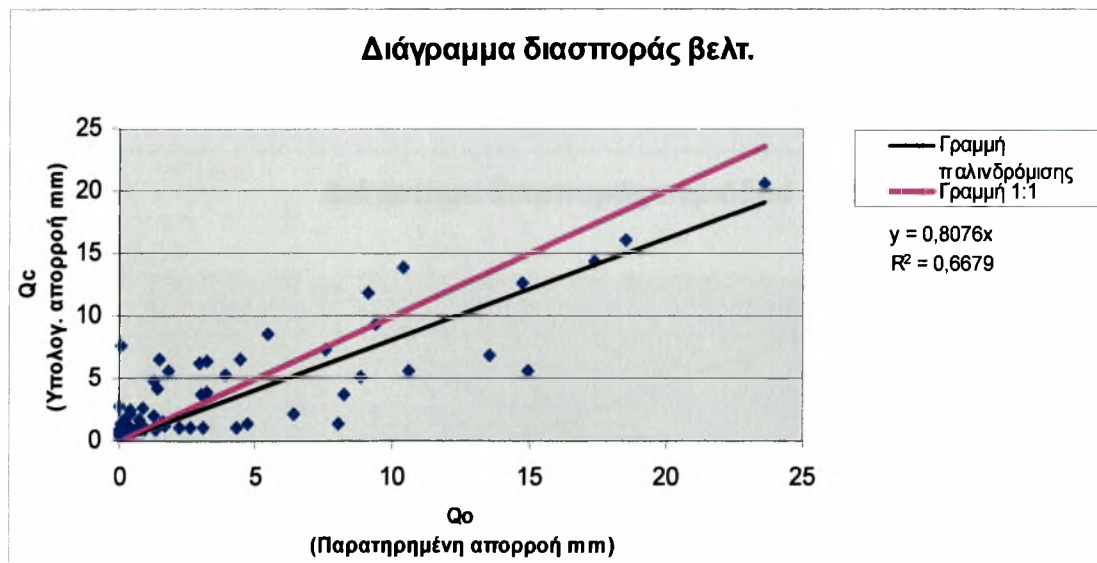
1.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Γαζανός .



1.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Γαζανός.

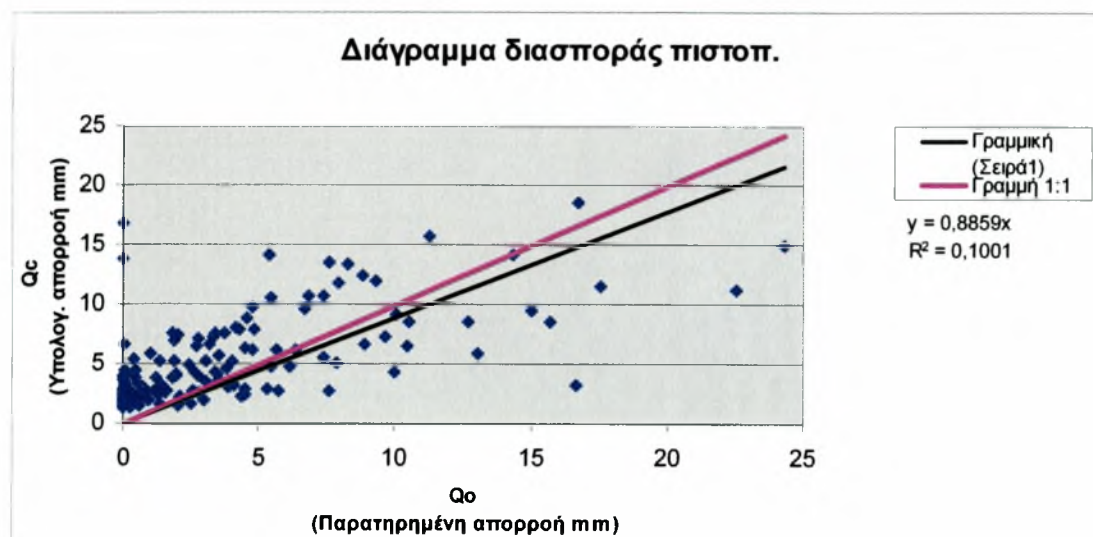


Σχήμα 2.189

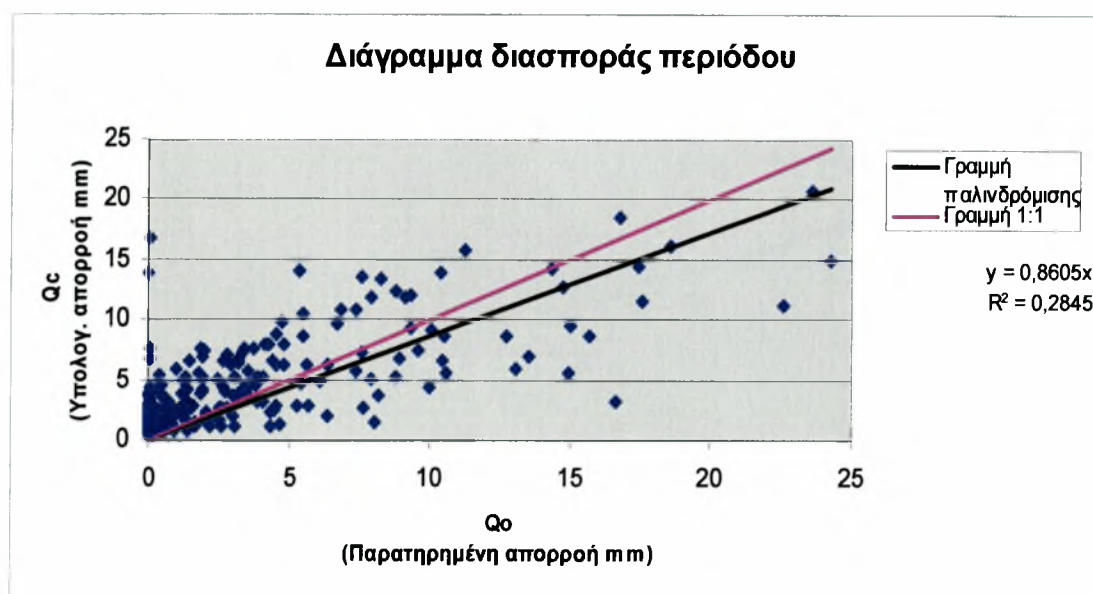


Σχήμα 2.190

1.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Γαζανός .

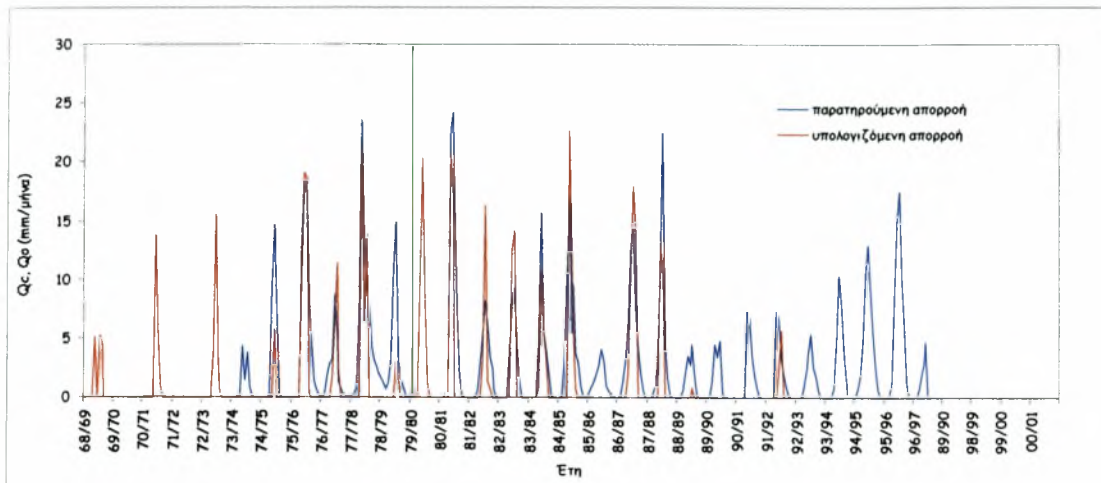


Σχήμα 2.191

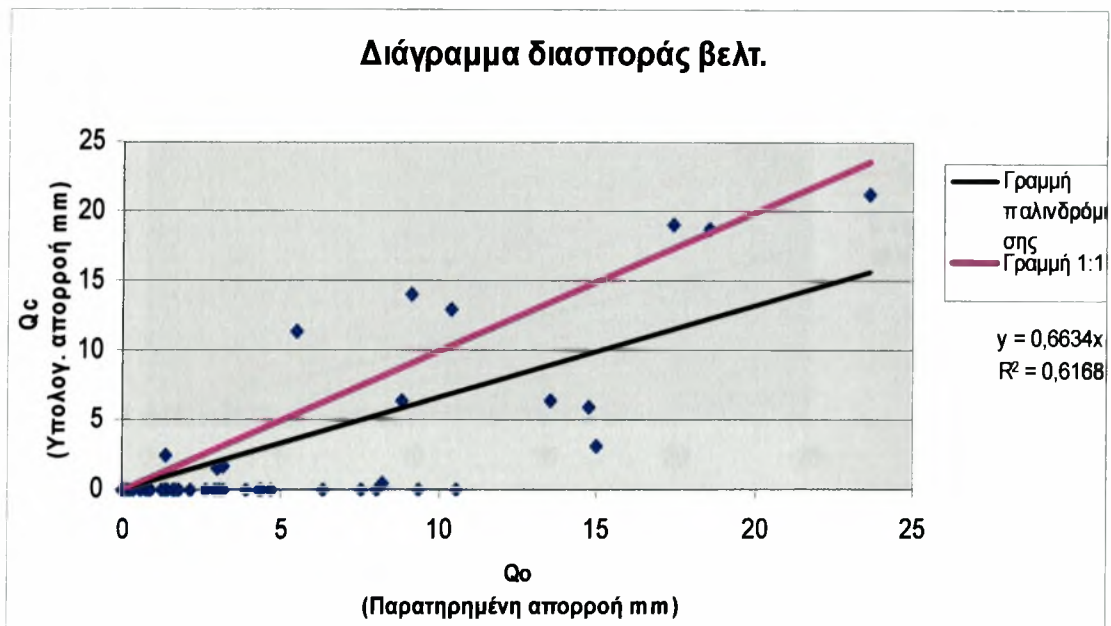


Σχήμα 2.192

1.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Γιακουμάκης λεκάνη απορροής Γαζανός.

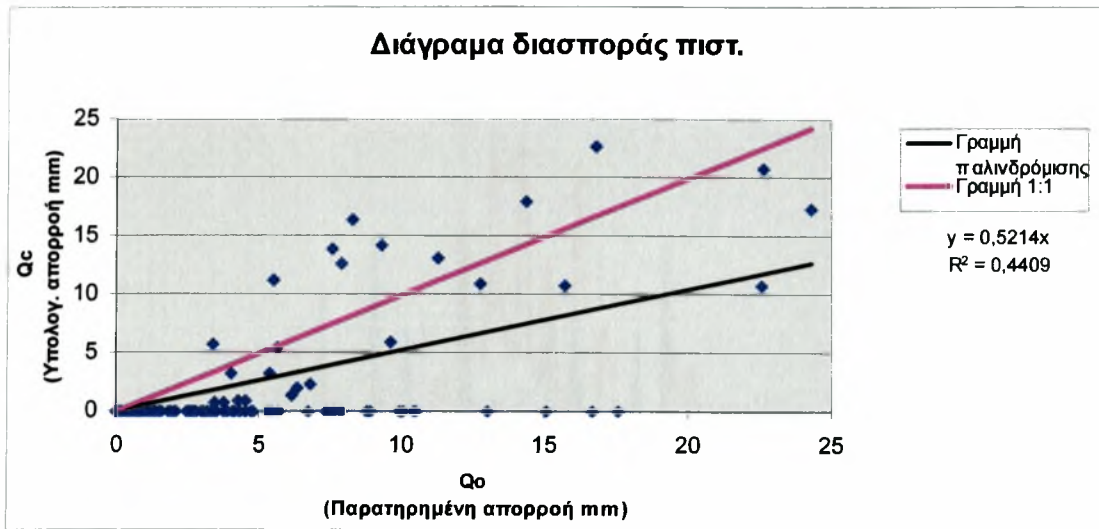


Σχήμα 2.193

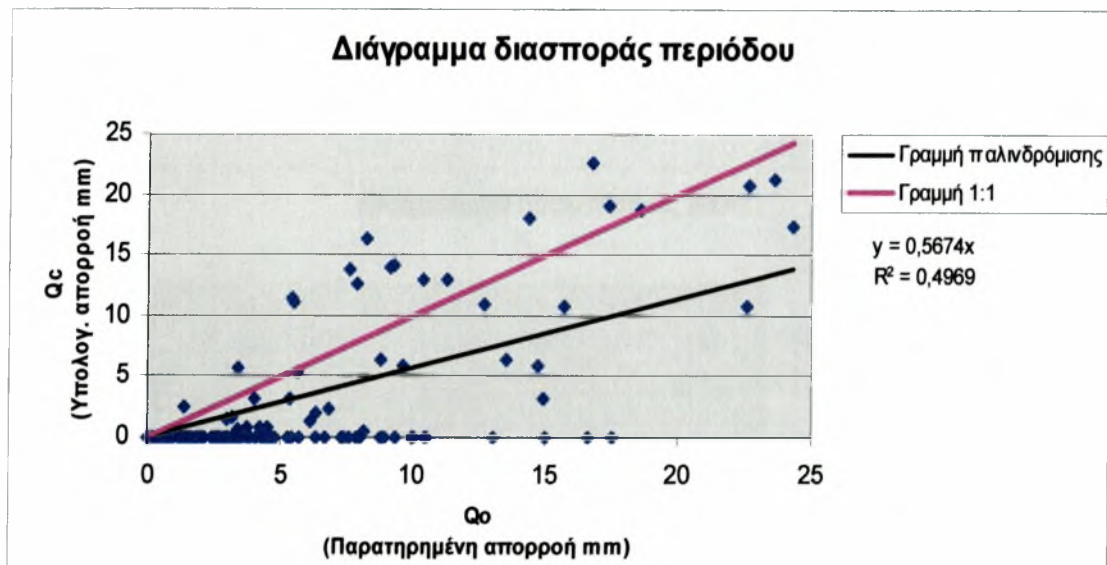


Σχήμα 2.194

1.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Γιακουμακίς λεκάνη απορροής Γαζανός .

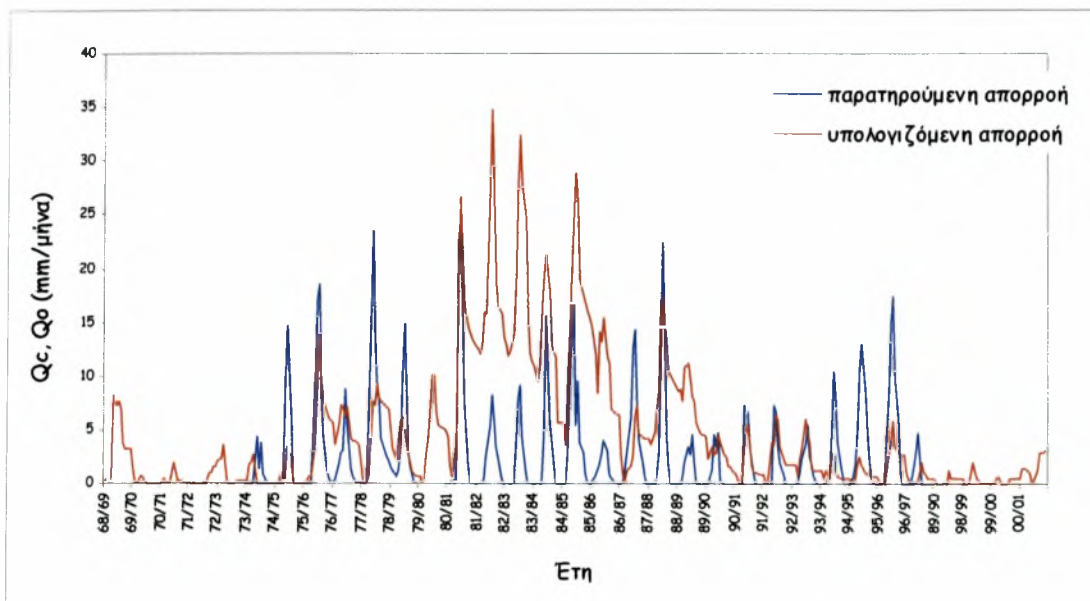


Σχήμα 2.195

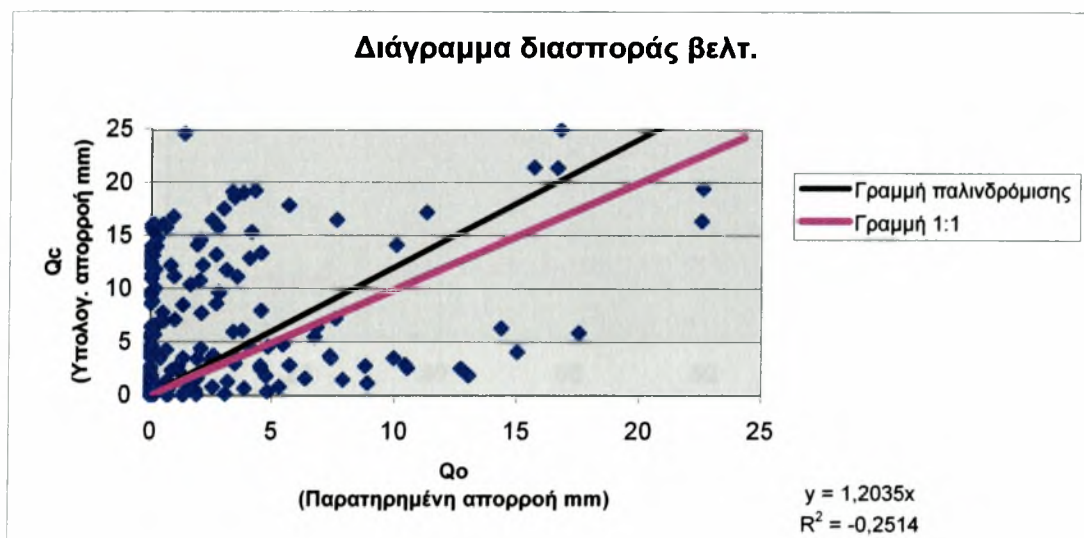


Σχήμα 2.196

Ι.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Xiong-Guo λεκάνη απορροής Γαζανός.

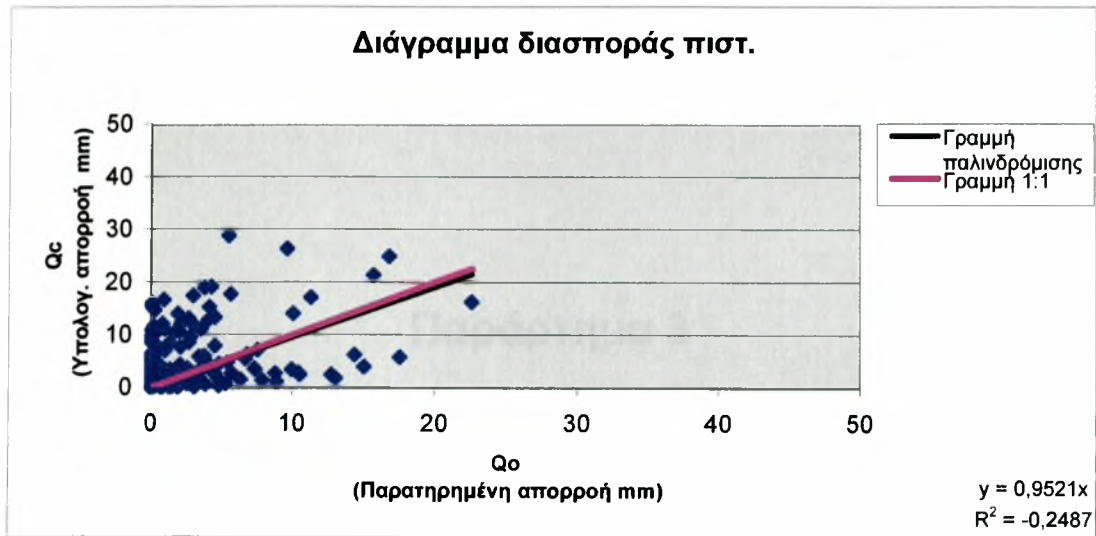


Σχήμα 2.197

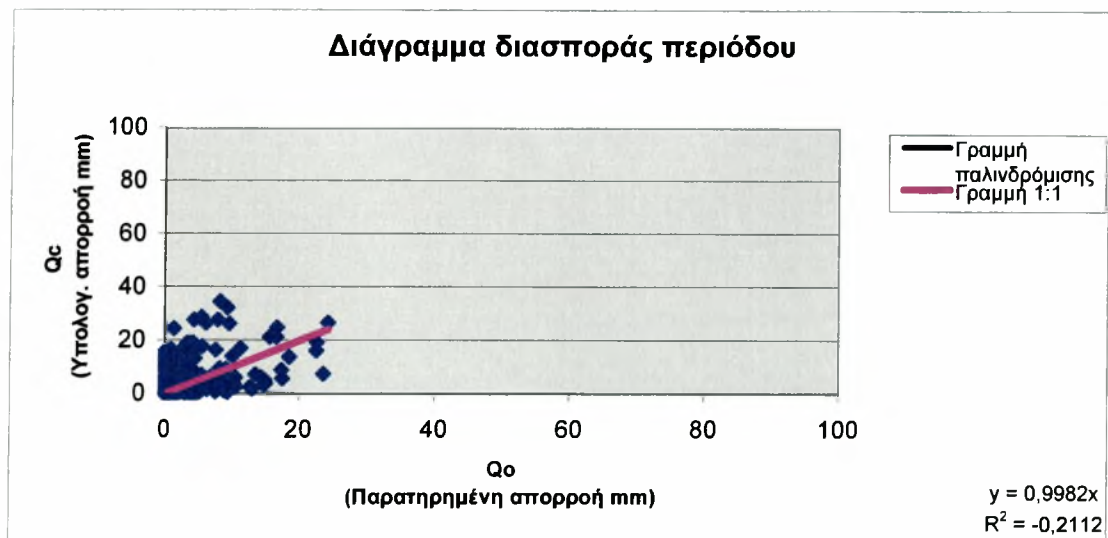


Σχήμα 2.198

I.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Χιονο-Γυο λεκάνη απορροής Γαζανός .



Σχήμα 2.199

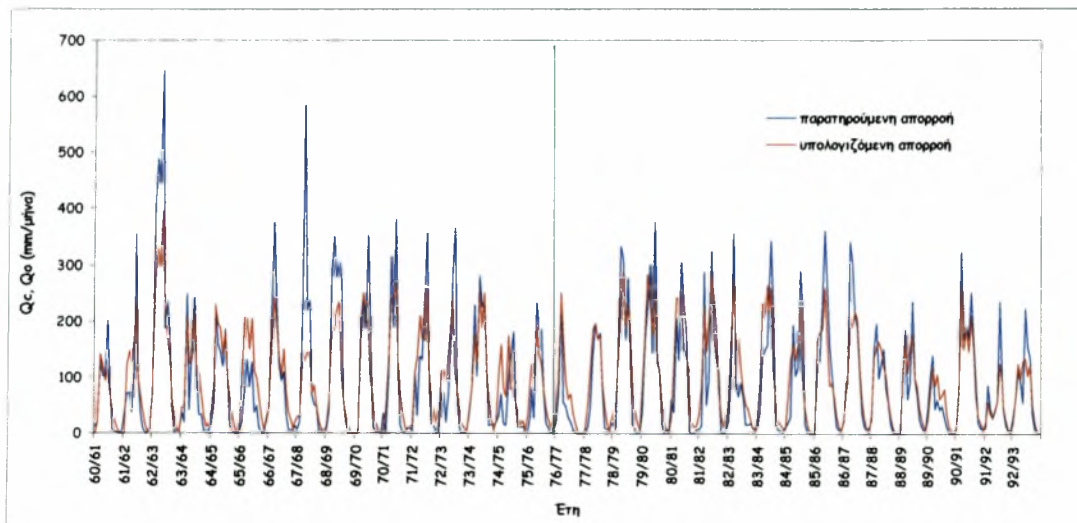


Σχήμα 2.200

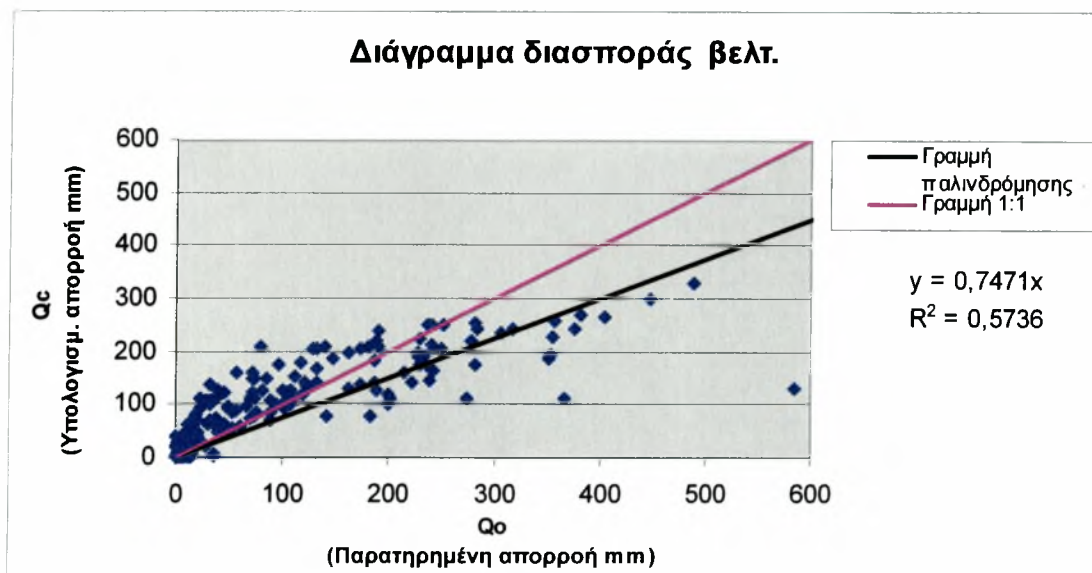
Παράρτημα 3

-Διαγράμματα πραγματικής & προσομοιωμένης
απορροής
-Διαγράμματα διασποράς
(Βελτιστοποίηση 2^{ης} περιόδου, πιστοποίηση 1^{ης} περιόδου)

A.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Πύλη.

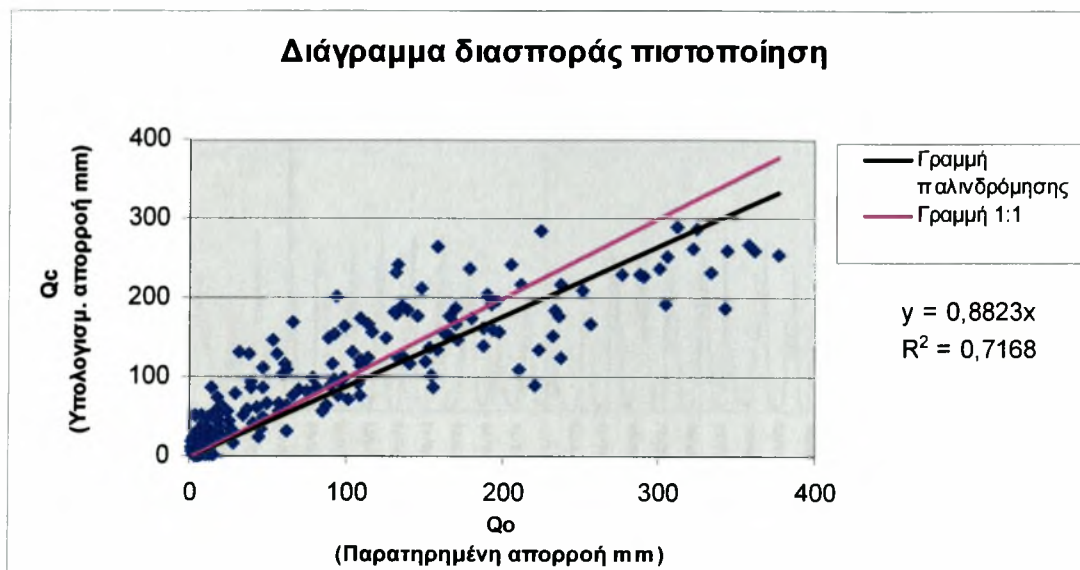


Σχήμα 3.1

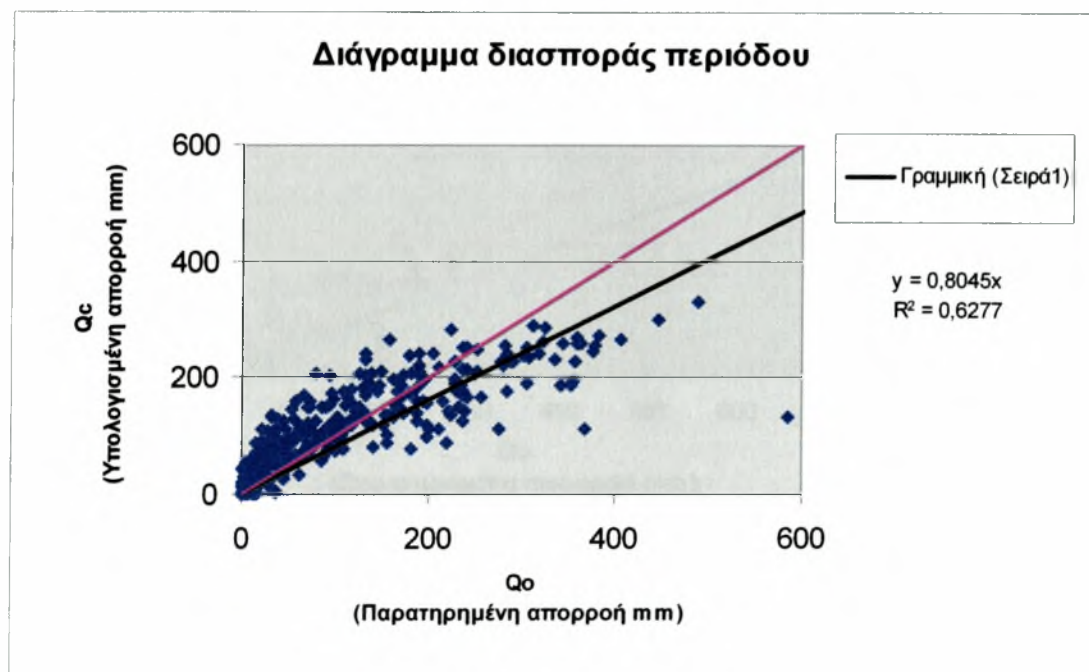


Σχήμα 3.2

Α.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Πύλη.

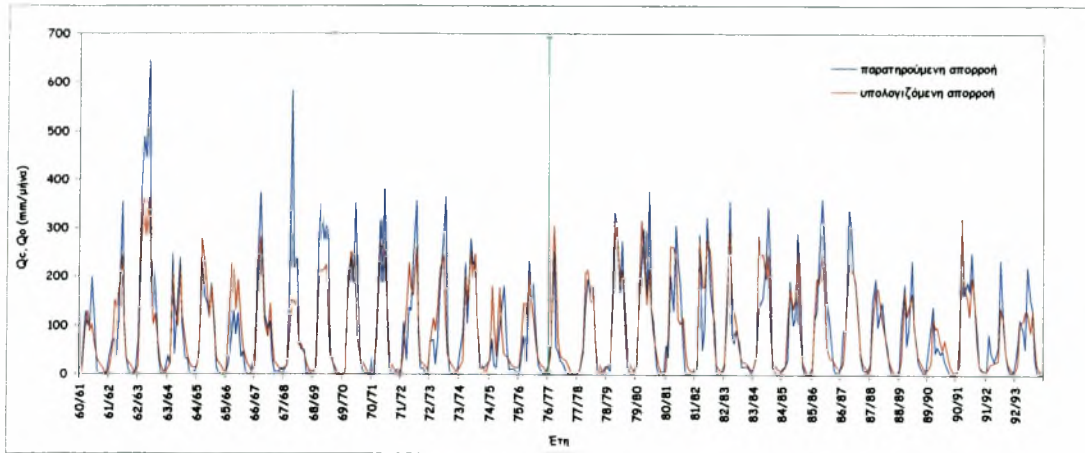


Σχήμα 3.3

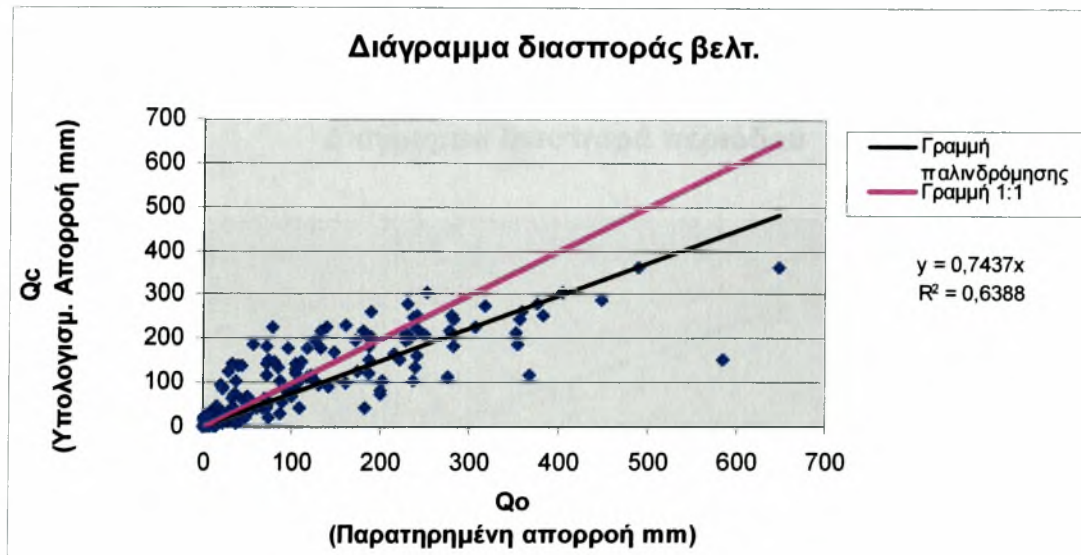


Σχήμα 3.4

Α.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Πύλη.

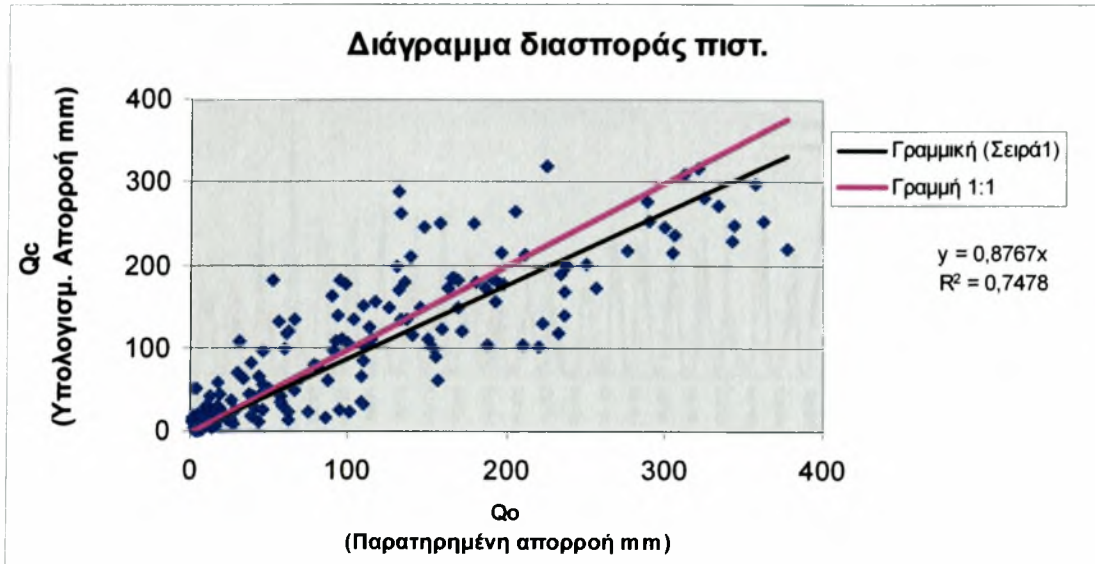


Σχήμα 3.5

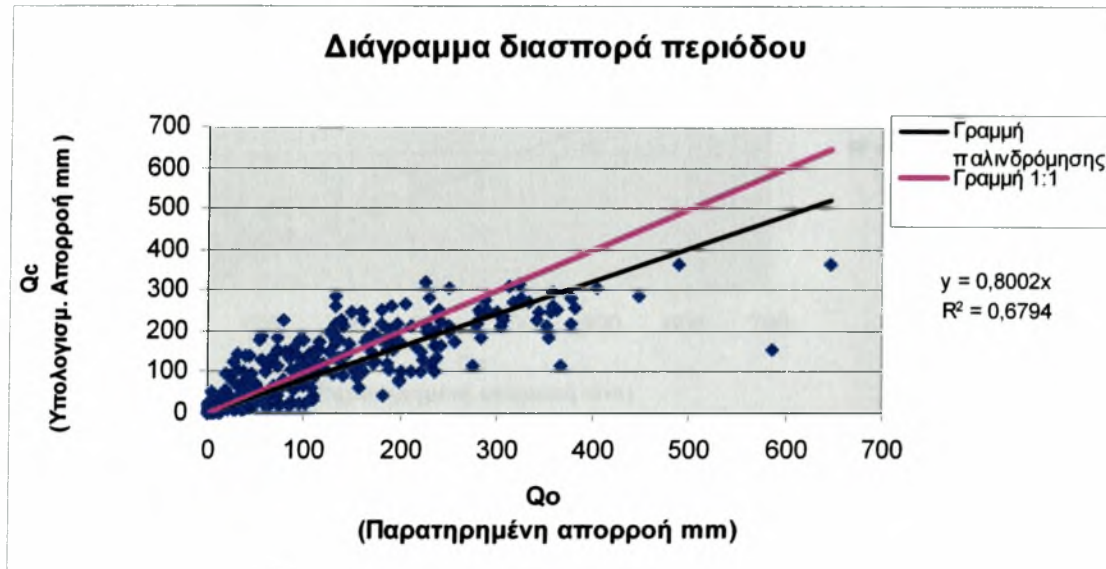


Σχήμα 3.6

Α.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Πύλη.

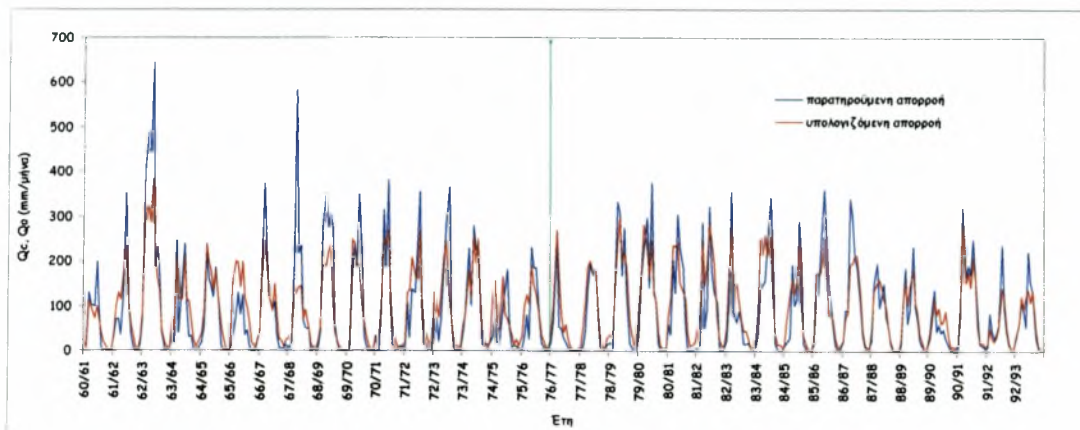


Σχήμα 3.7

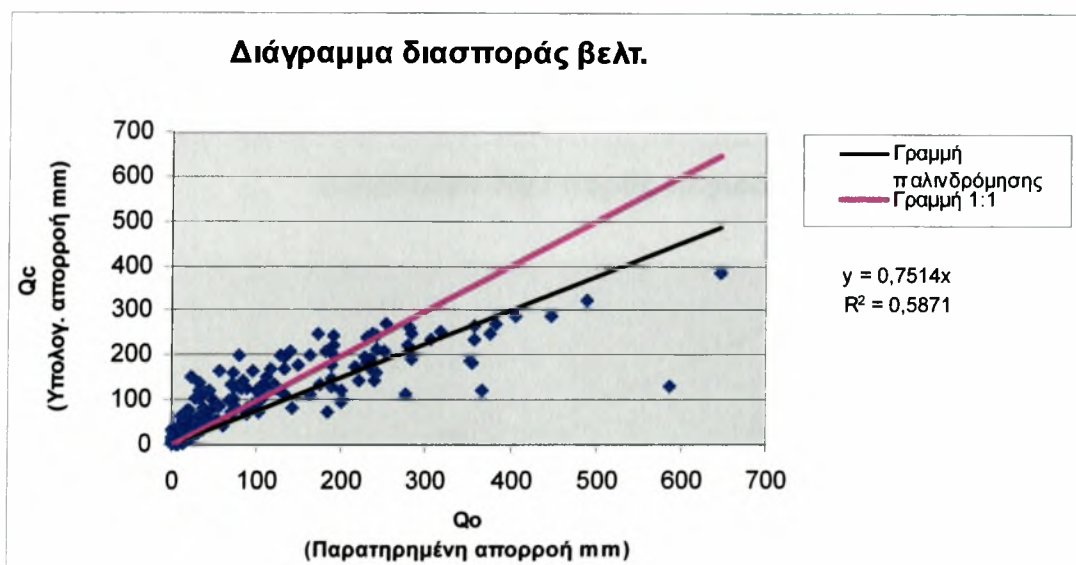


Σχήμα 3.8

Α.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Πύλη.

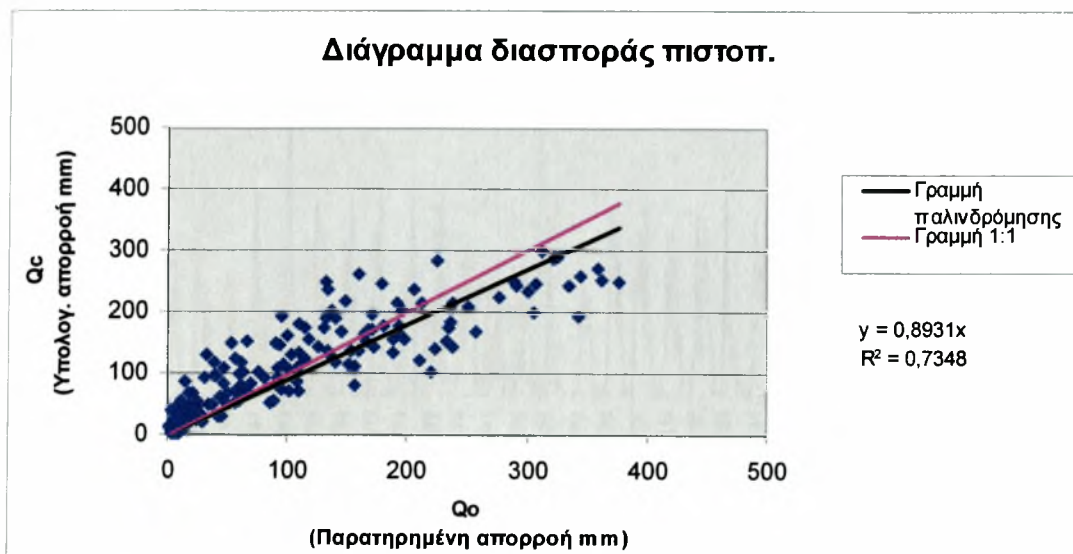


Σχήμα 3.9

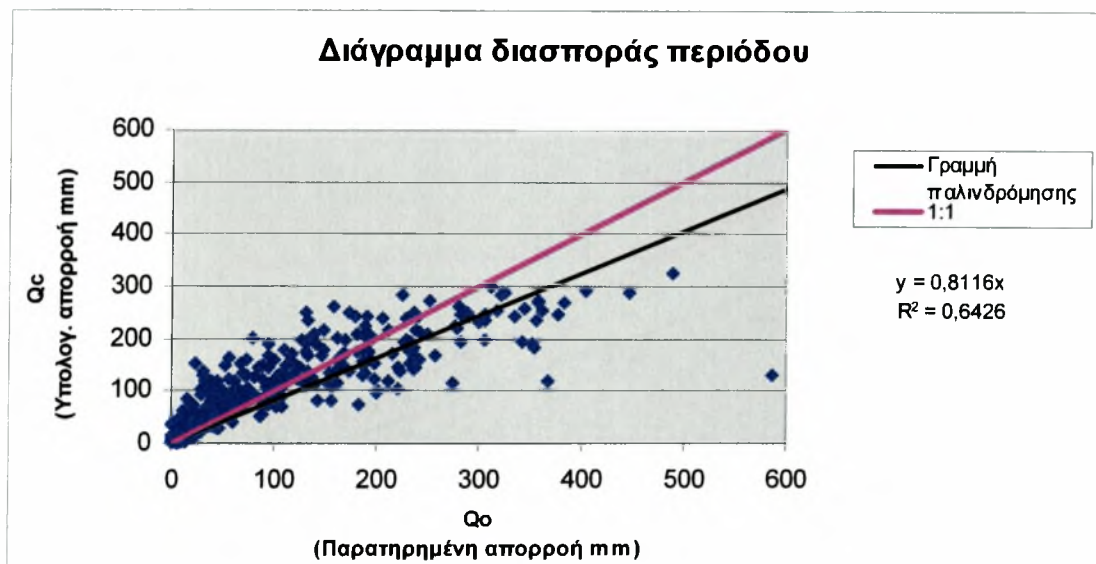


Σχήμα 3.10

A.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Πύλη.

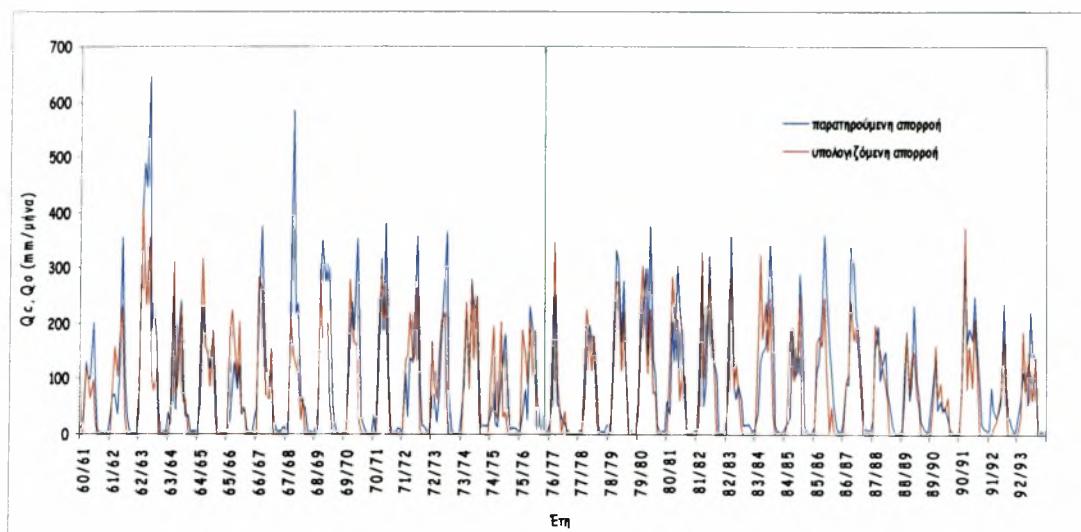


Σχήμα 3.11

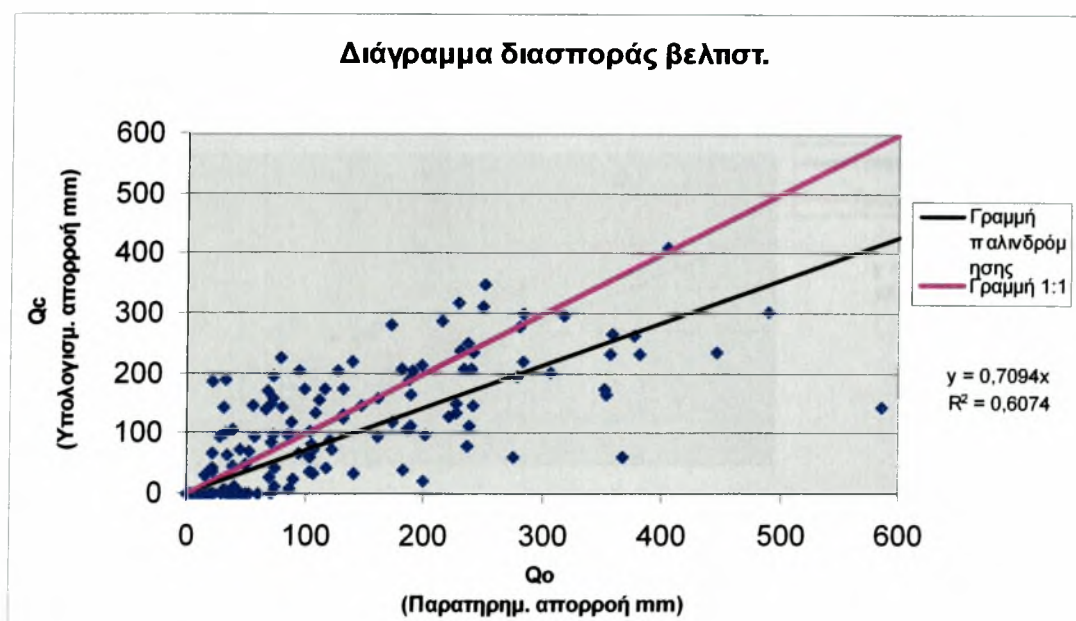


Σχήμα 3.12

A.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Giacomakis λεκάνη απορροής Πύλη.

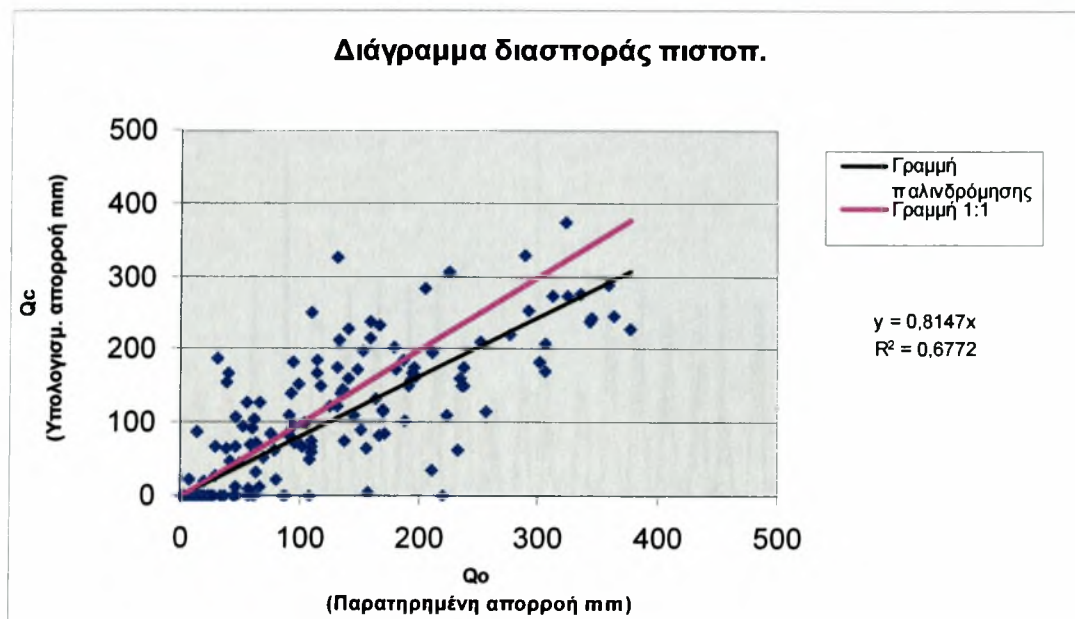


Σχήμα 3.13

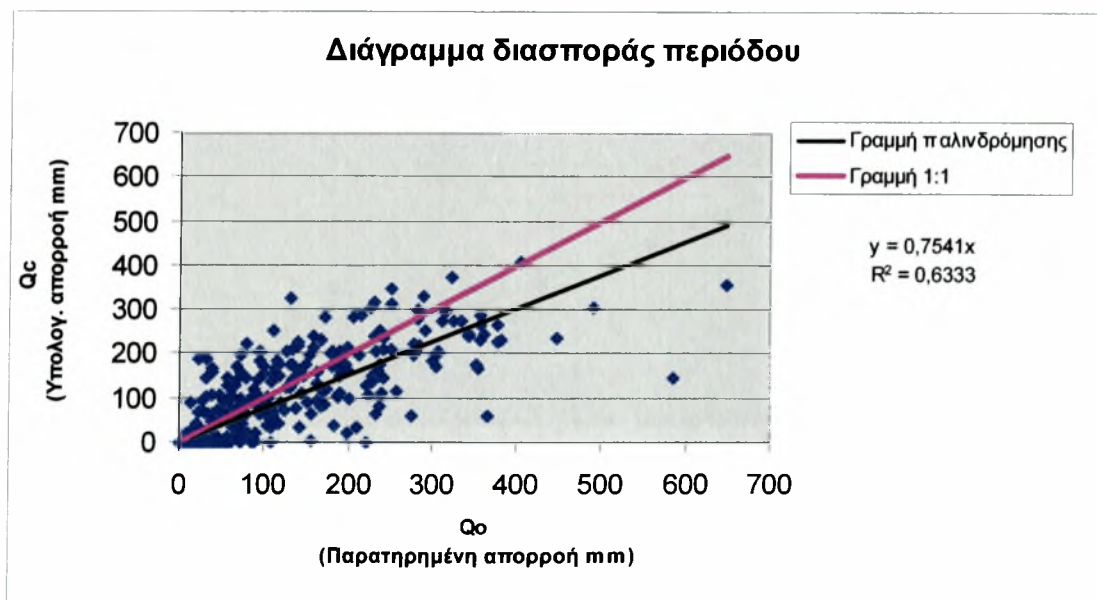


Σχήμα 3.14

Α.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Γιακουμάκης λεκάνη απορροής Πύλη.

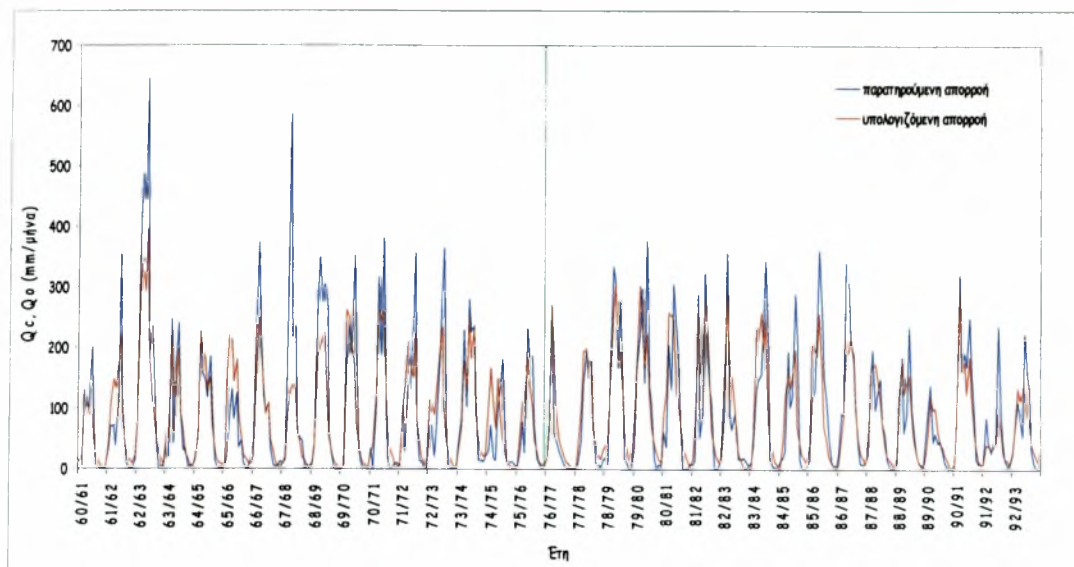


Σχήμα 3.15

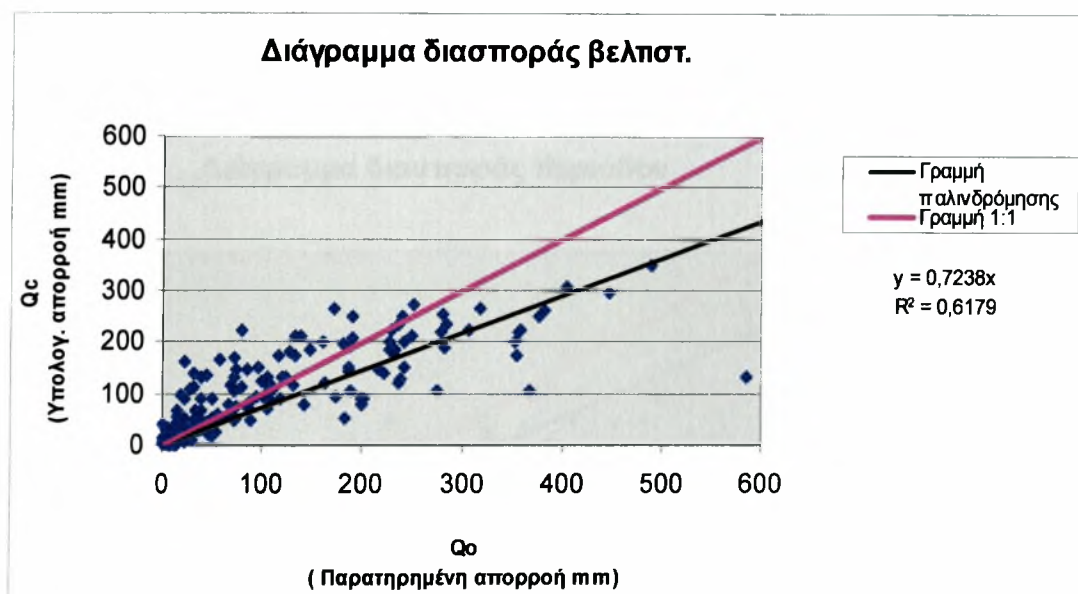


Σχήμα 3.16

Α.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Χιονη-Γουο λεκάνη απορροής Πύλη.

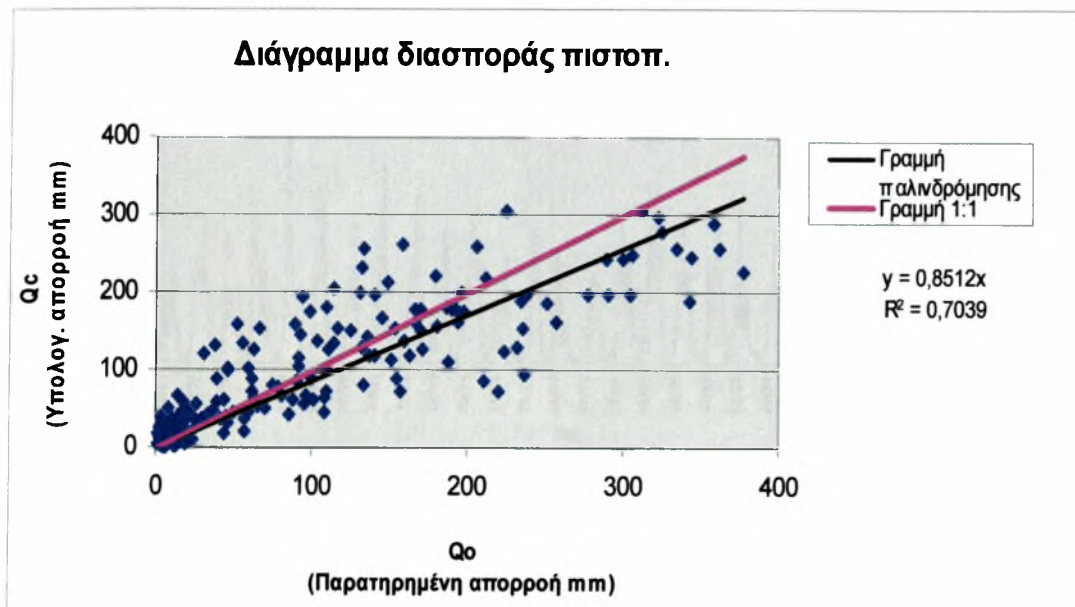


Σχήμα 3.17

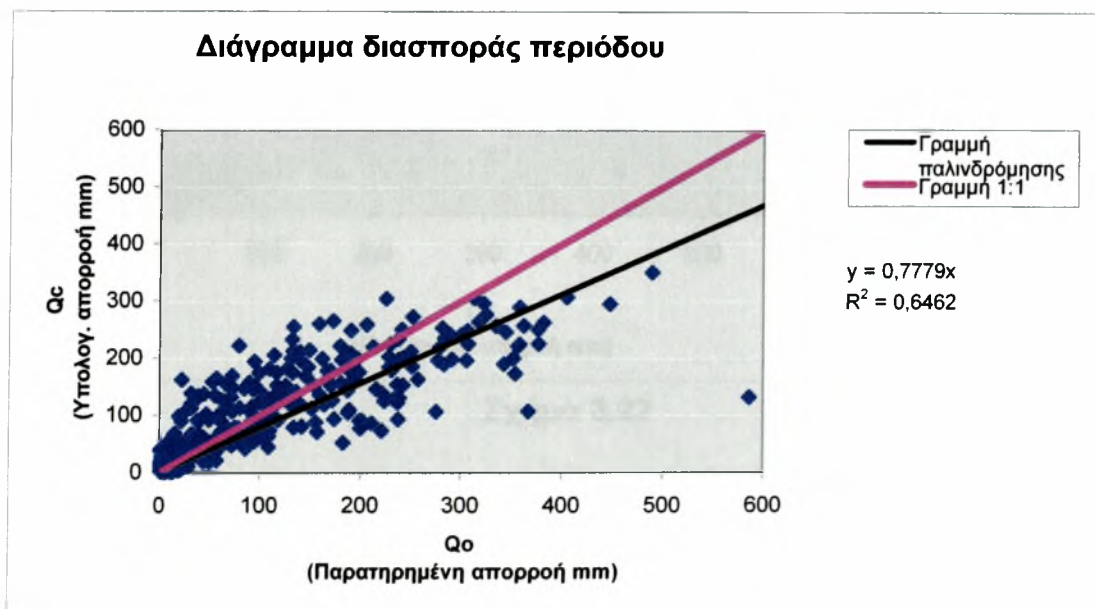


Σχήμα 3.18

A.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Χιονο-Γυο λεκάνη απορροής Πύλη.

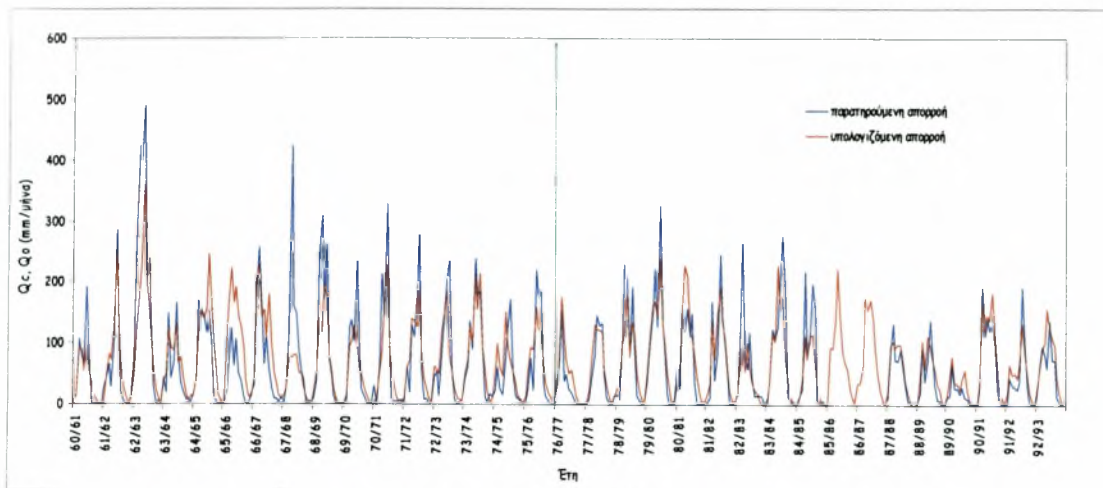


Σχήμα 3.19

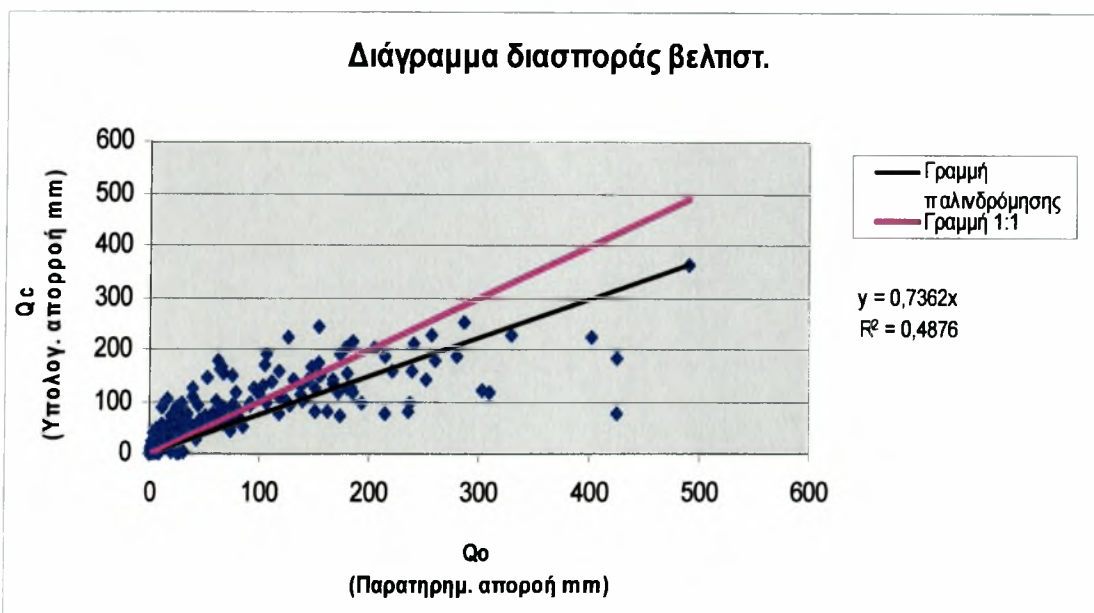


Σχήμα 3.20

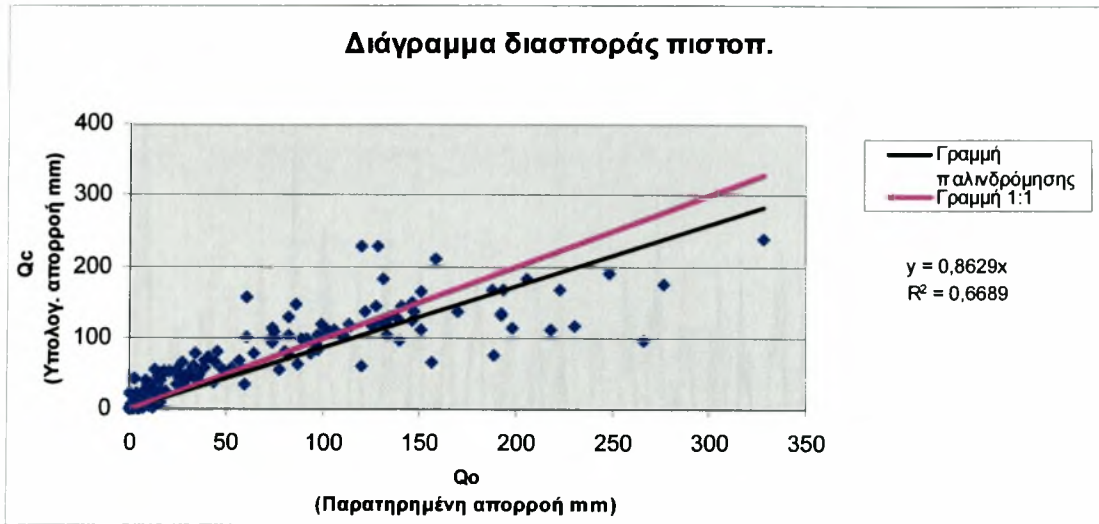
Β.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Μουζάκι.



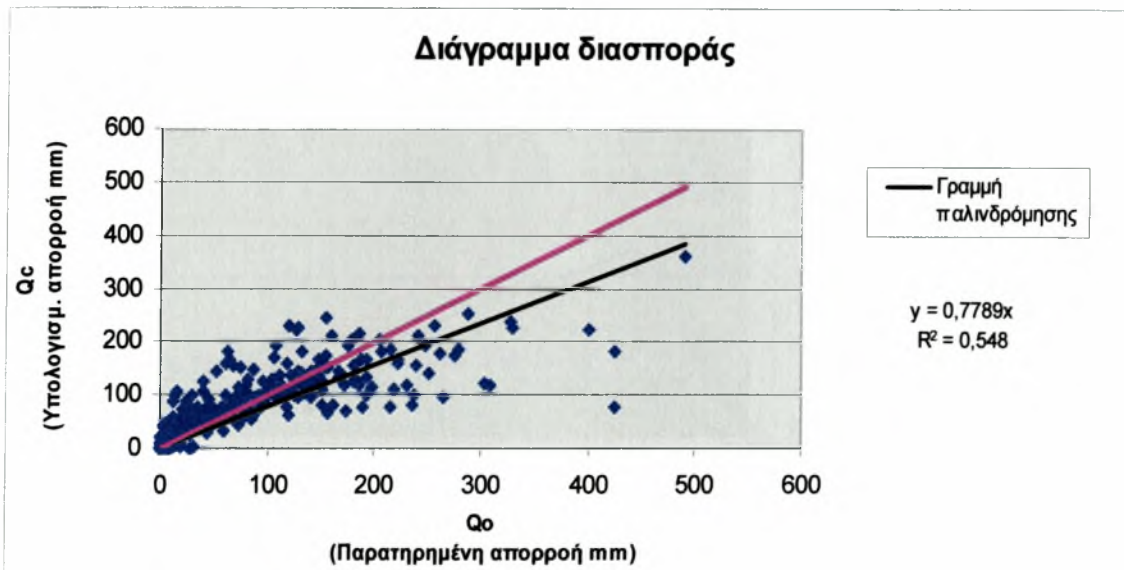
Σχήμα 3.21



B.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960ως Σεπτέμβριο 1978 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Μουζάκι.

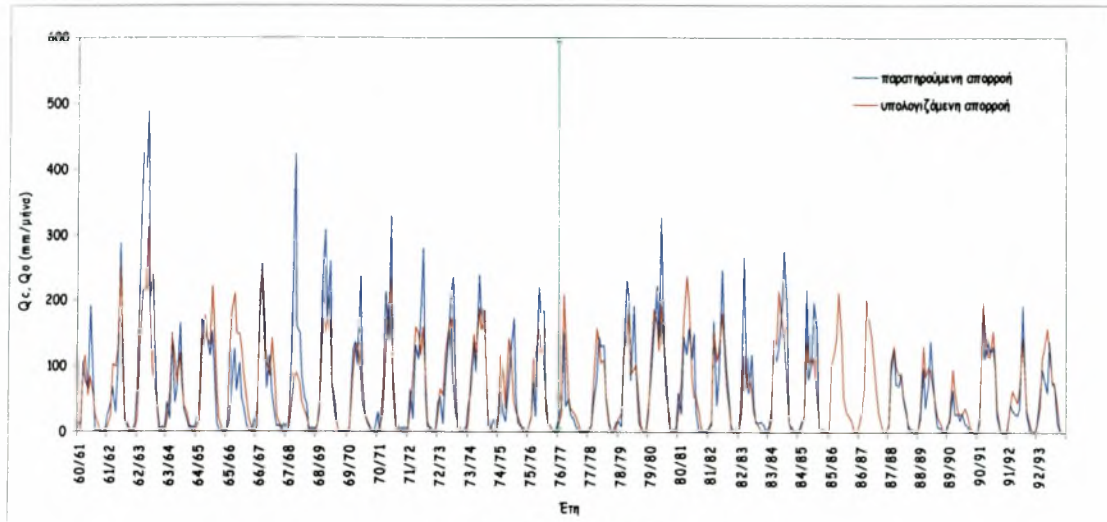


Σχήμα 3.23

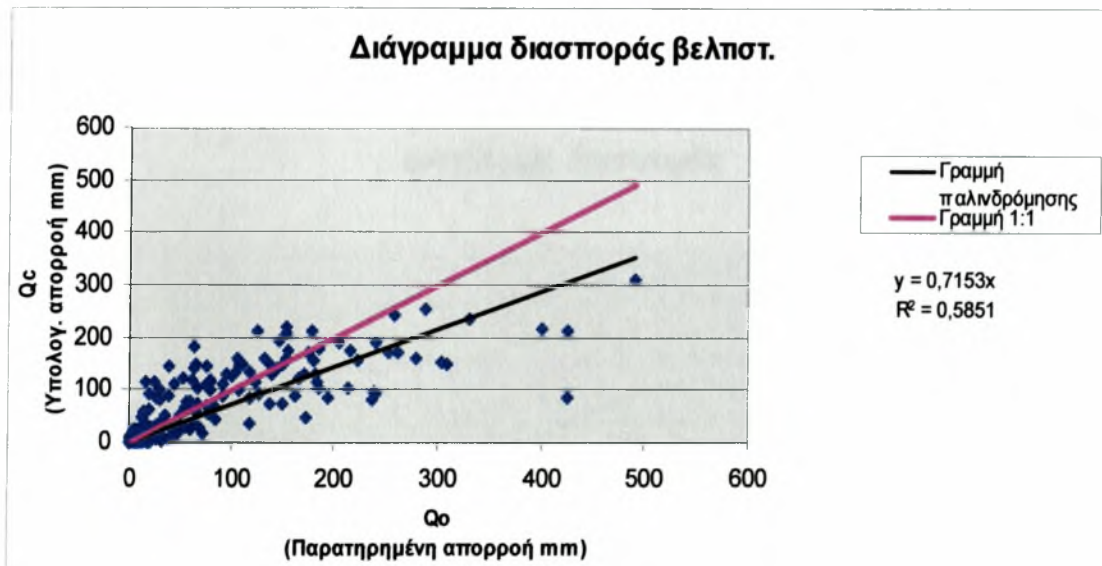


Σχήμα 3.24

B.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Μουζάκι.

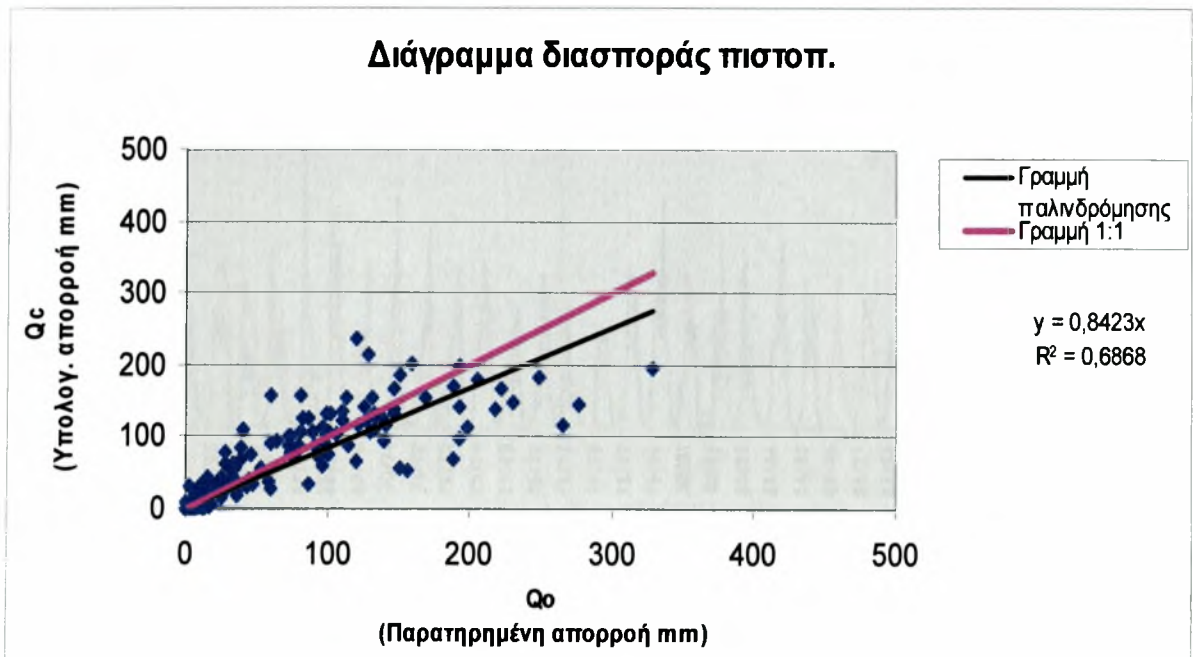


Σχήμα 3.25

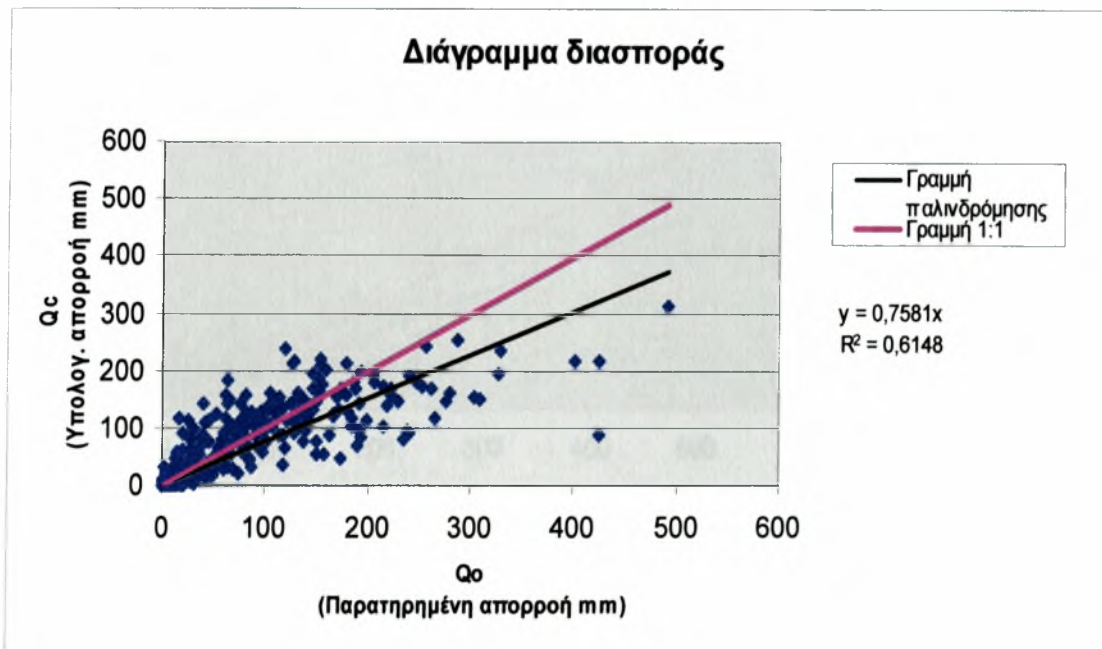


Σχήμα 3.26

Β.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960ως Σεπτέμβριο 1978 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Μουζάκι.

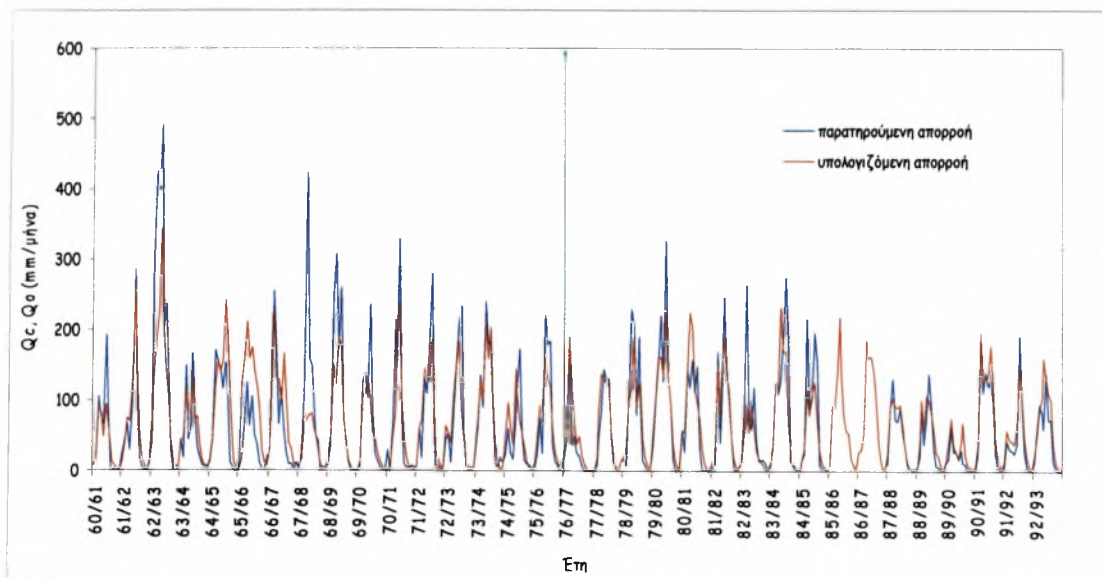


Σχήμα 3.27

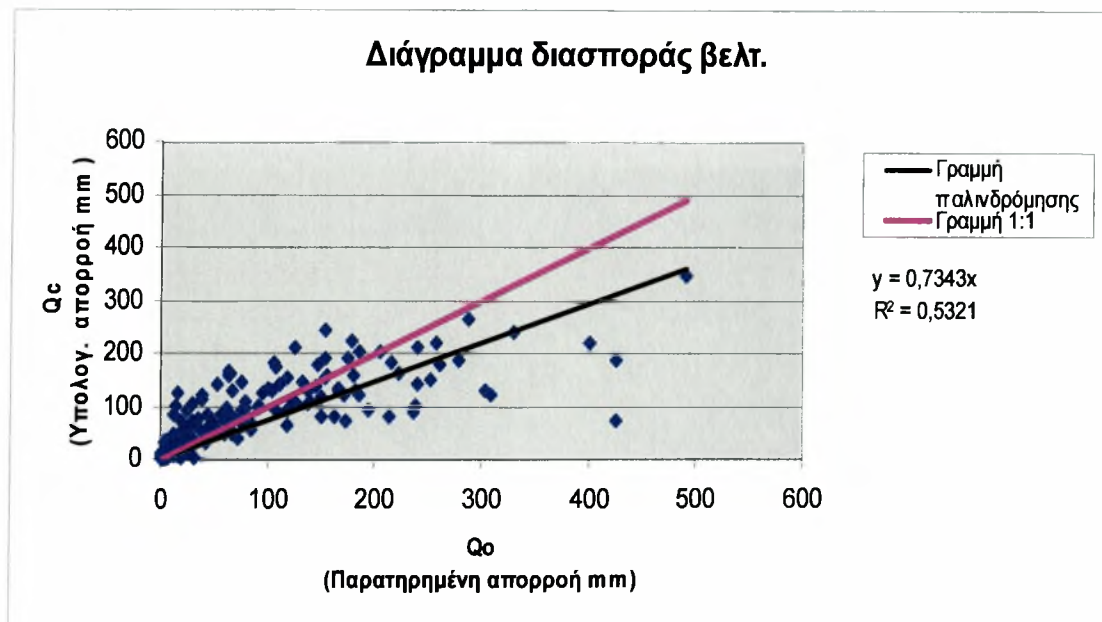


Σχήμα 3.28

B.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Μουζάκι.

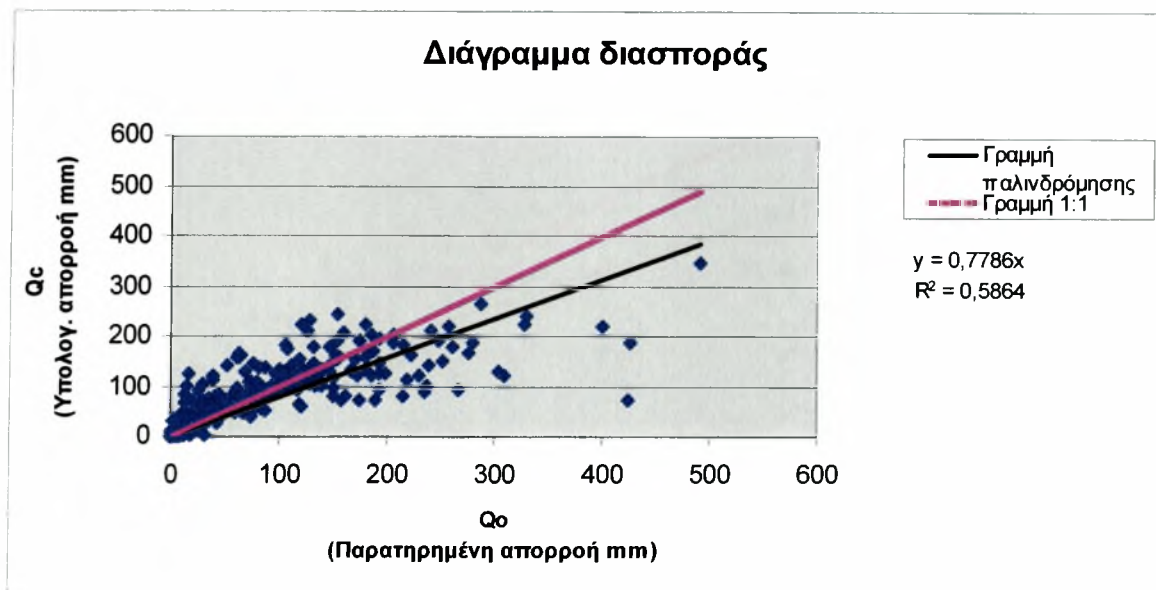
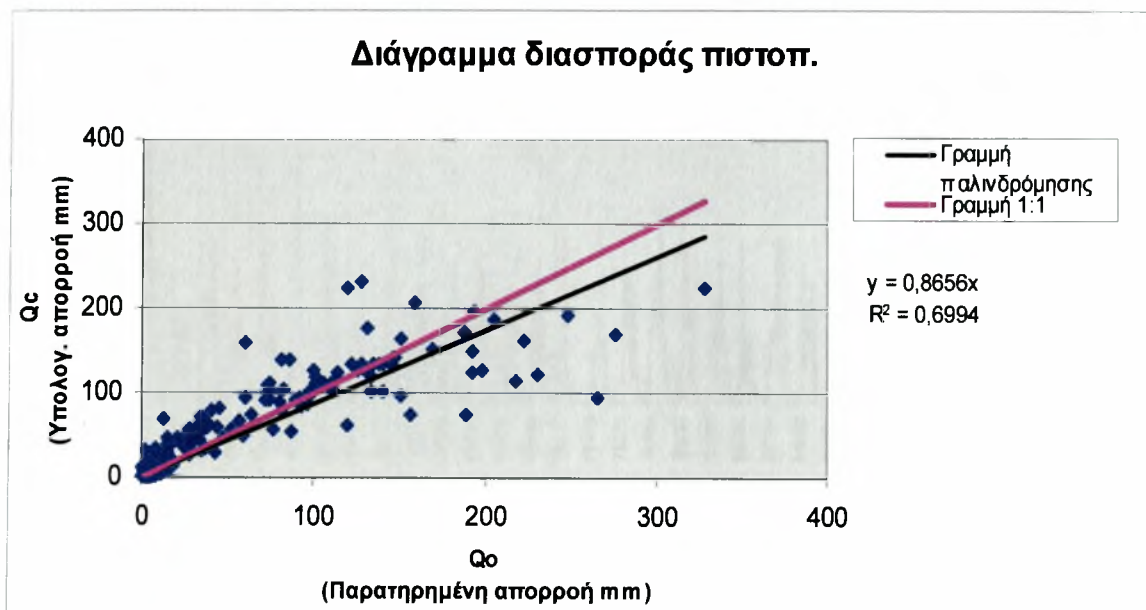


Σχήμα 3.29

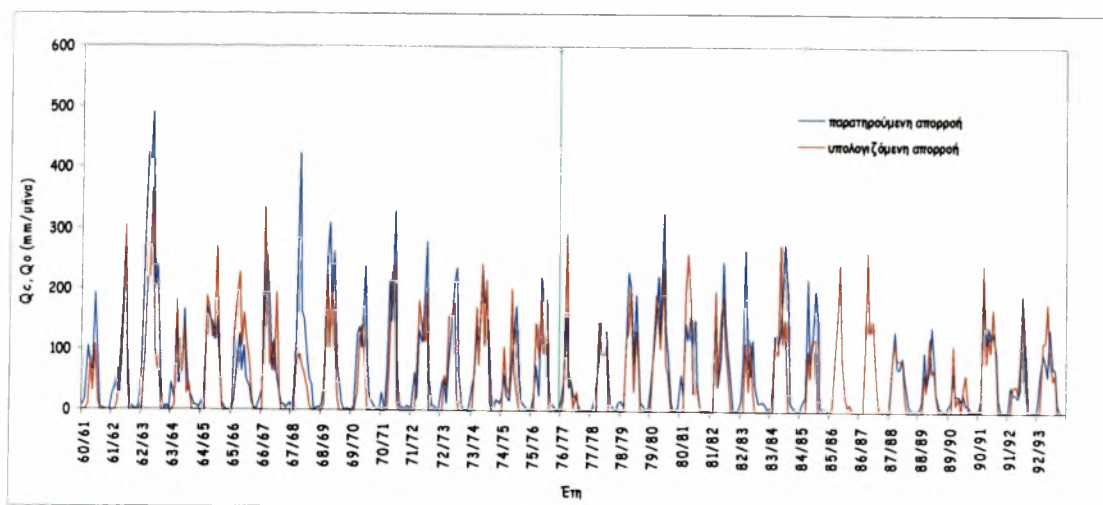


Σχήμα 3.30

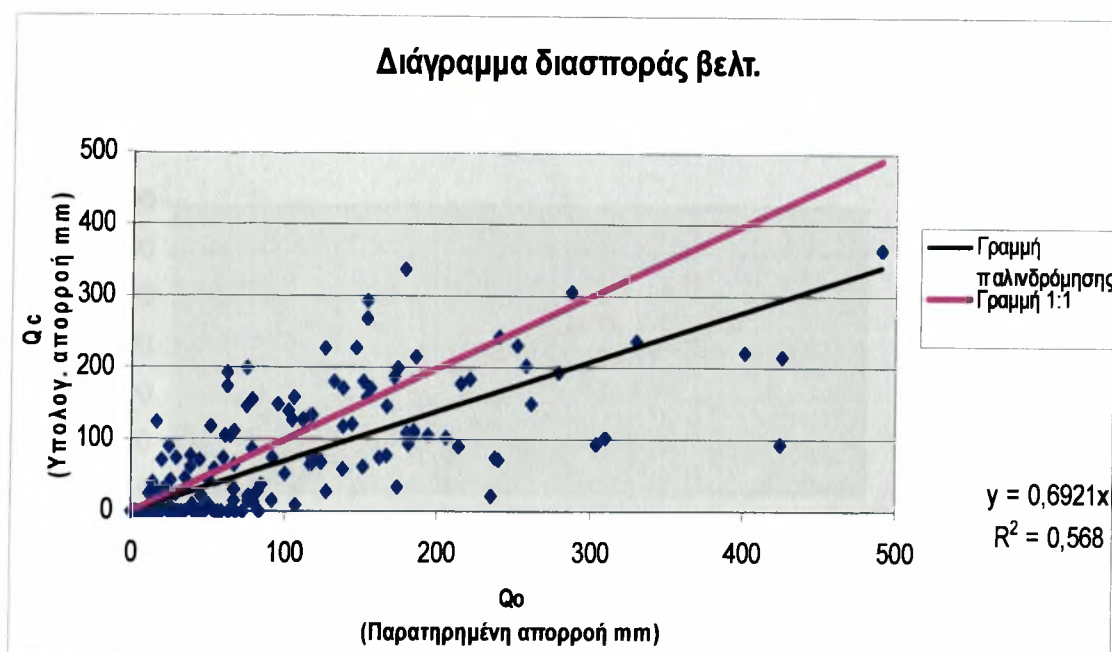
Β.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960ως Σεπτέμβριο 1978 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Μουζάκι.



B.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Μουζάκι.

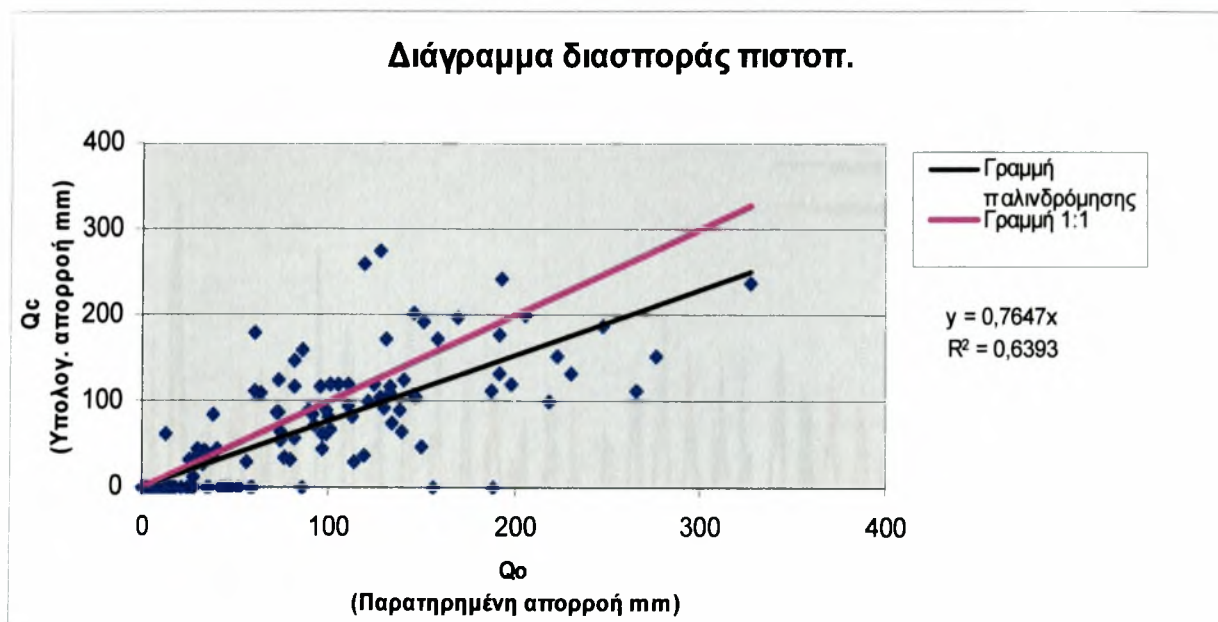


Σχήμα 3.33

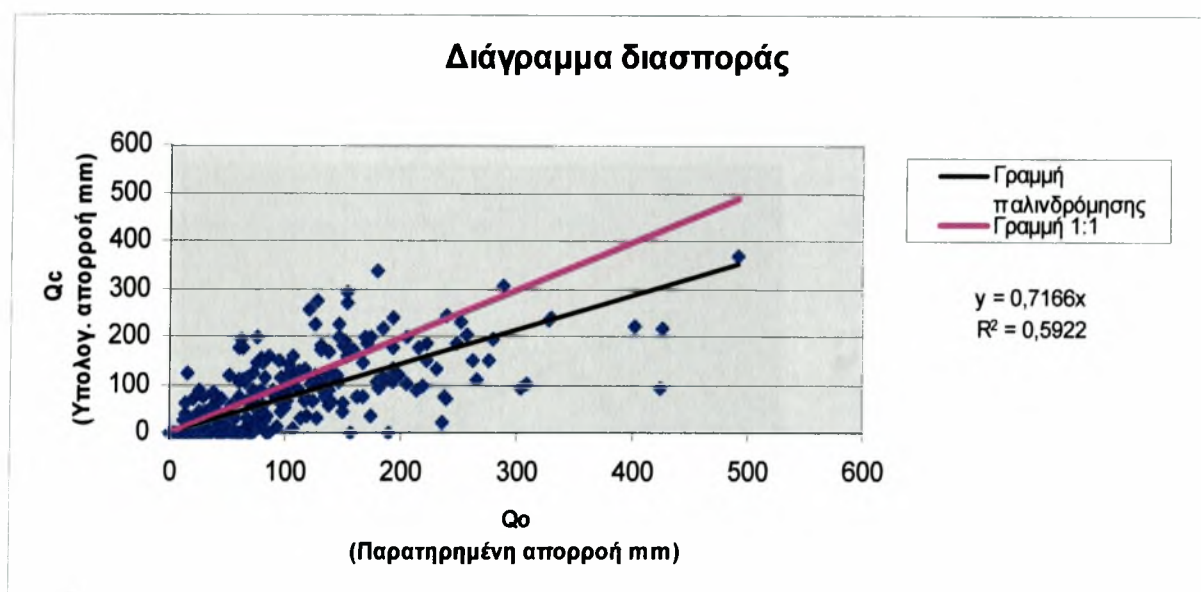


Σχήμα 3.34

Β.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960ως Σεπτέμβριο 1978 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Μουζάκι.

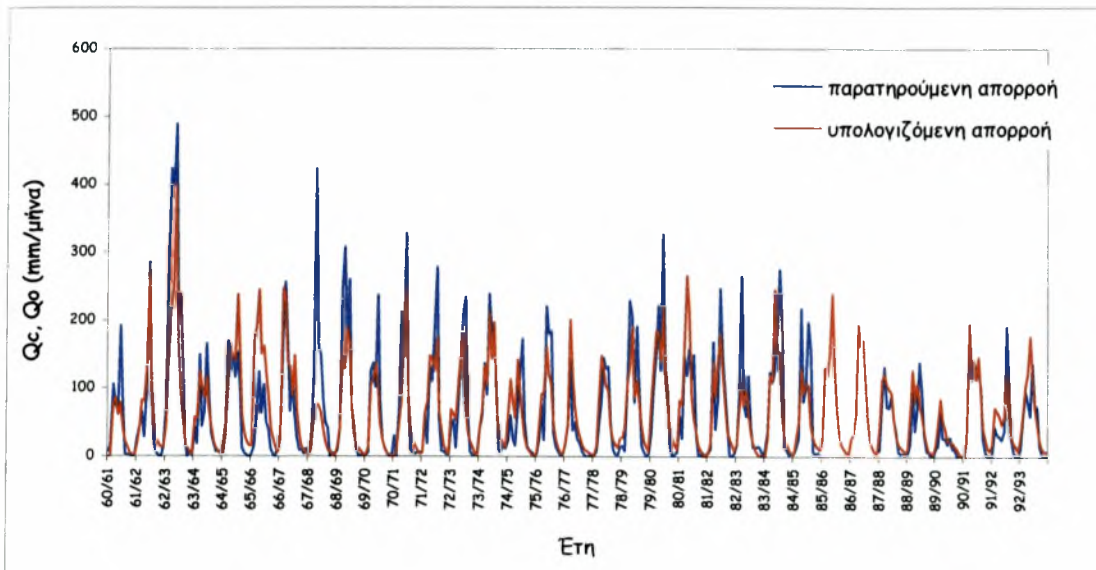


Σχήμα 3.35

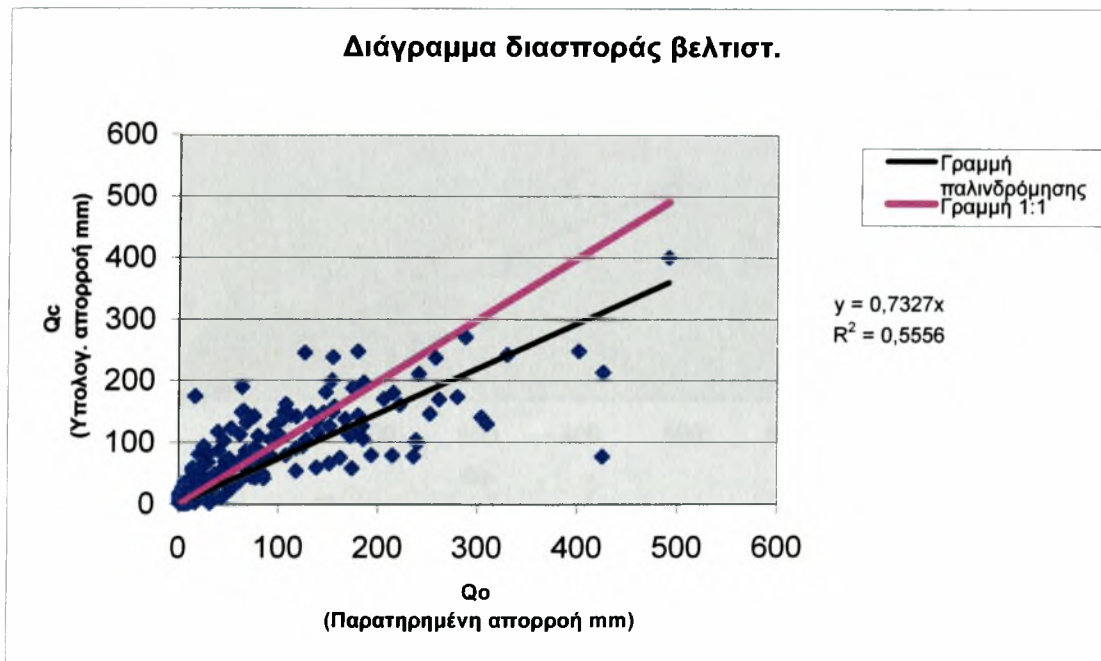


Σχήμα 3.36

Β.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Xiong-Guo λεκάνη απορροής Μουζάκι.

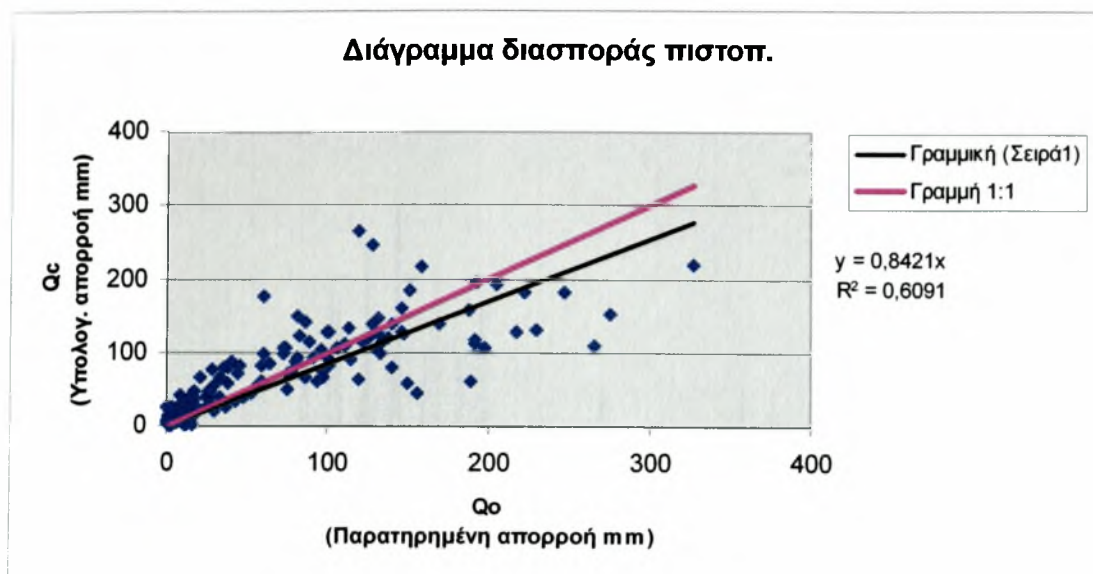


Σχήμα 3.37

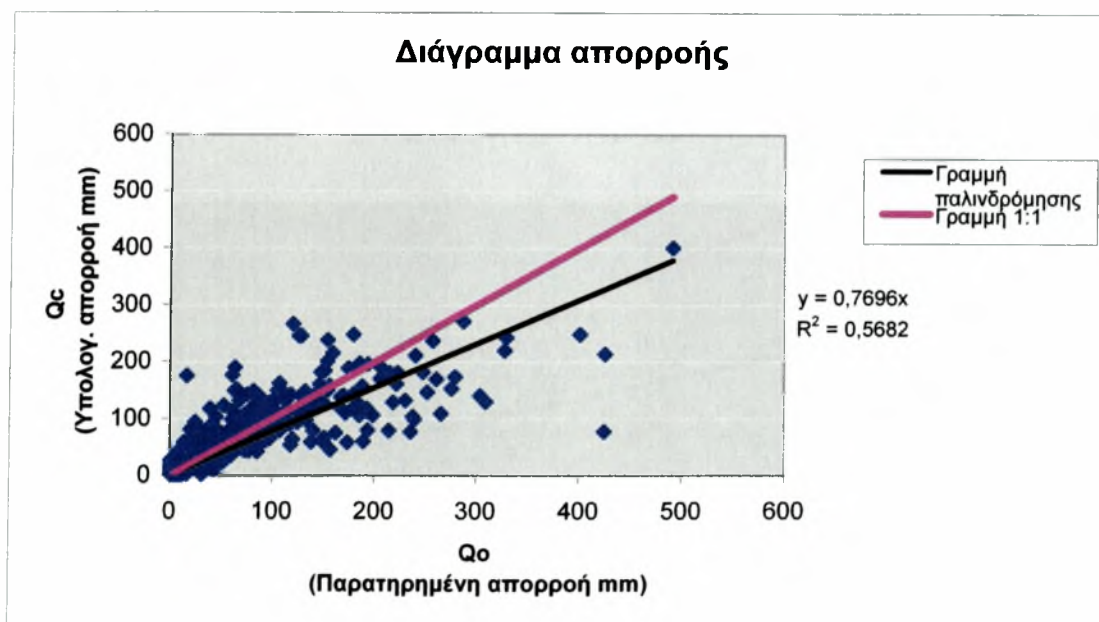


Σχήμα 3.38

Β.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960ως Σεπτέμβριο 1978 για το μοντέλο Χιονο – Γυο λεκάνη απορροής Μουζάκι.

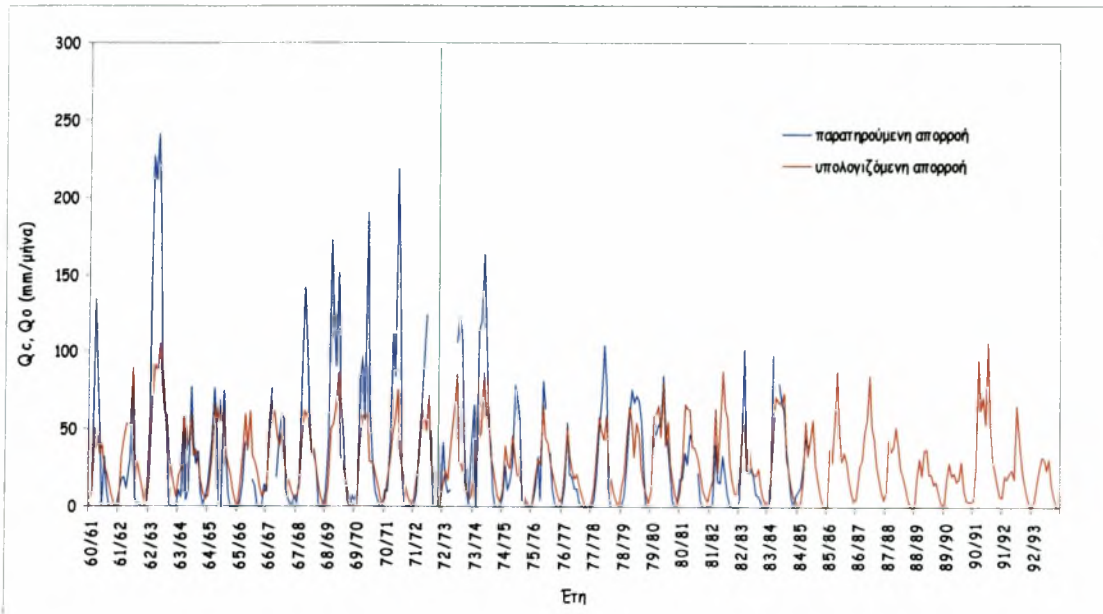


Σχήμα 3.39

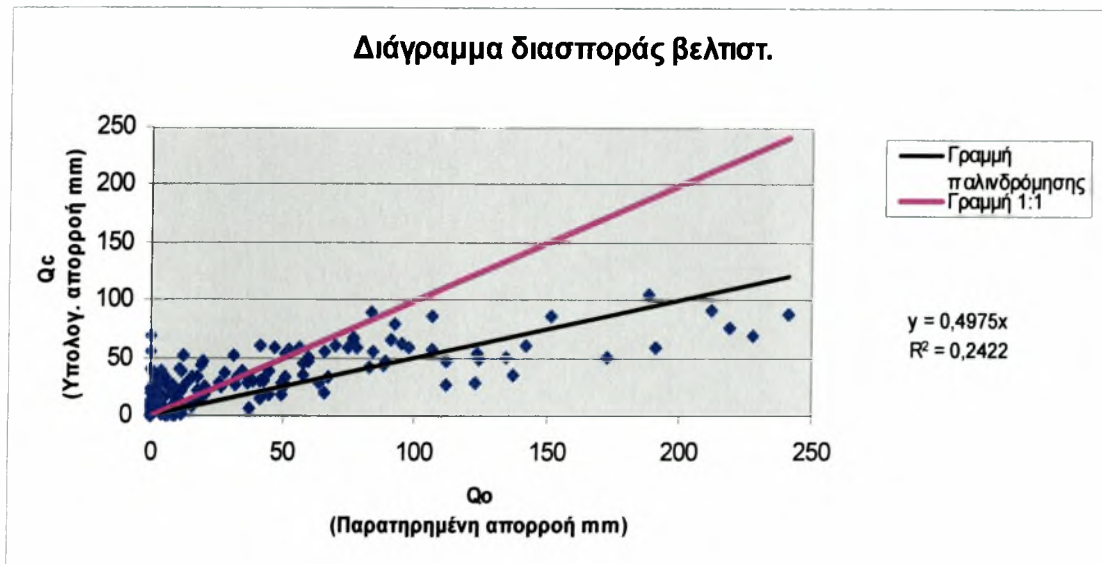


Σχήμα 3.40

Γ. 1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Σαρακίνα.

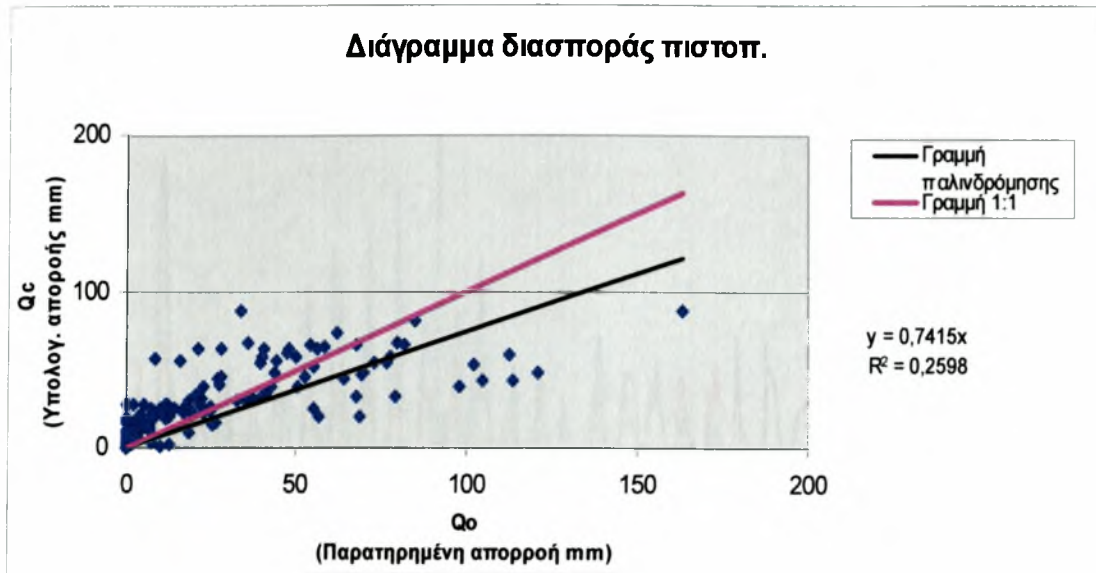


Σχήμα 3.41

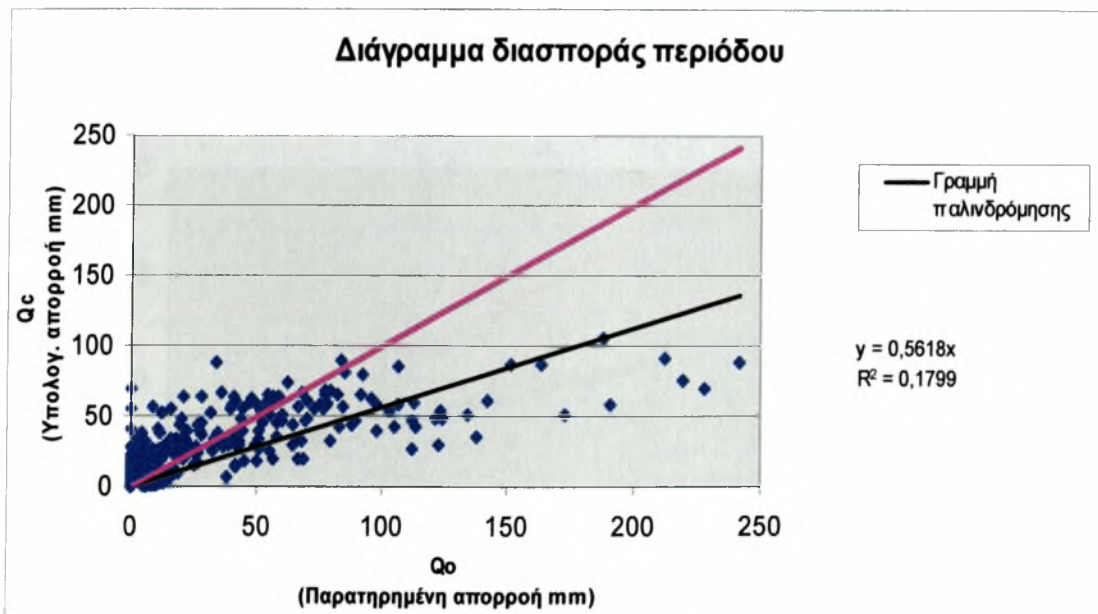


Σχήμα 3.42

Γ.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960ως Σεπτέμβριο 1978 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Σαρακίνα .

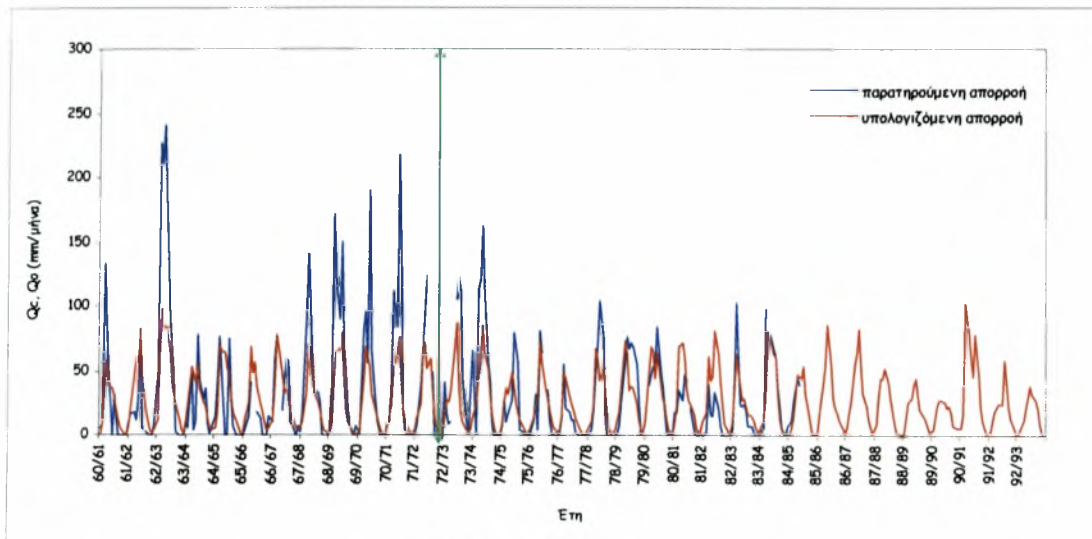


Σχήμα 3.43

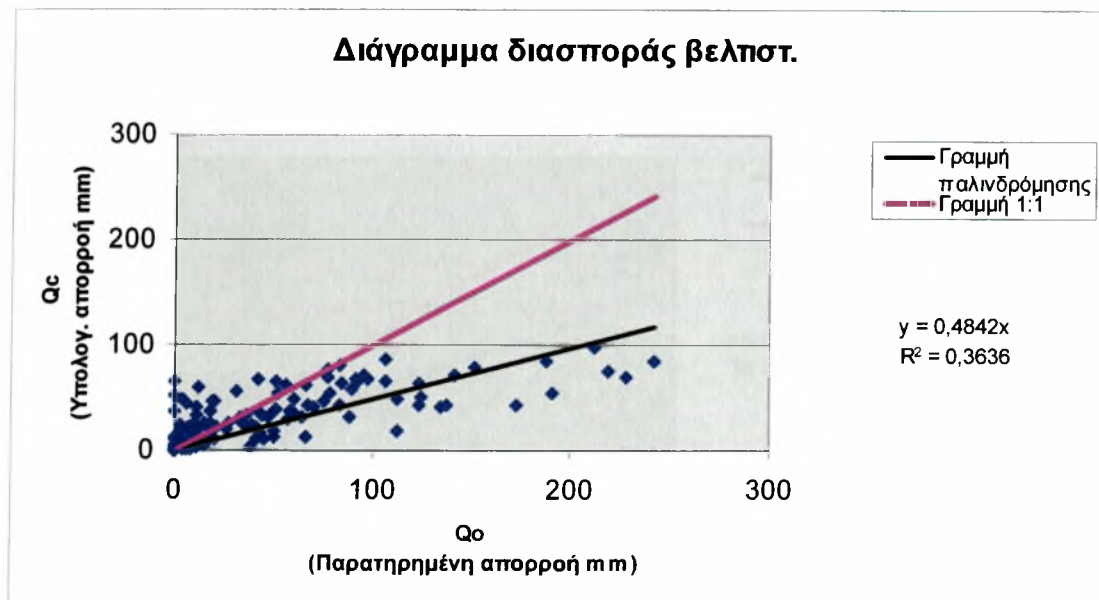


Σχήμα 3.44

Γ.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Louka λεκάνη απορροής Σαρακίνα.

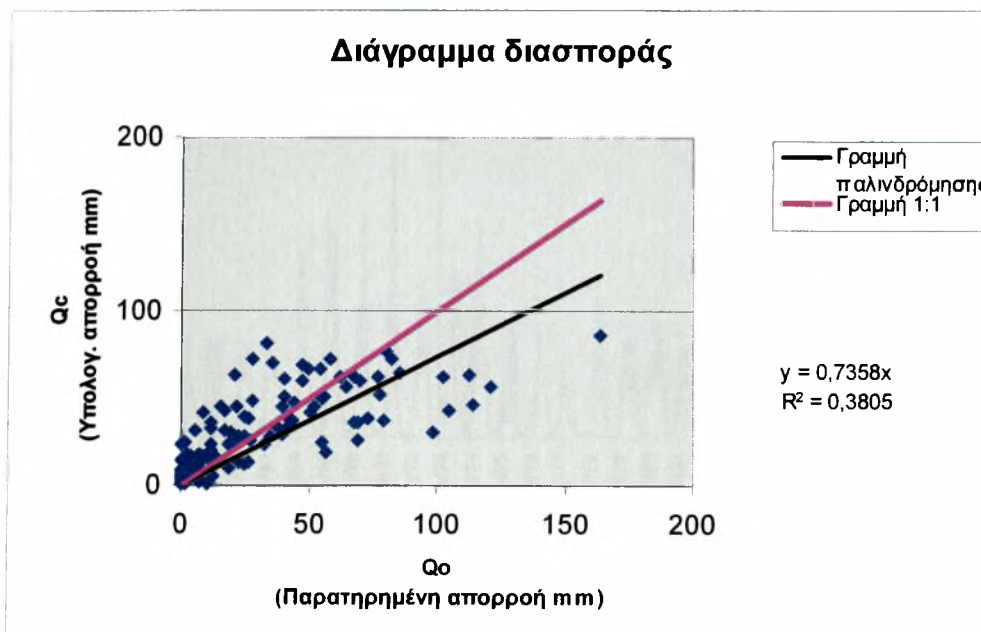


Σχήμα 3.45

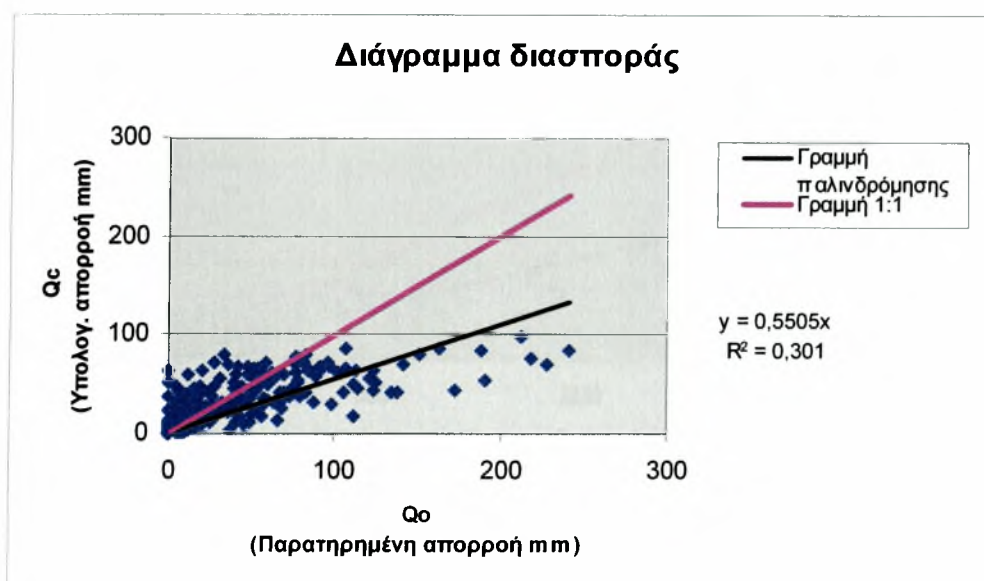


Σχήμα 3.46

Γ.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960ως Σεπτέμβριο 1978 για το μοντέλο Louka λεκάνη απορροής Σαρακίνα .

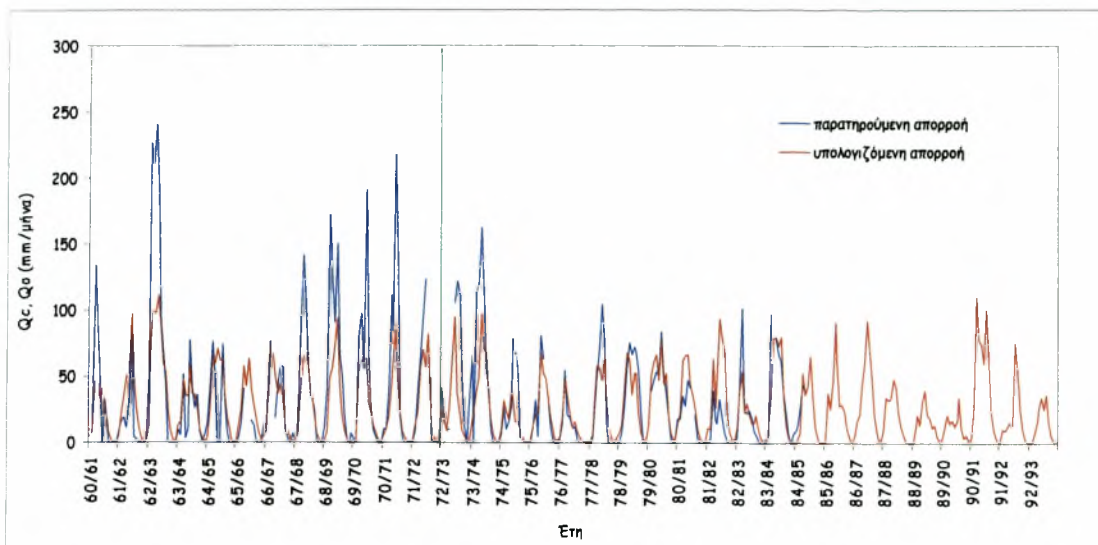


Σχήμα 3.47

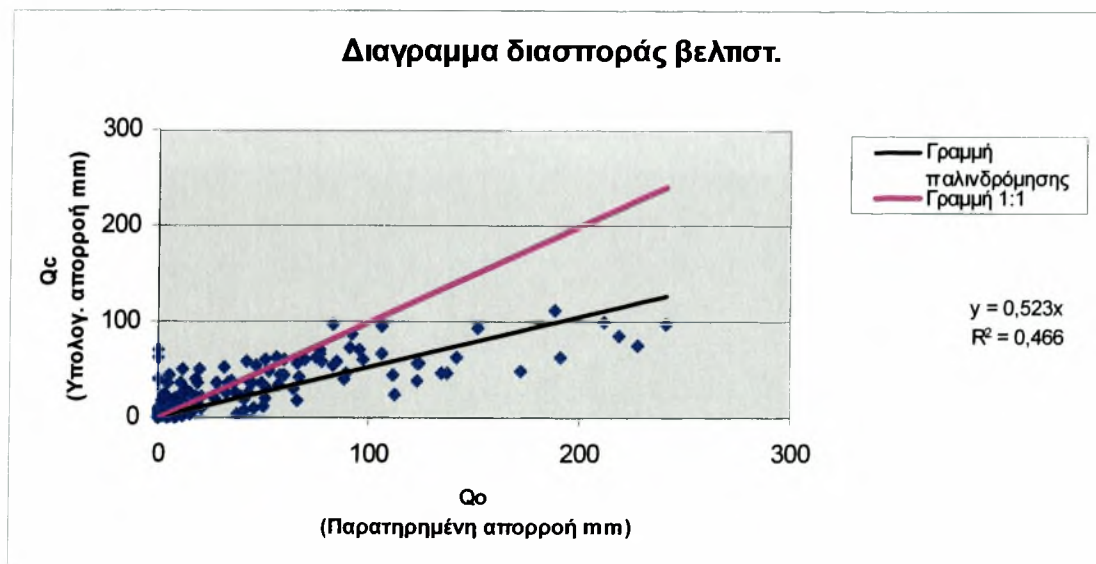


Σχήμα 3.48

Γ.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Σαρακίνα.

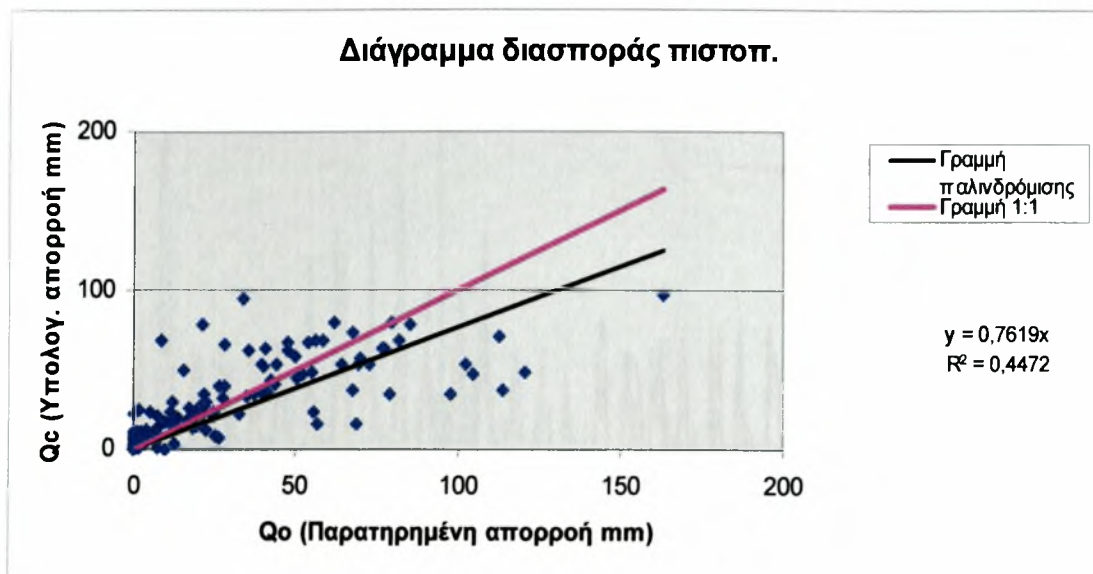


Σχήμα 3.49

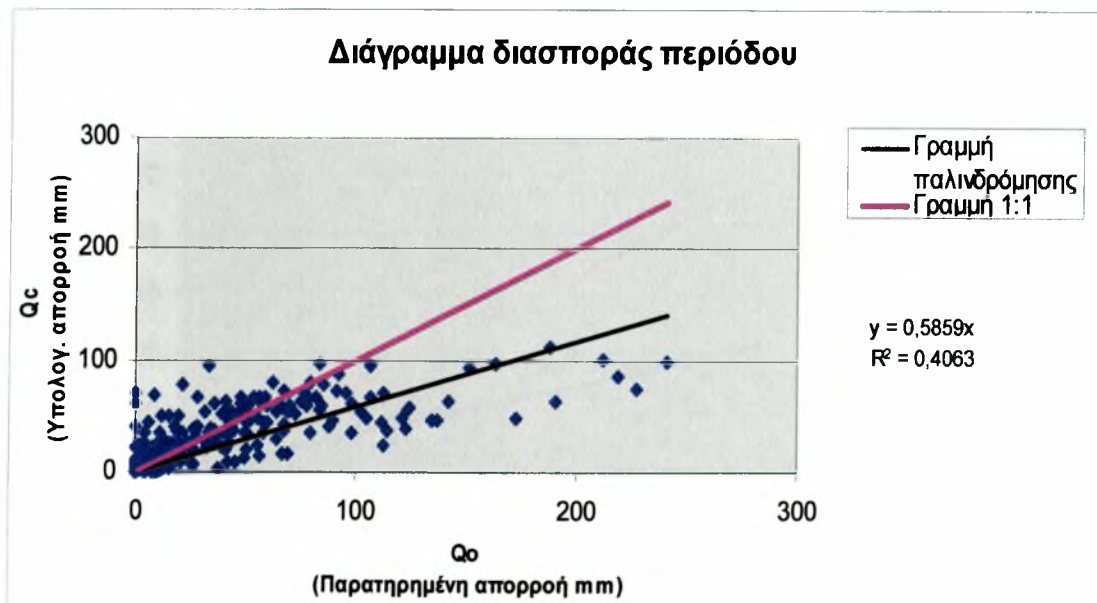


Σχήμα 3.50

Γ.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960ως Σεπτέμβριο 1978 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Σαρακίνα.

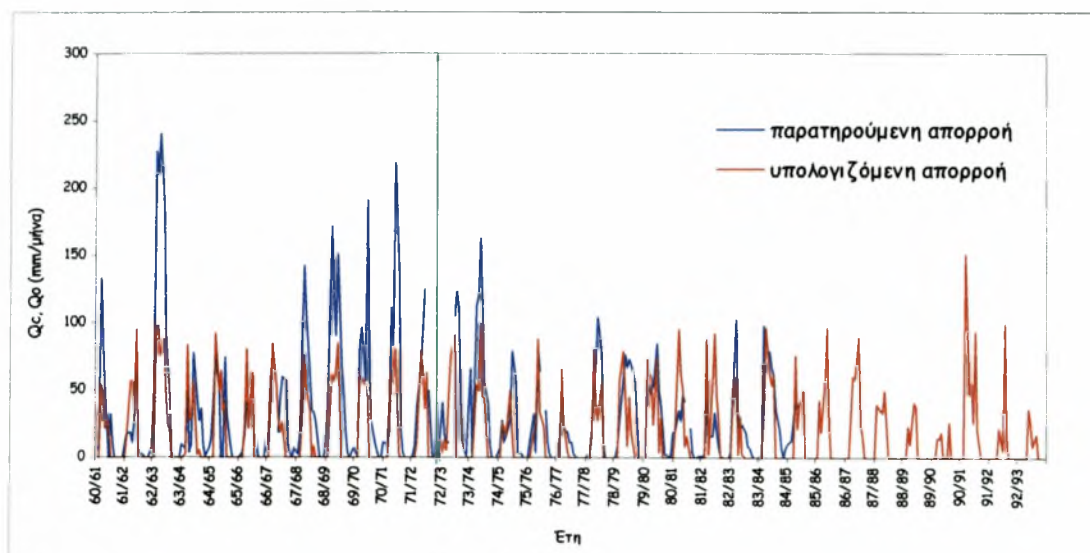


Σχήμα 3.51

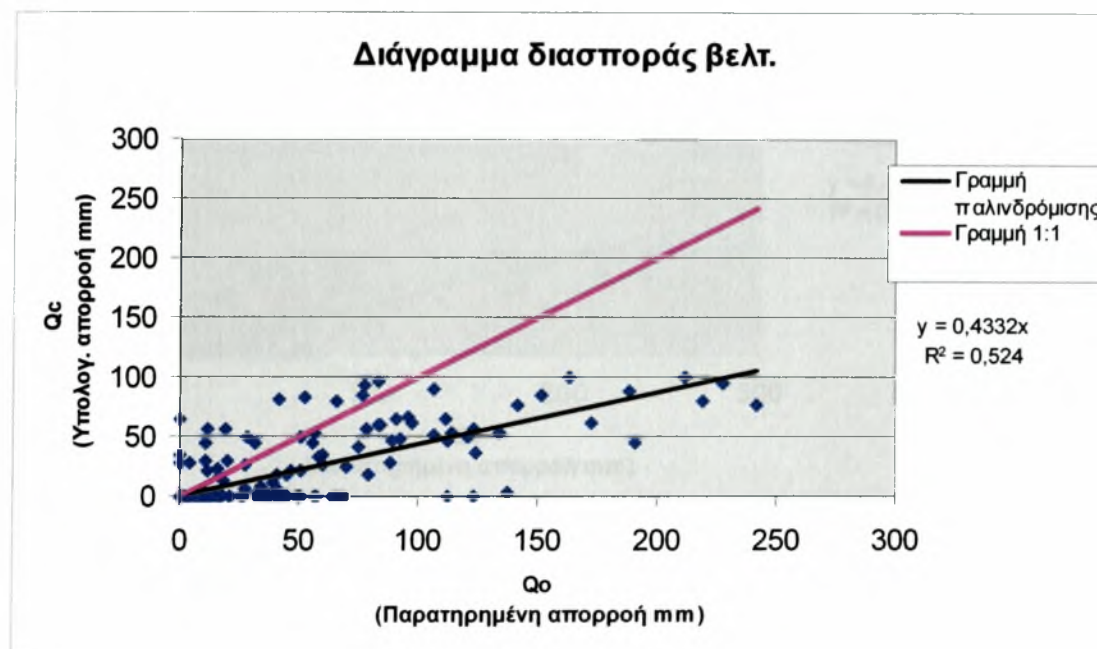


Σχήμα 3.52

Γ.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Σαρακίνα.

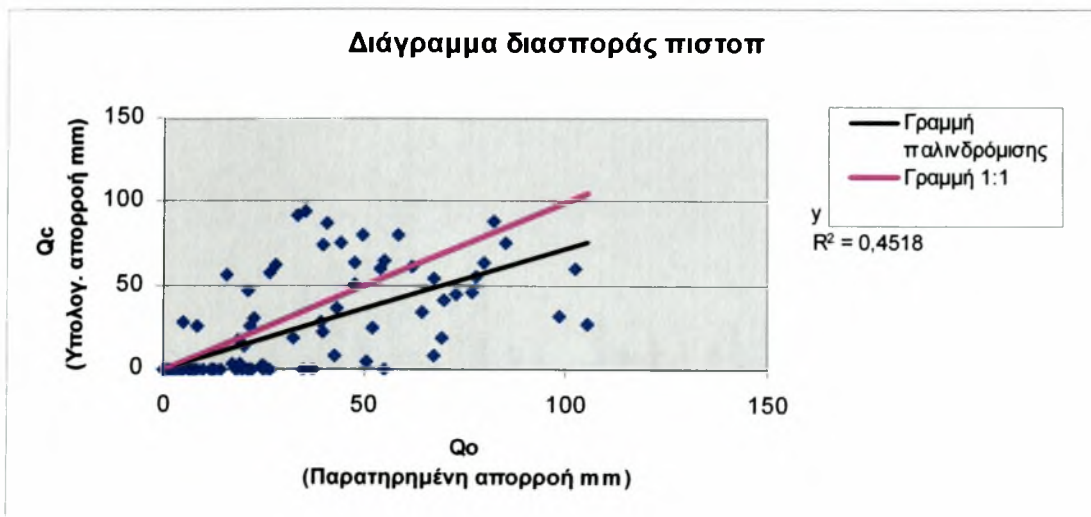


Σχήμα 3.53

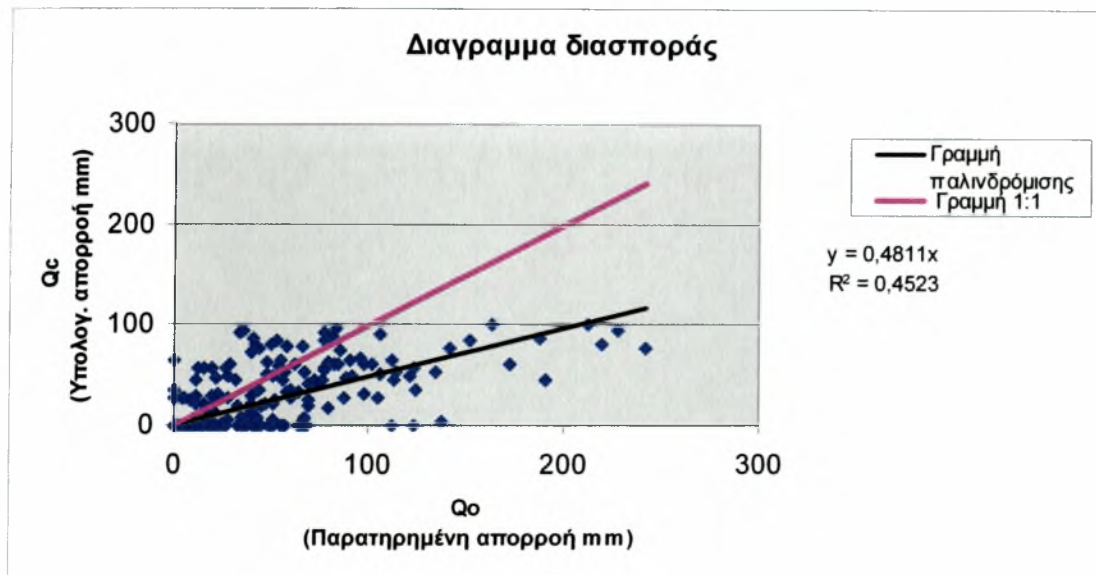


Σχήμα 3.54

Γ.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960ως Σεπτέμβριο 1978 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Σαρακίνα.

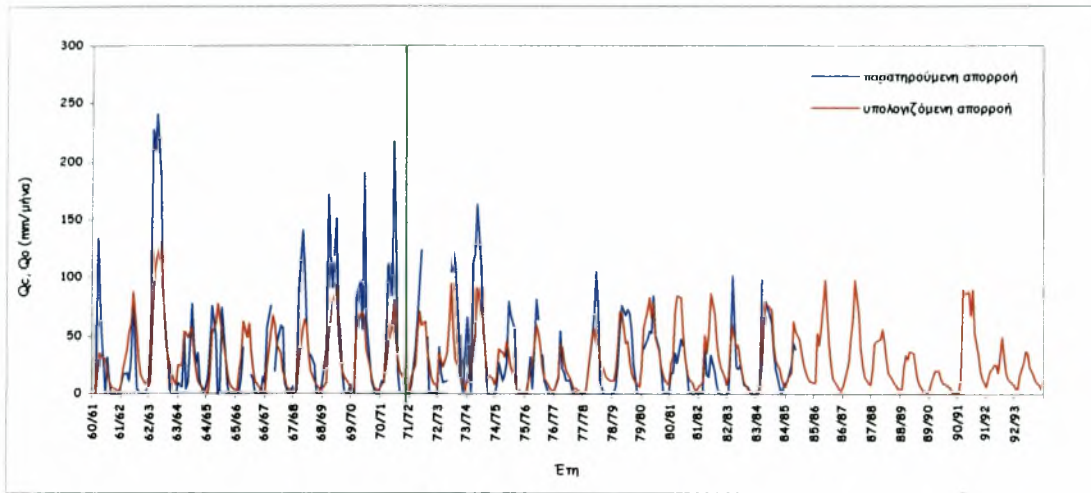


Σχήμα 3.55

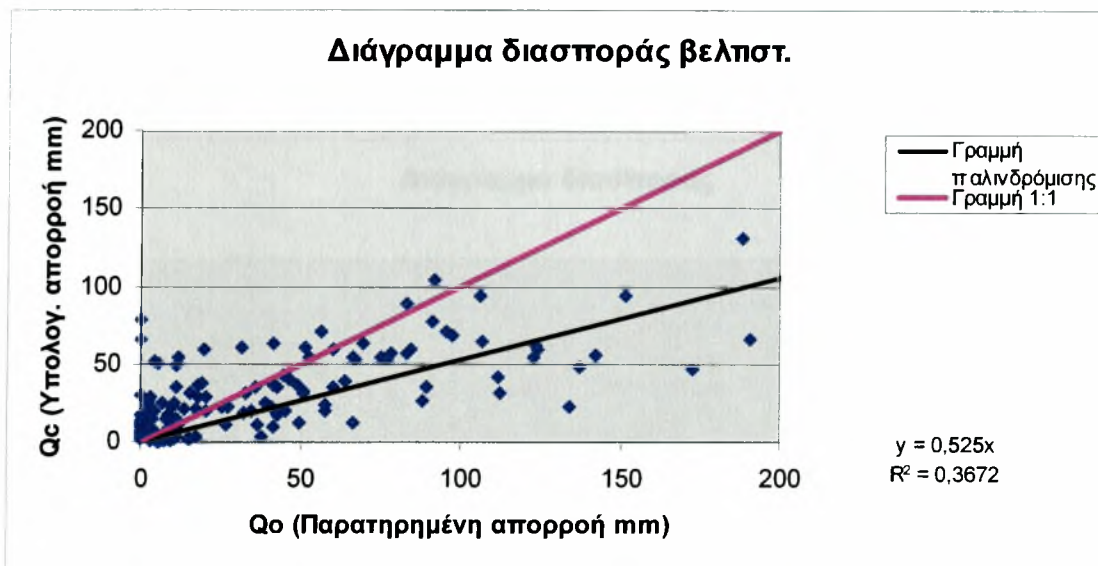


Σχήμα 3.56

Γ.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Χιονο-Guo λεκάνη απορροής Σαρακίνα.

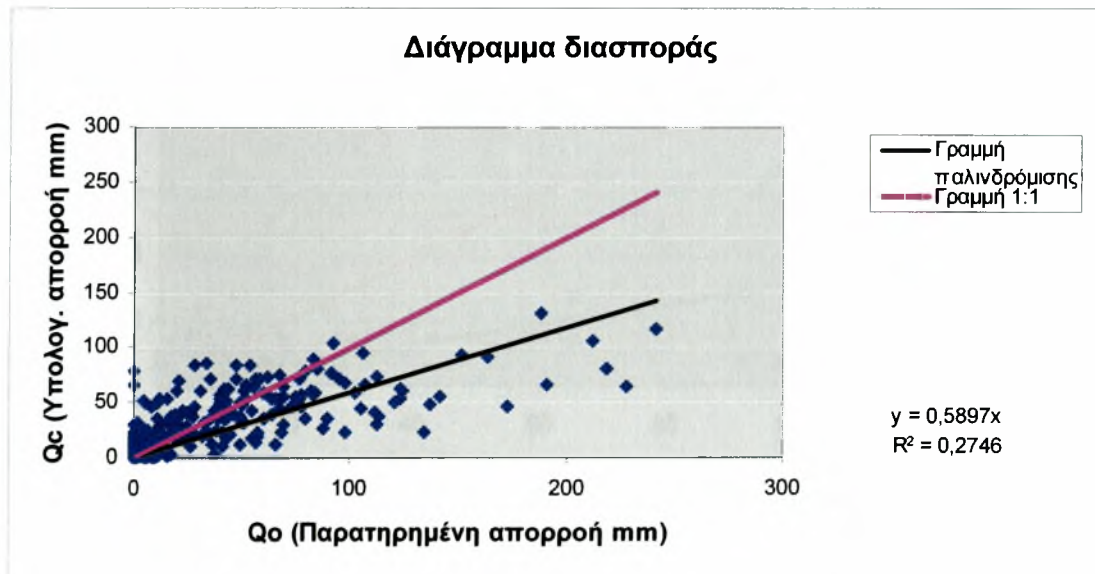
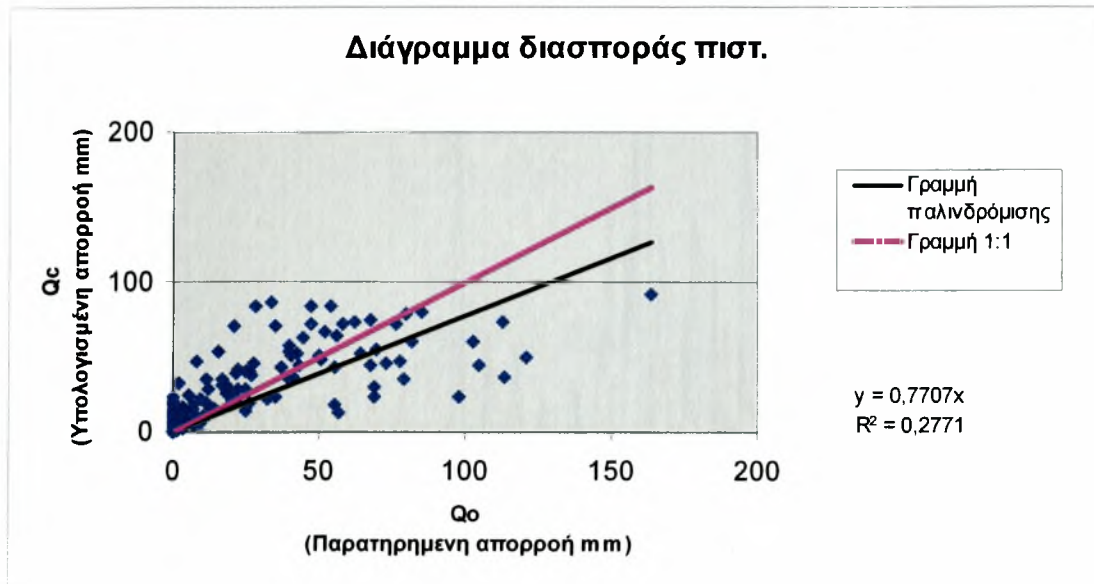


Σχήμα 3.57

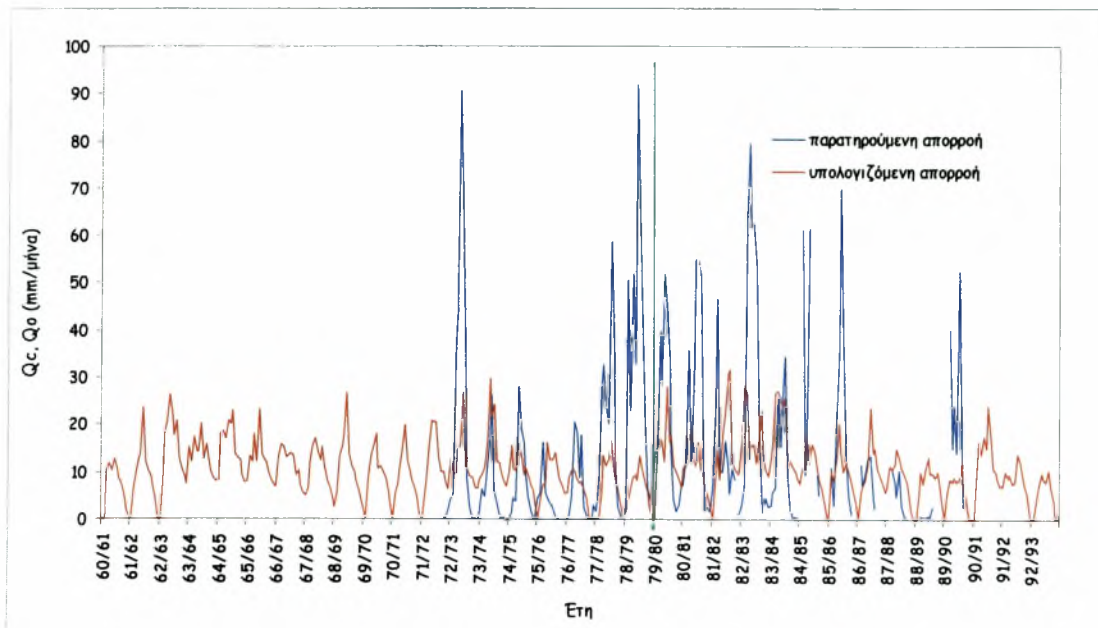


Σχήμα 3.58

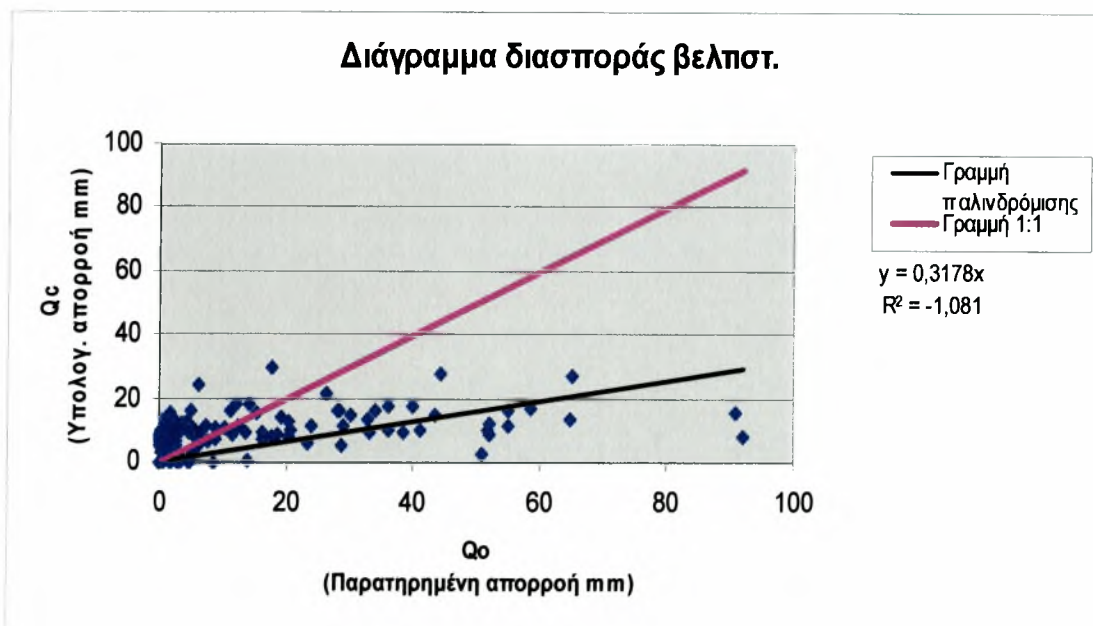
Γ.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960ως Σεπτέμβριο 1978 για το μοντέλο Xiong-Guo λεκάνη απορροής Σαρακίνα .



Δ.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Γάβρος.

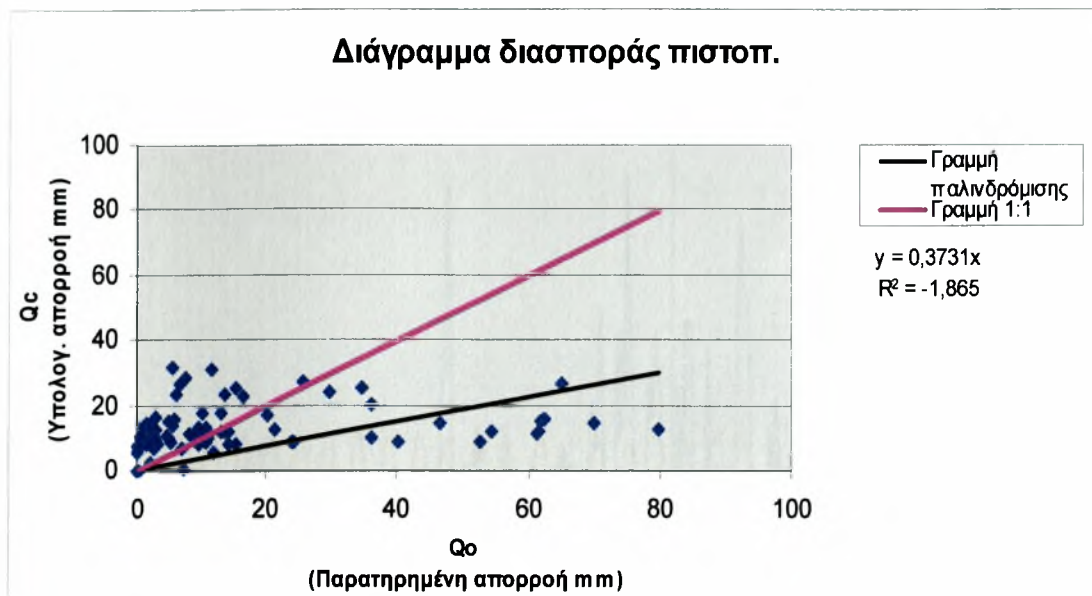


Σχήμα 3.61

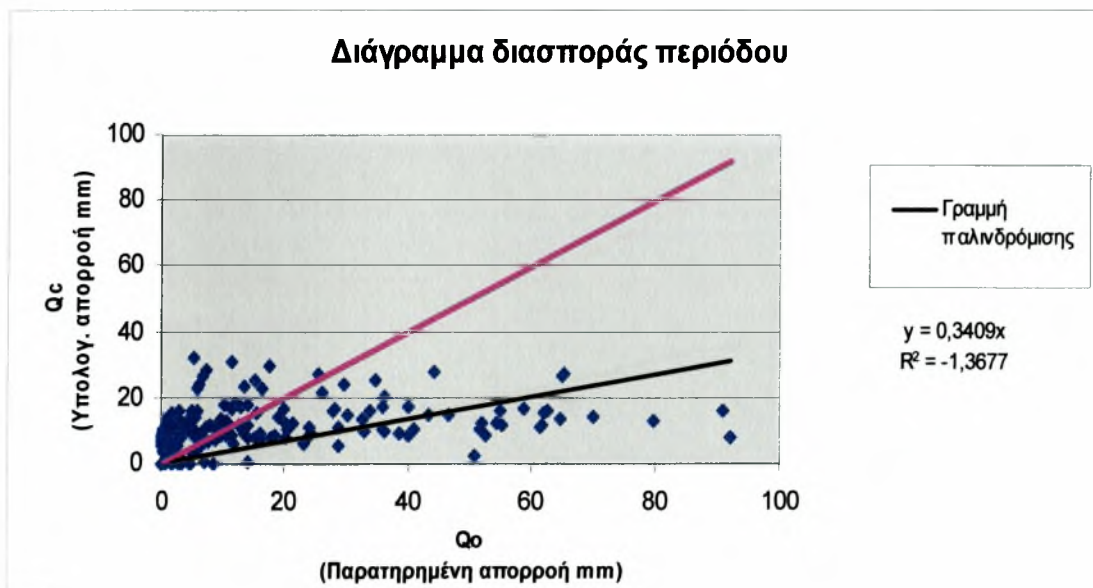


Σχήμα 3.62

Δ.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Abulsohom λεκάνη απορροής Γάβρος.

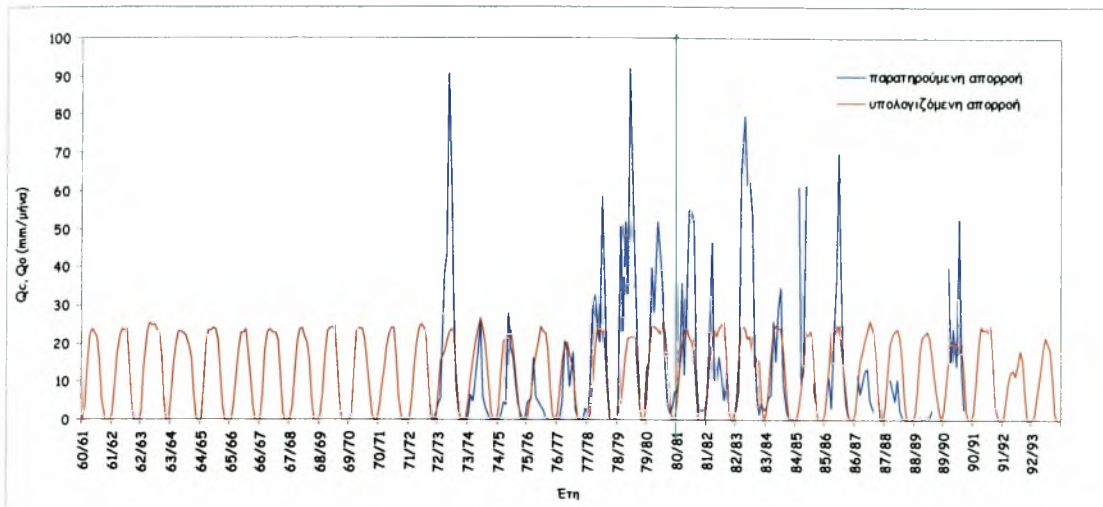


Σχήμα 3.62

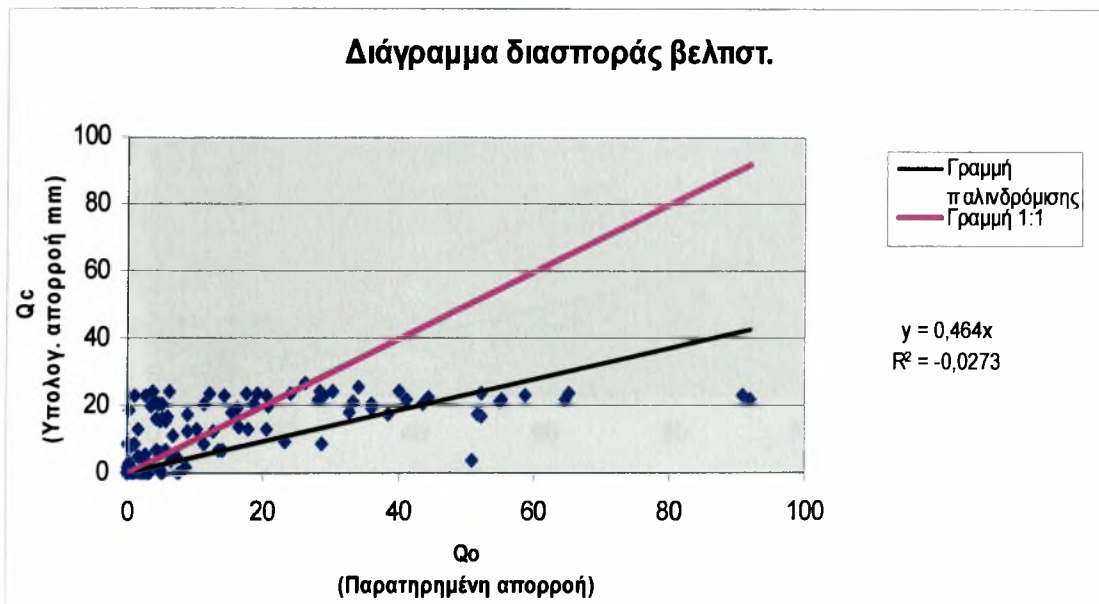


Σχήμα 3.64

Δ.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Γάβρος.

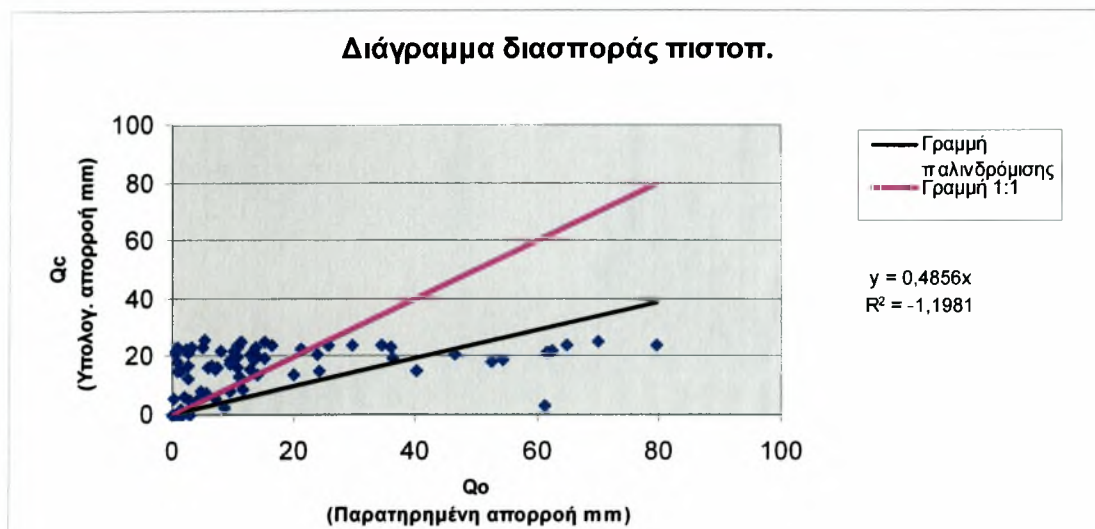


Σχήμα 3.65

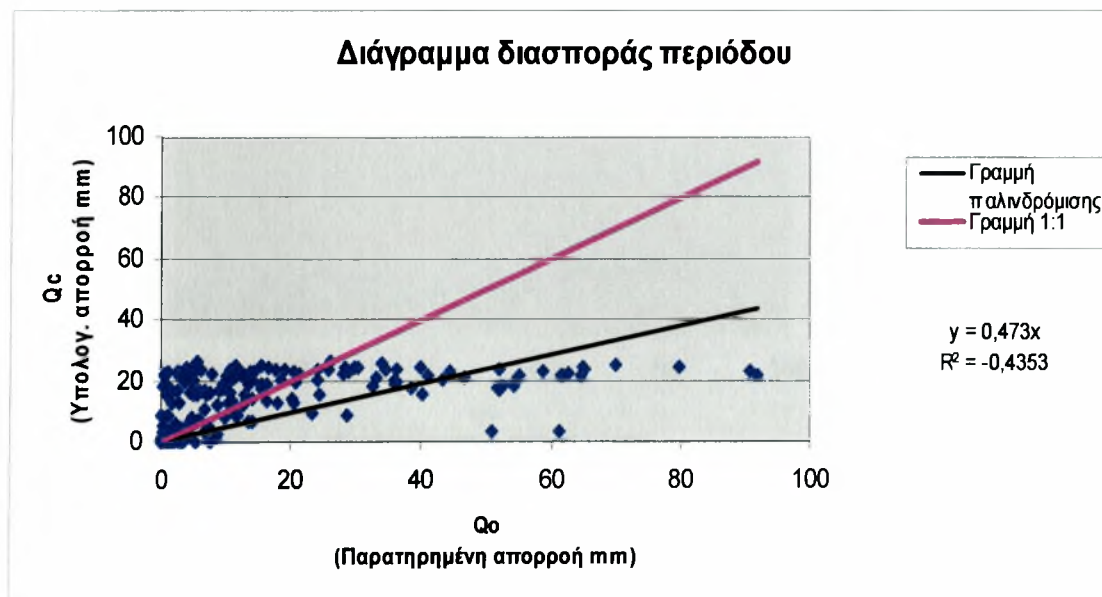


Σχήμα 3.66

Δ.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Γάβρος.

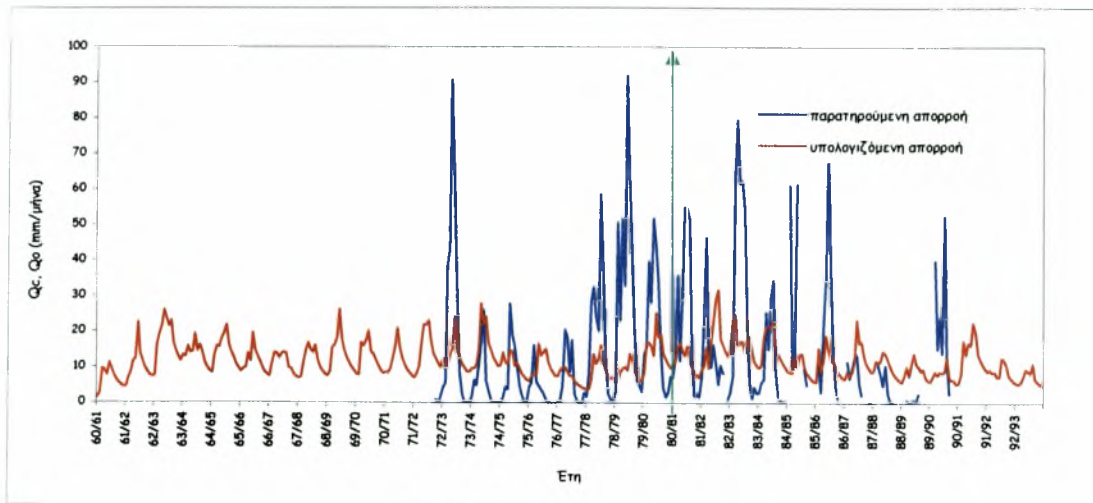


Σχήμα 3.67

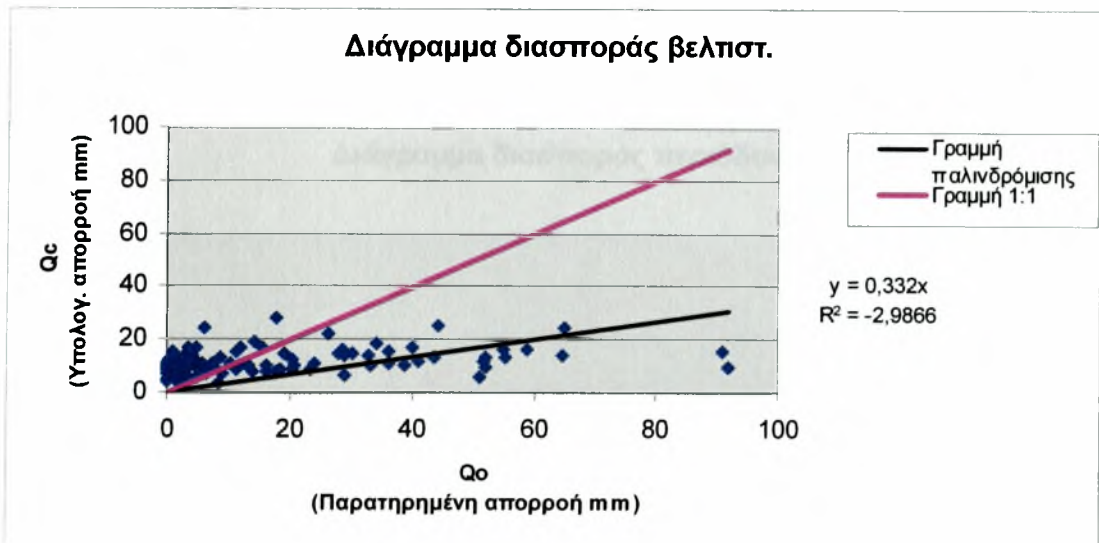


Σχήμα 3.68

Δ.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Γάβρος.

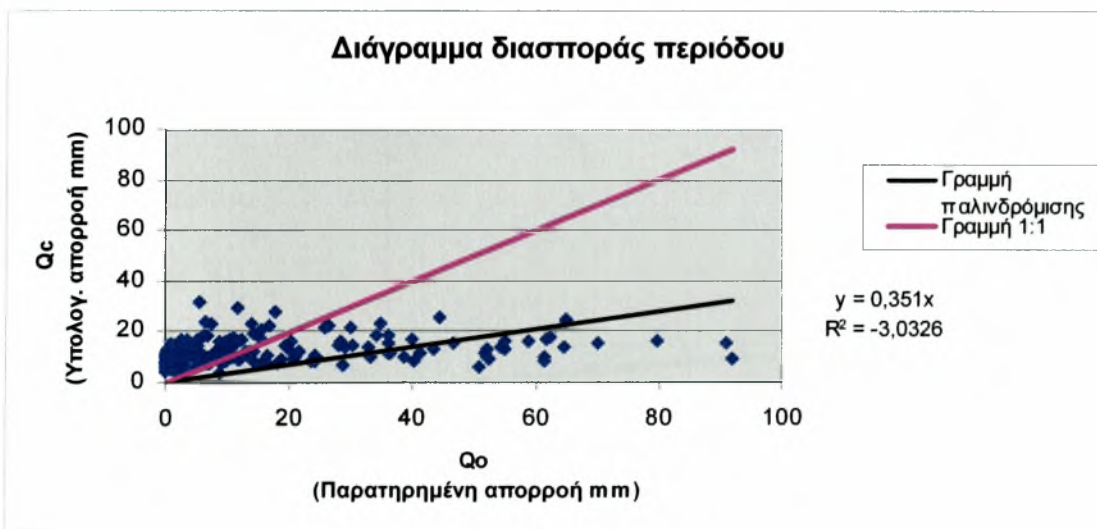
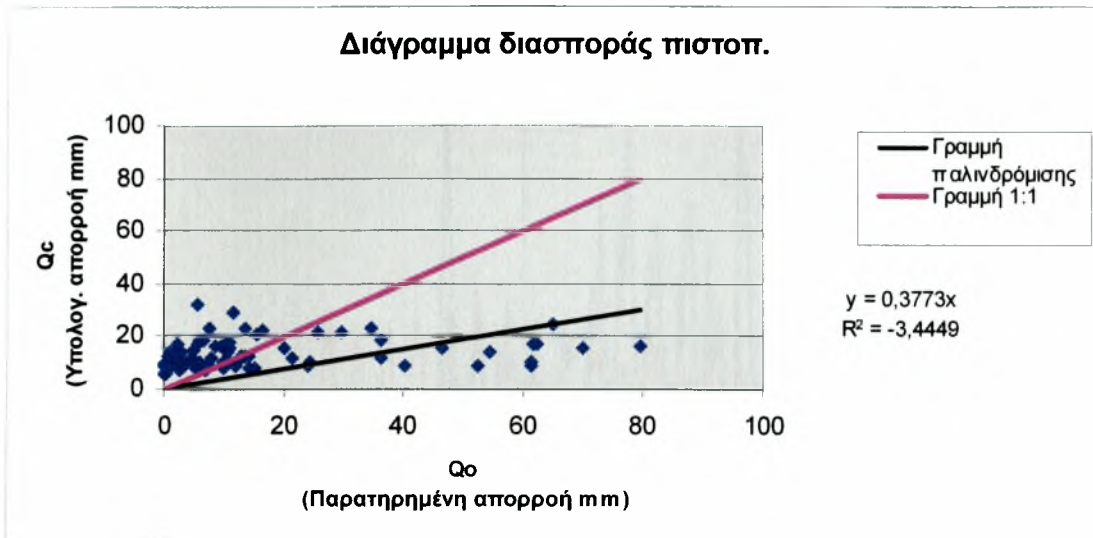


Σχήμα 3.69

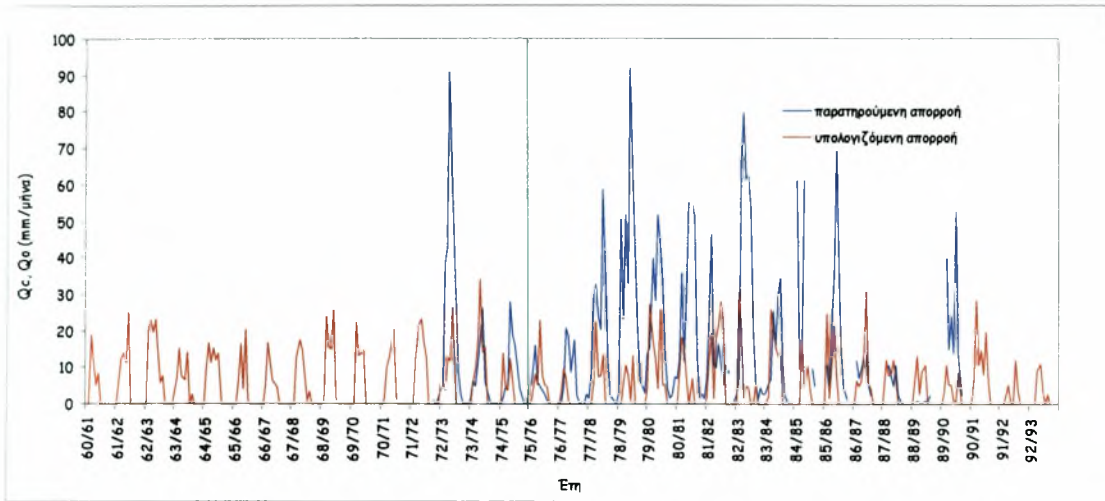


Σχήμα 3.70

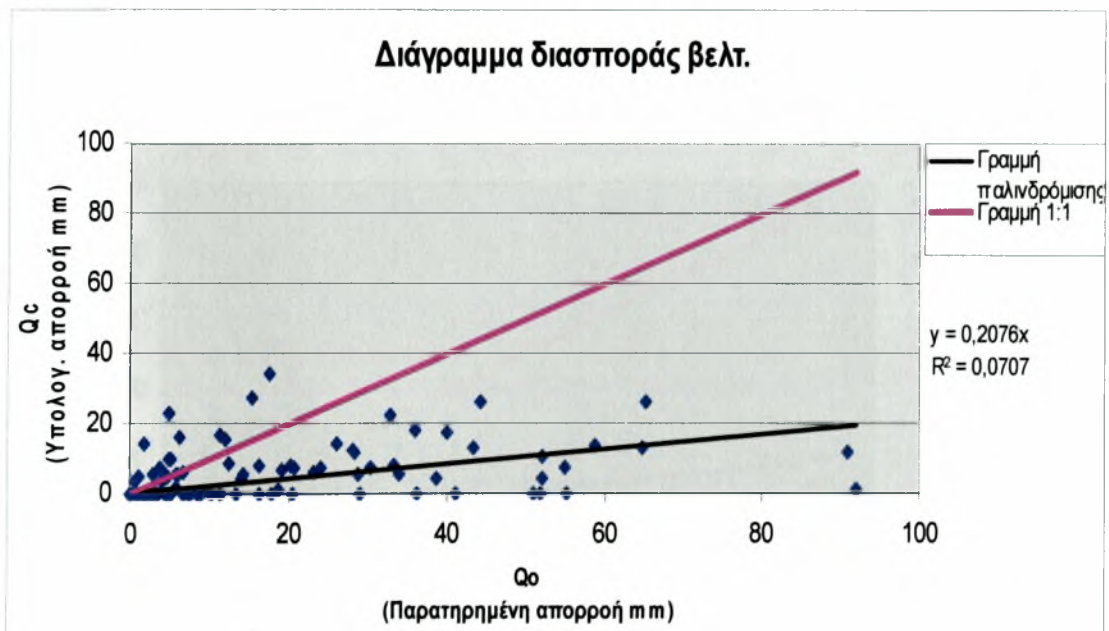
Δ.6 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Γάβρος.



Δ.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Γιακουμάκης λεκάνη απορροής Γάβρος.

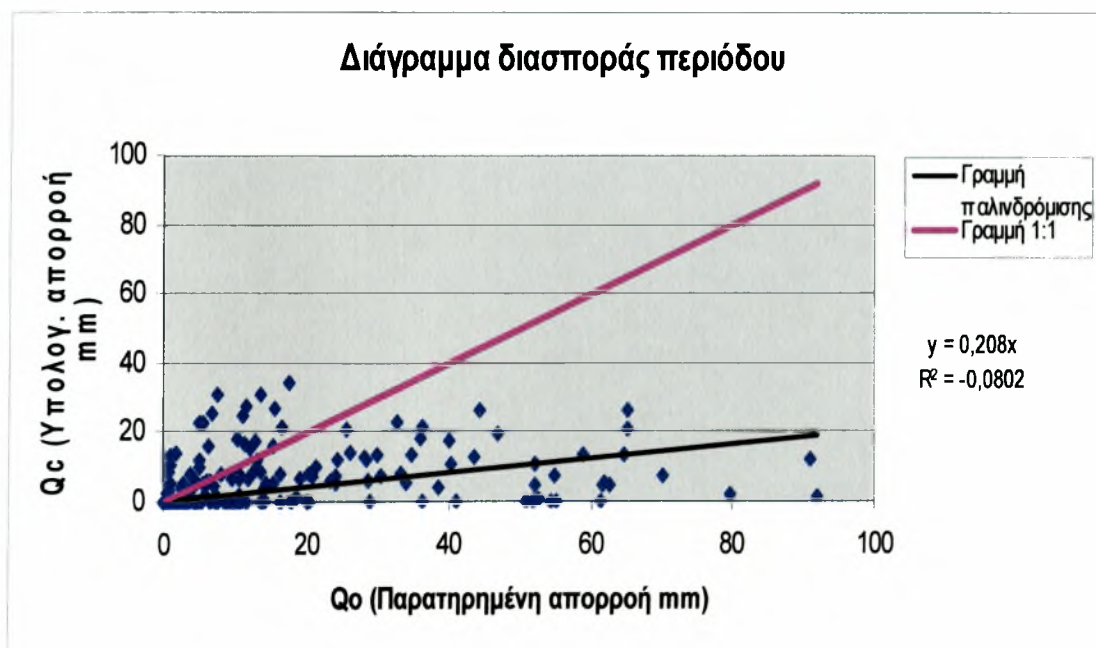
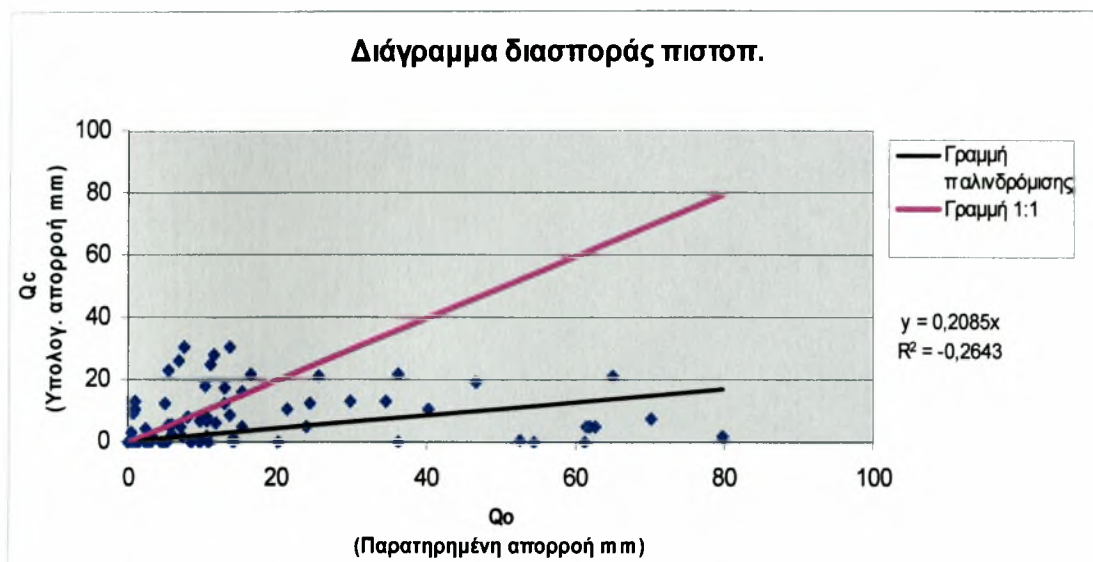


Σχήμα 3.73

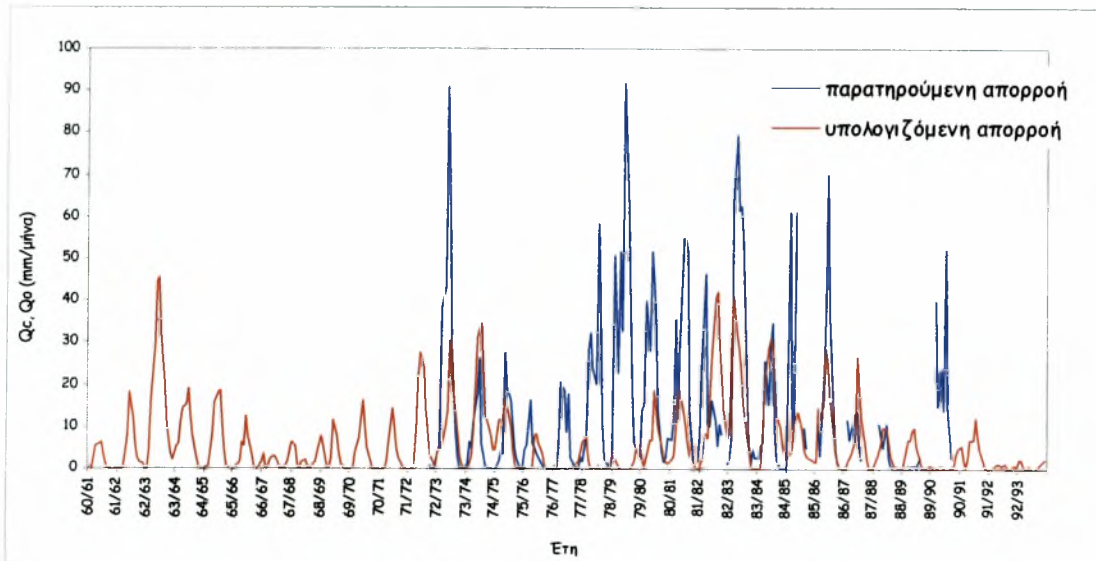


Σχήμα 3.74

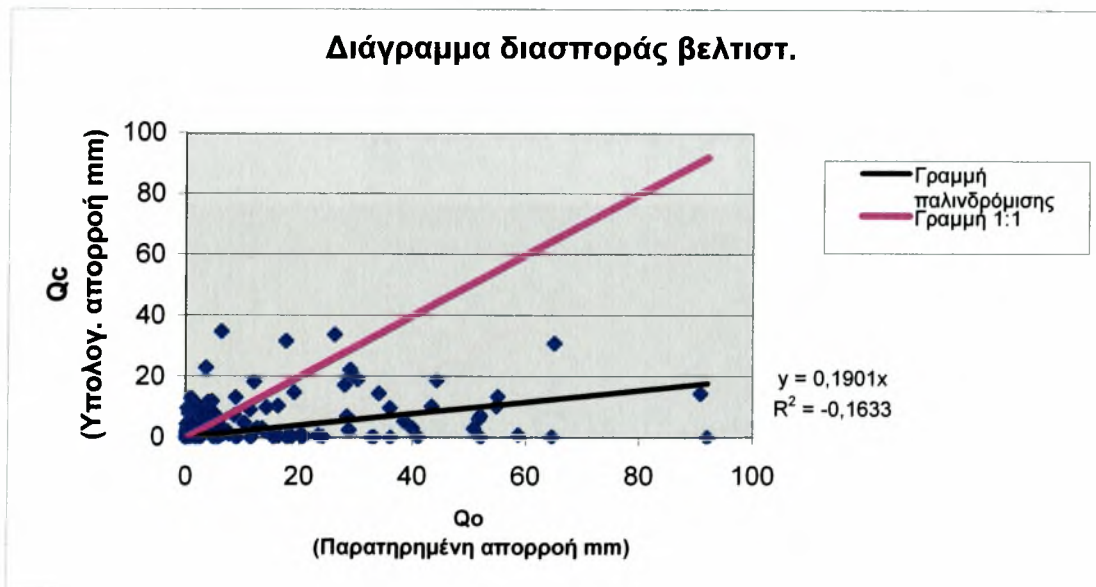
Δ.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Γάβρος.



Δ.9 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Χιονο-Γυο λεκάνη απορροής Γάβρος.

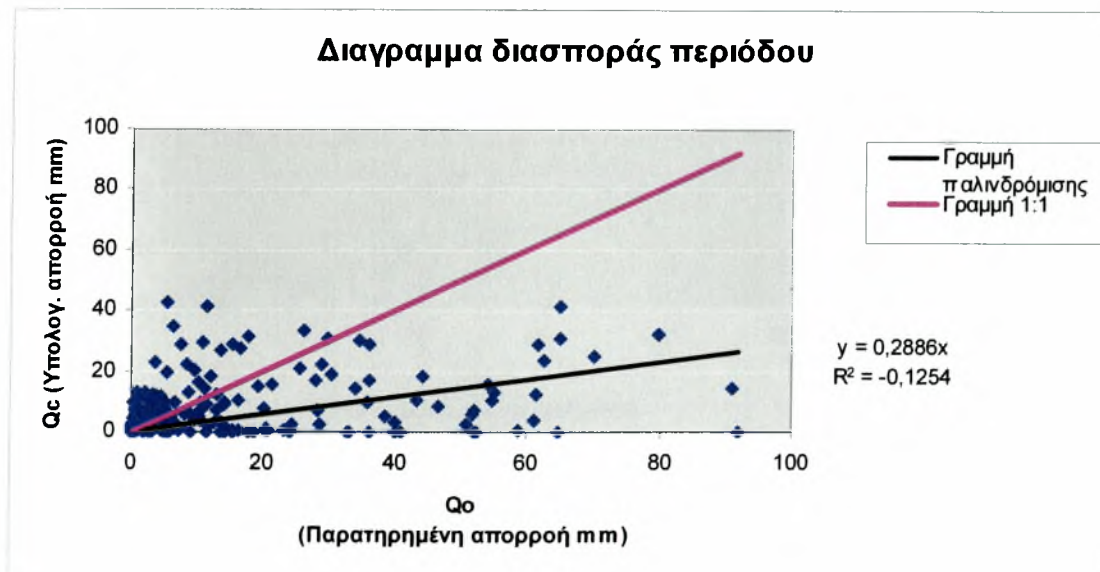
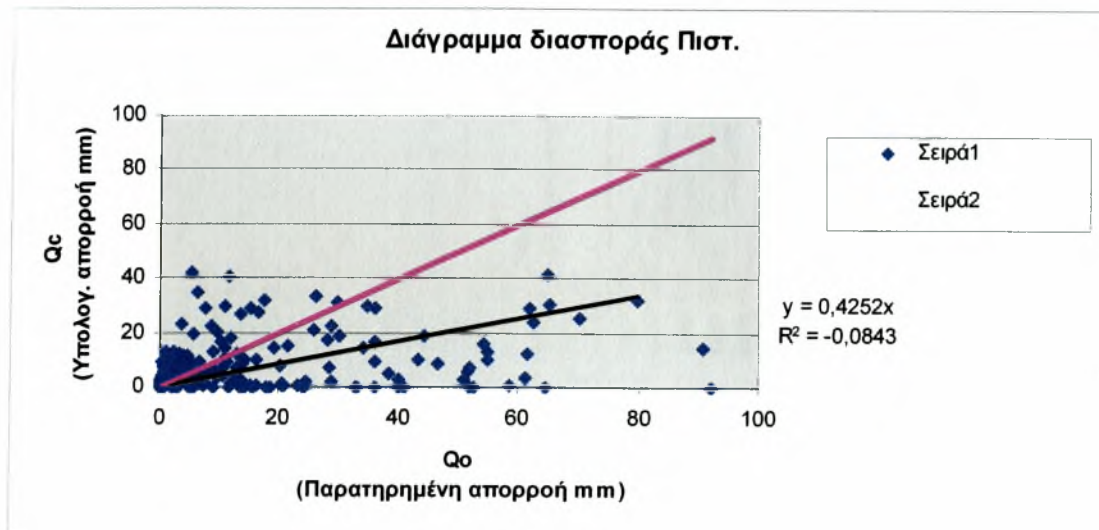


Σχήμα 3.77

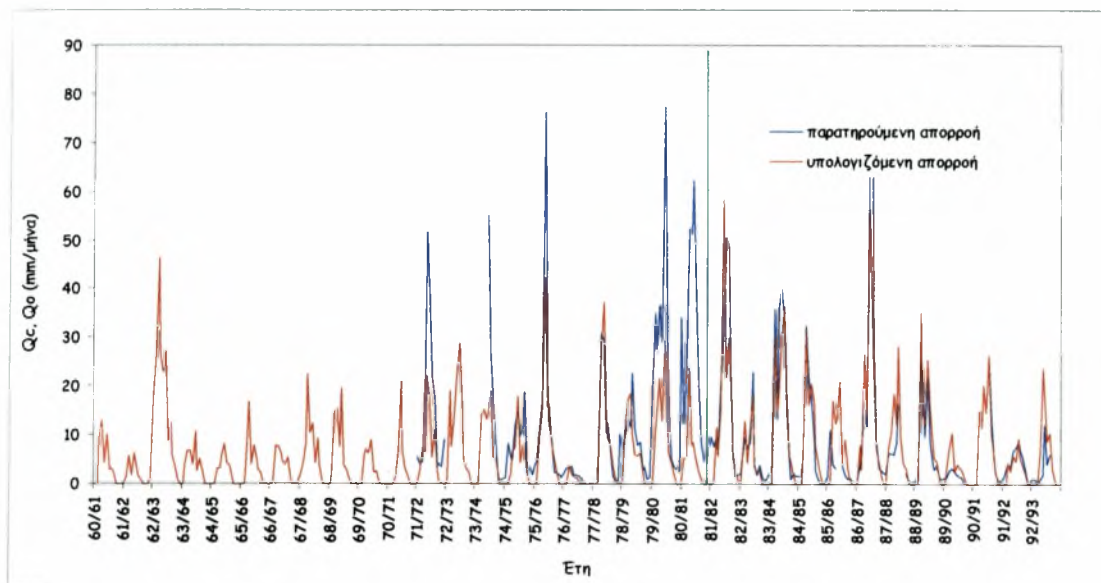


Σχήμα 3.78

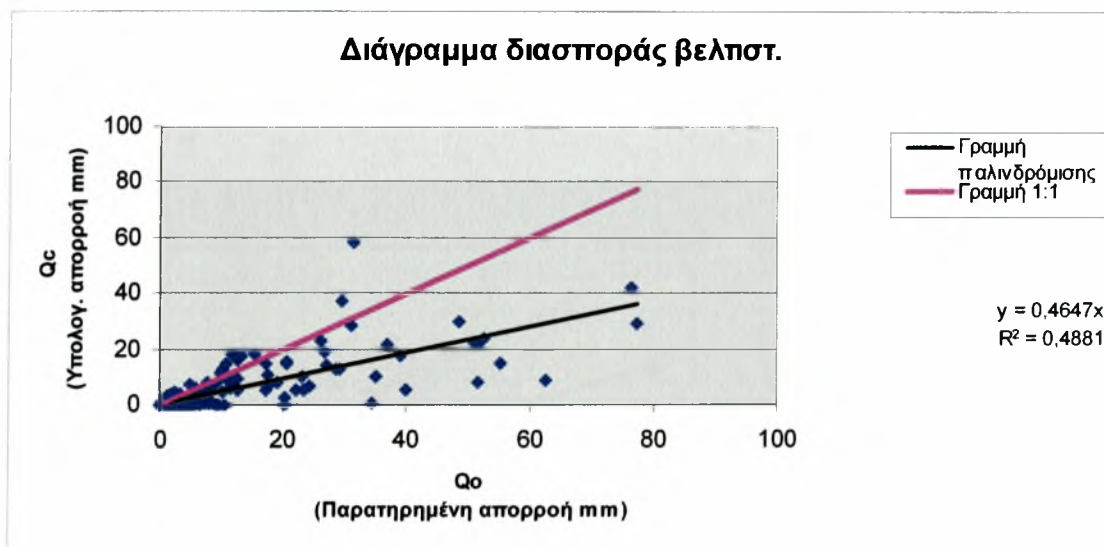
Δ.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Χιονο-Γουο λεκάνη απορροής Γάβρος.



Ε.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1982 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Σκοπιά .

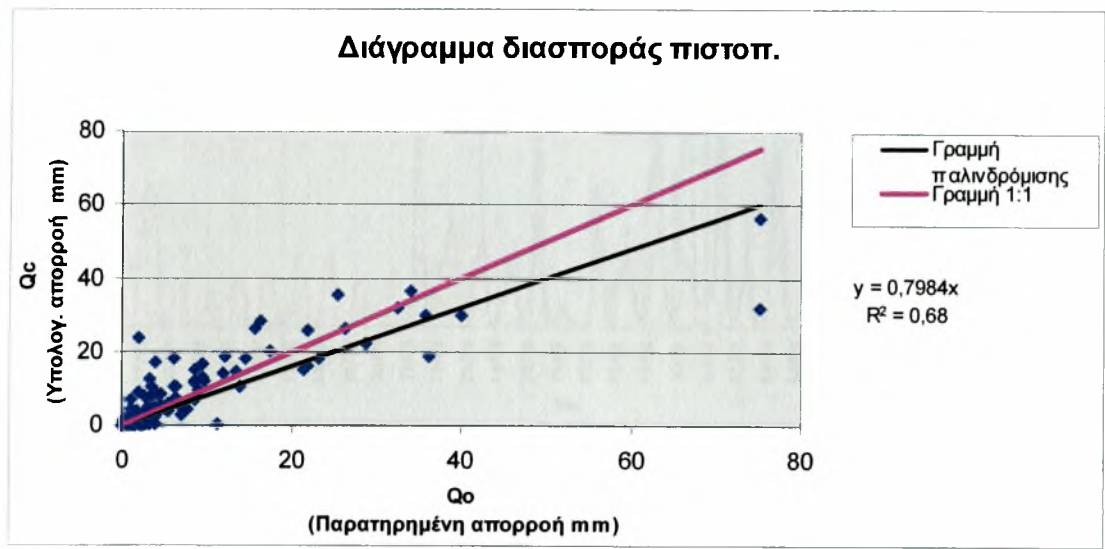


Σχήμα 3.81

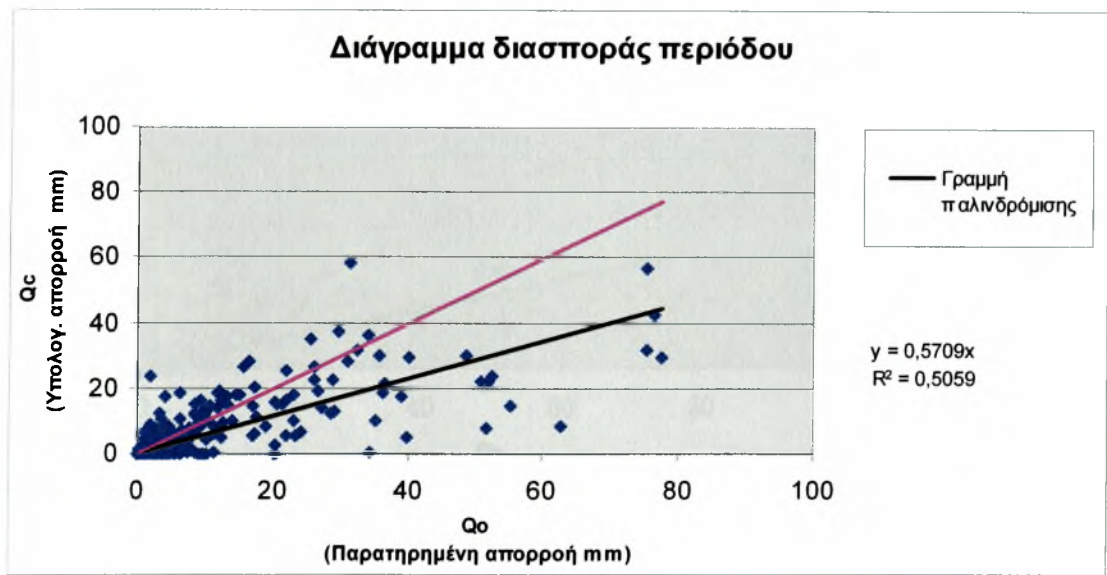


Σχήμα 3.82

Ε.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1972 έως Σεπτέμβριο 1982 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Σκοπιά .

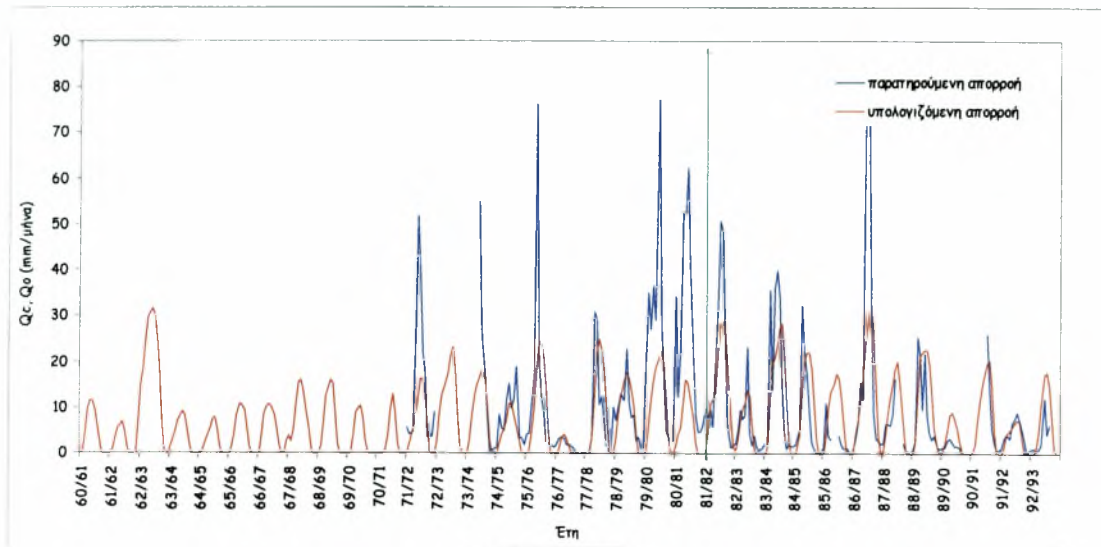


Σχήμα 3.83

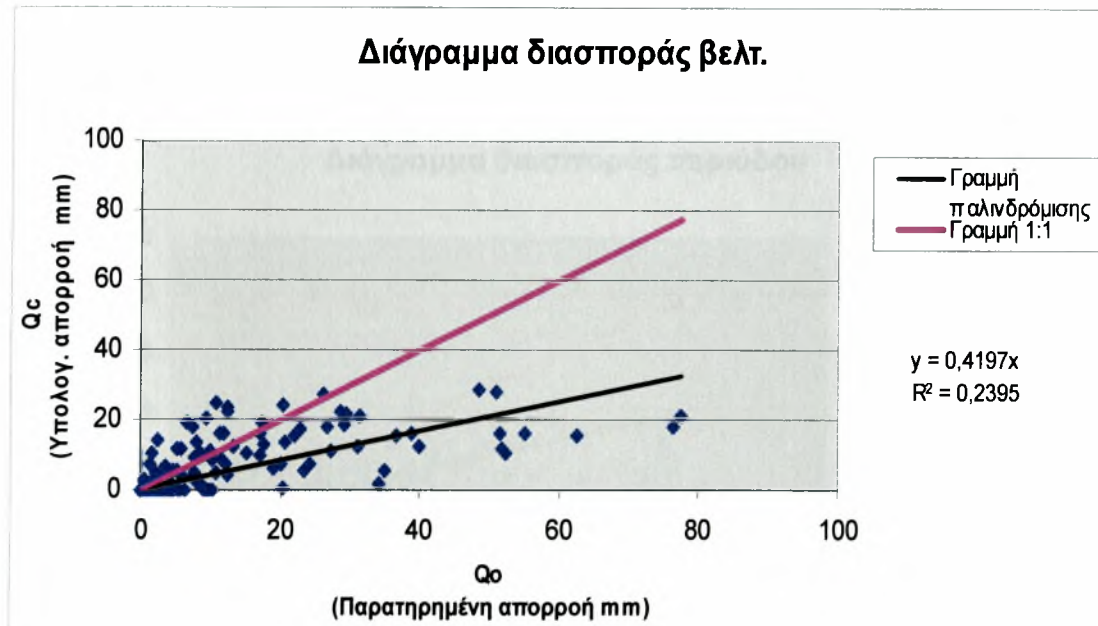


Σχήμα 3.84

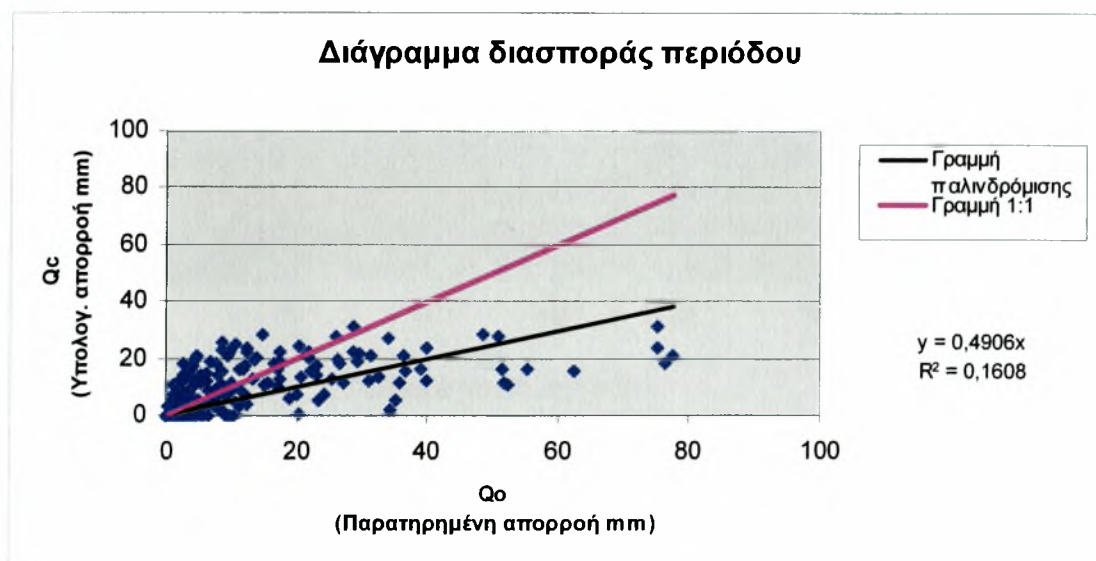
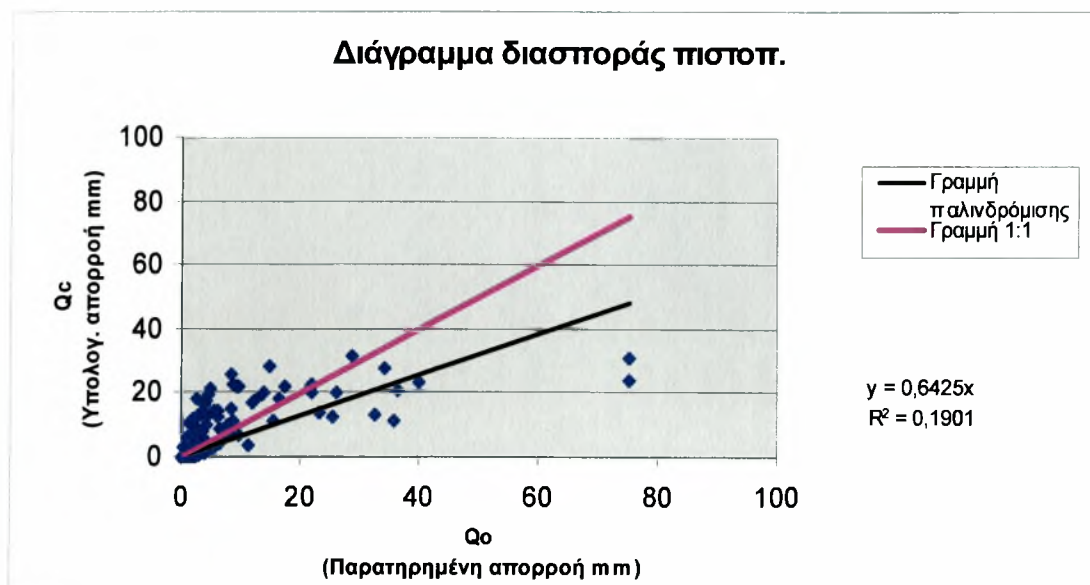
Ε.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1982 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Σκοπιά.



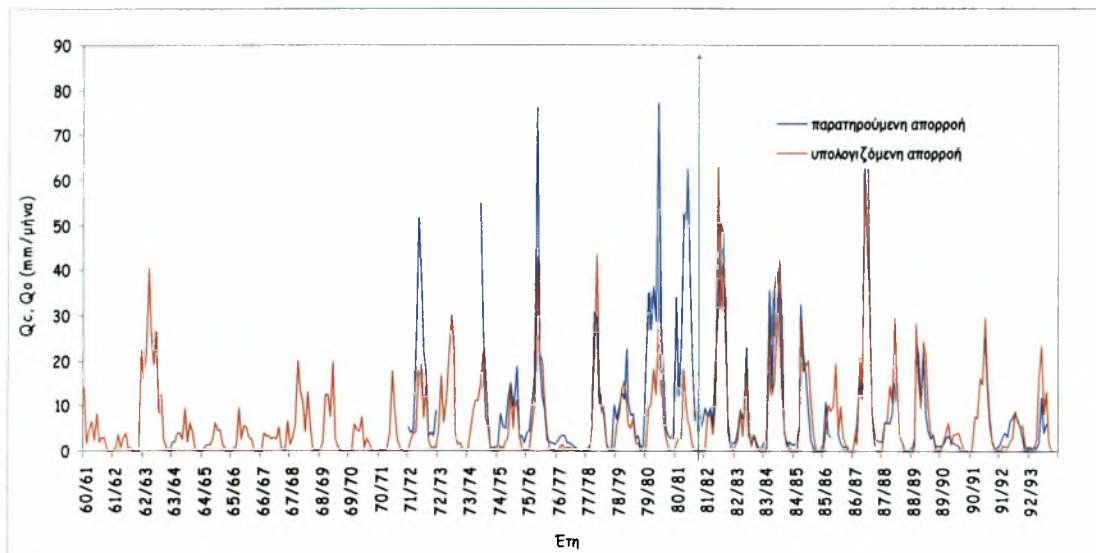
Σχήμα 3.85



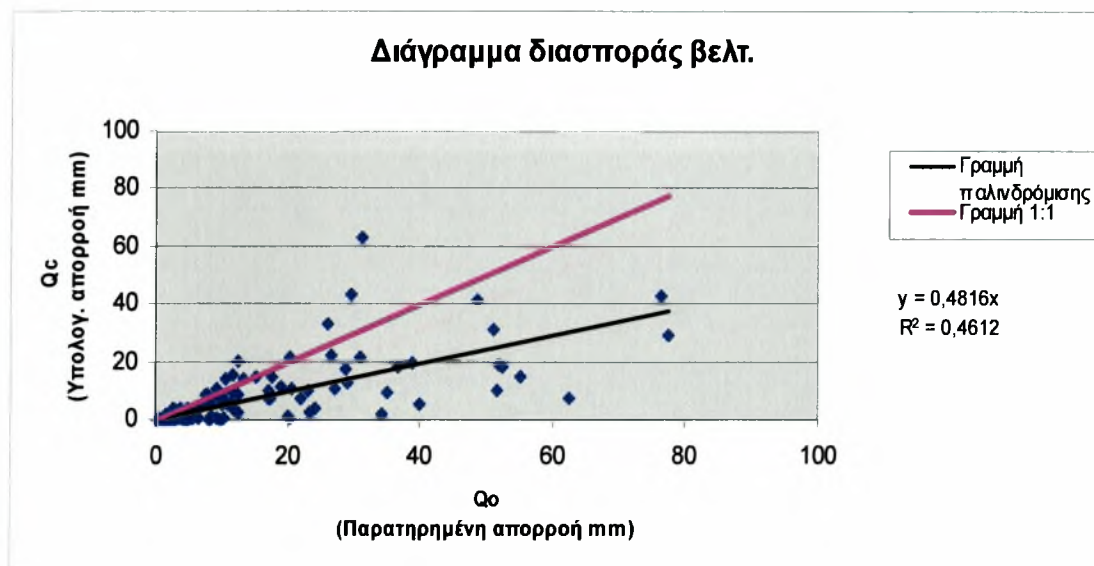
Ε. 4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1972 έως Σεπτέμβριο 1982 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Σκοπιά.



Ε.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1982 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Σκοπιά.

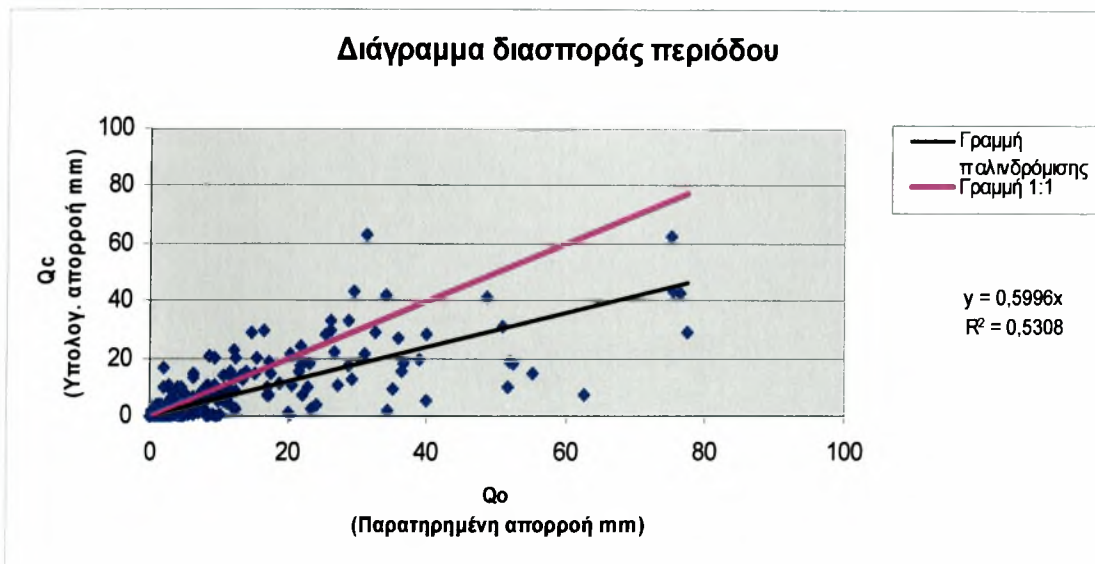
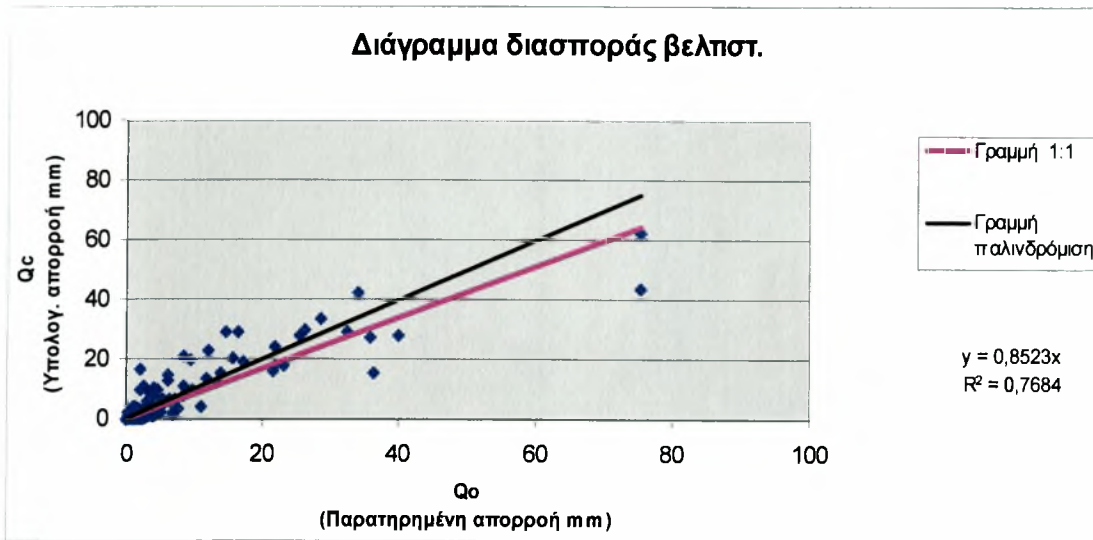


Σχήμα 3.89

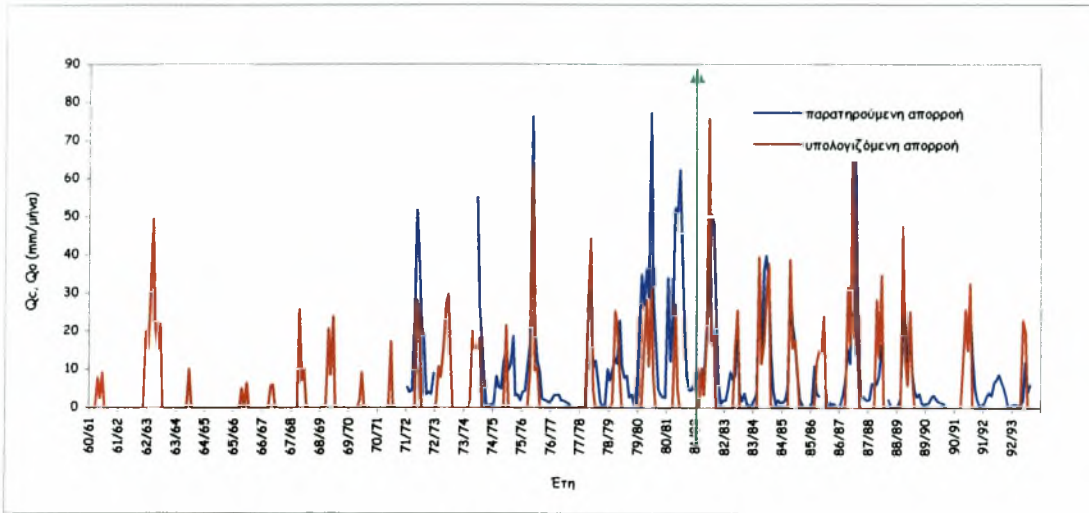


Σχήμα 3.90

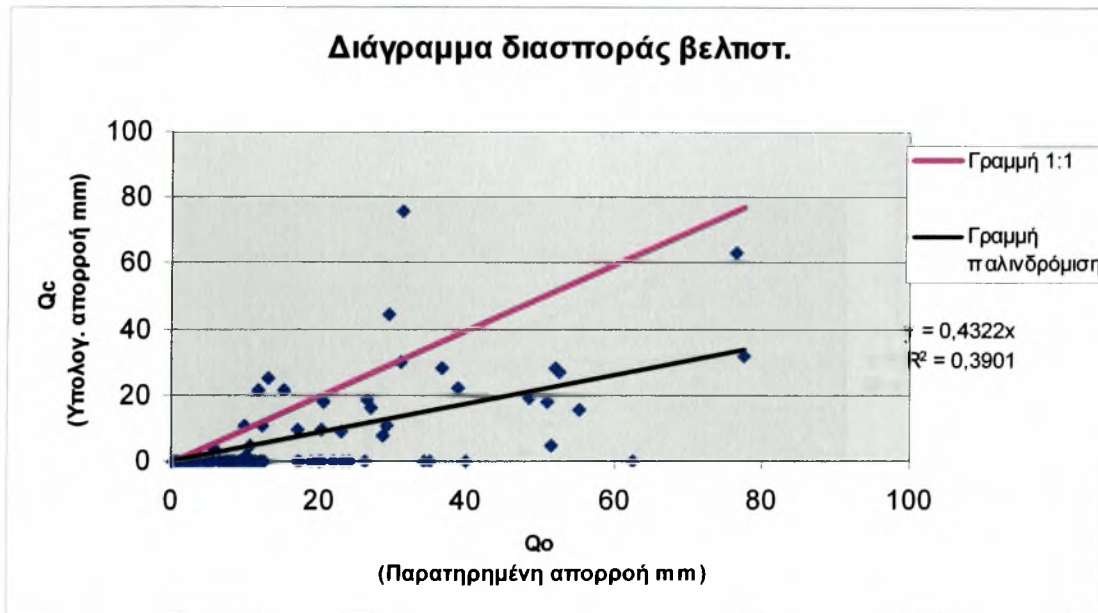
Ε.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1972 έως Σεπτέμβριο 1982 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Σκοπιά.



Ε.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1982 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Σκοπιά .

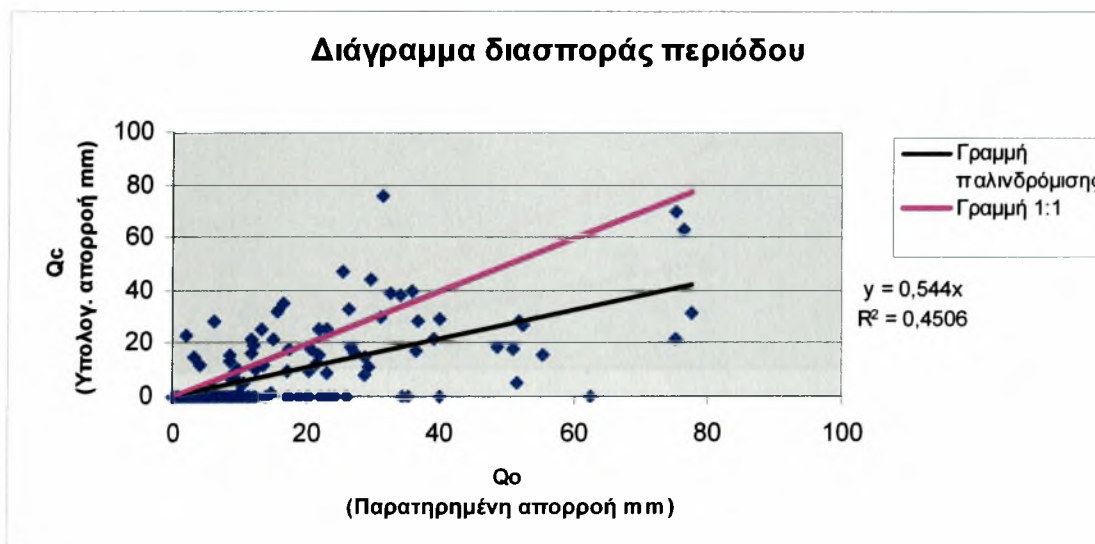
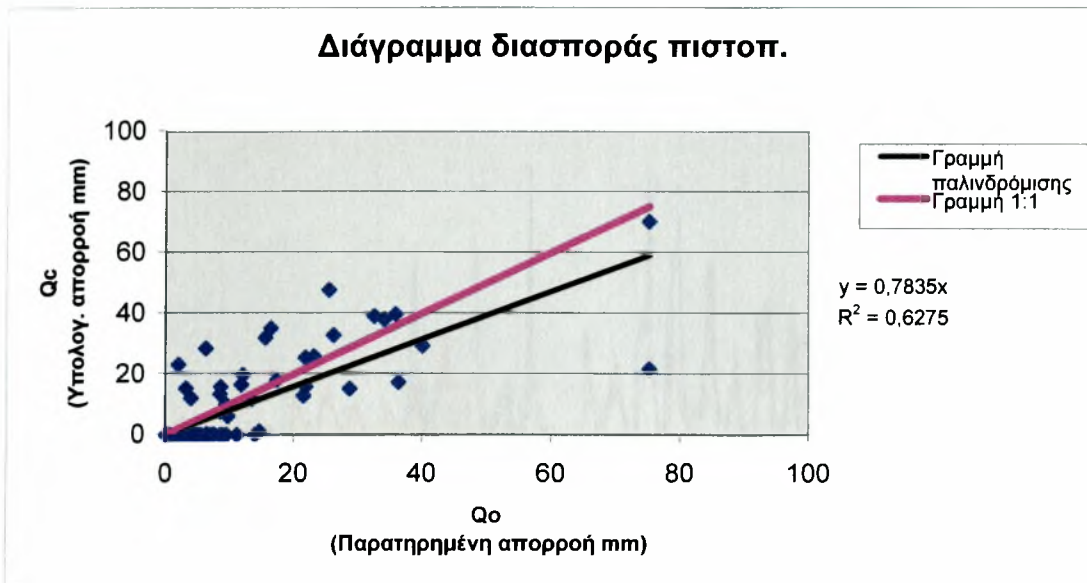


Σχήμα 3.93

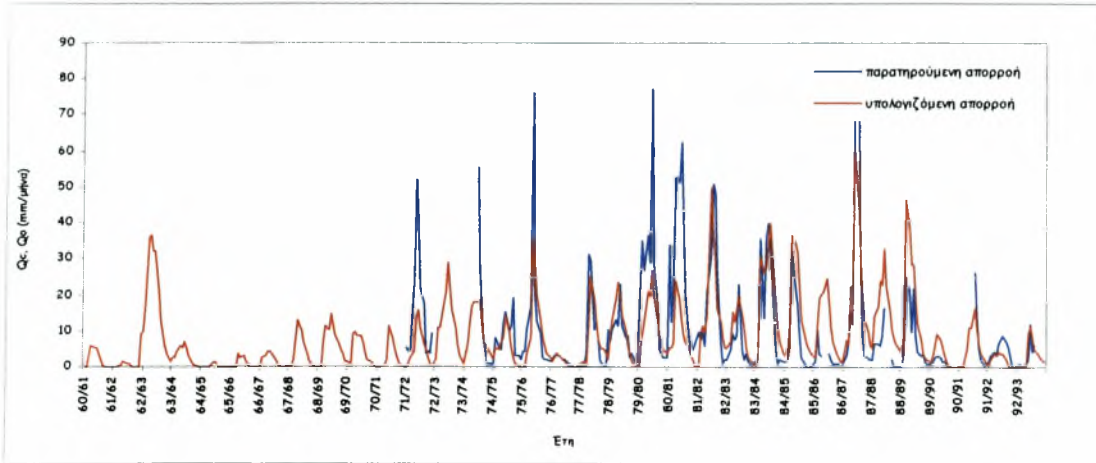


Σχήμα 3.94

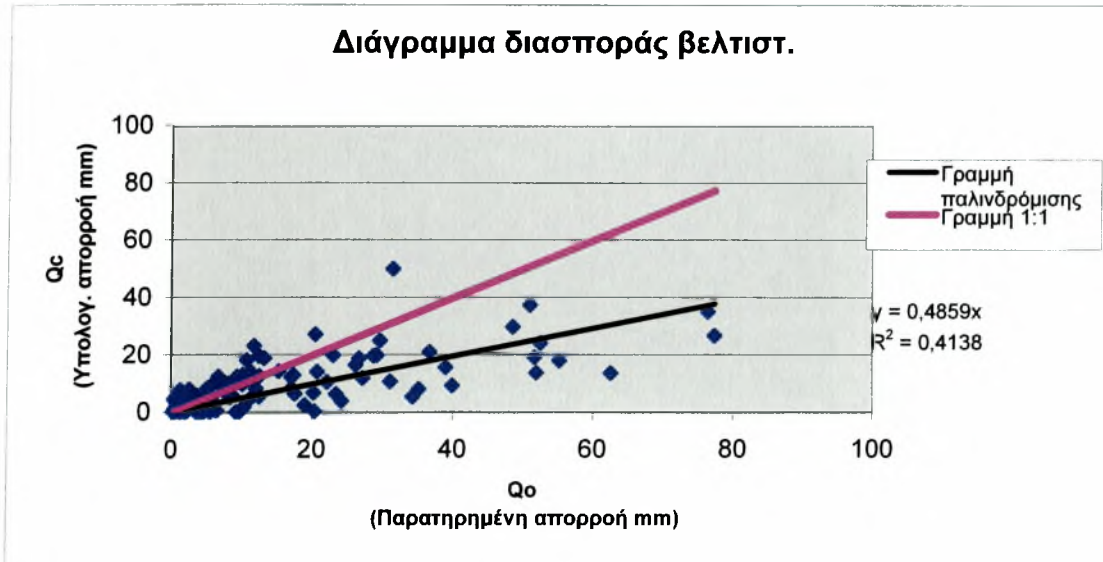
Ε.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1972 έως Σεπτέμβριο 1982 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Σκοπιά .



Ε.9 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1972 έως Σεπτέμβριο 1982 για το μοντέλο Χιονο-Γουο λεκάνη απορροής Σκοπιά .

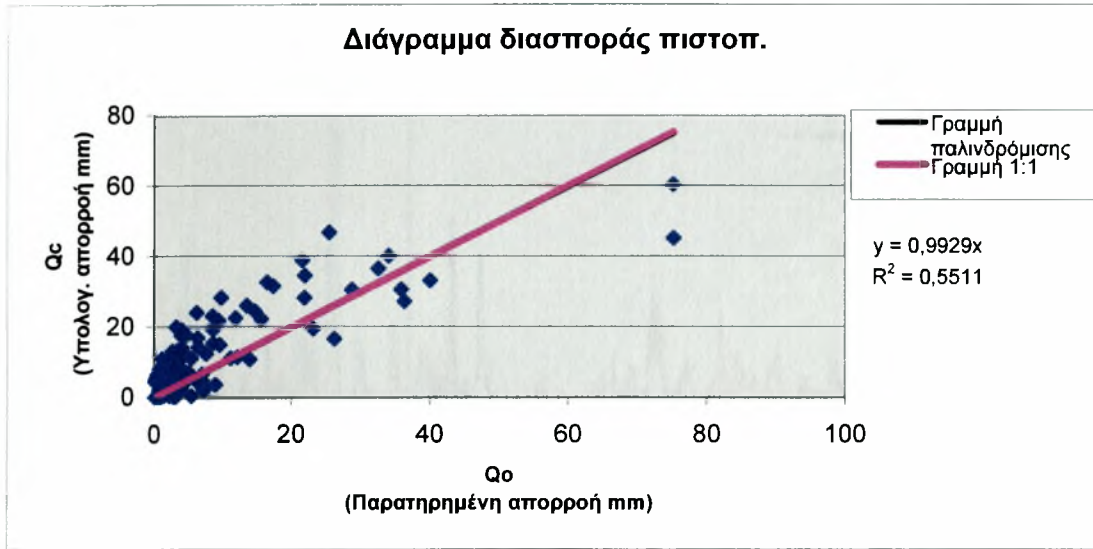


Σχήμα 3.97

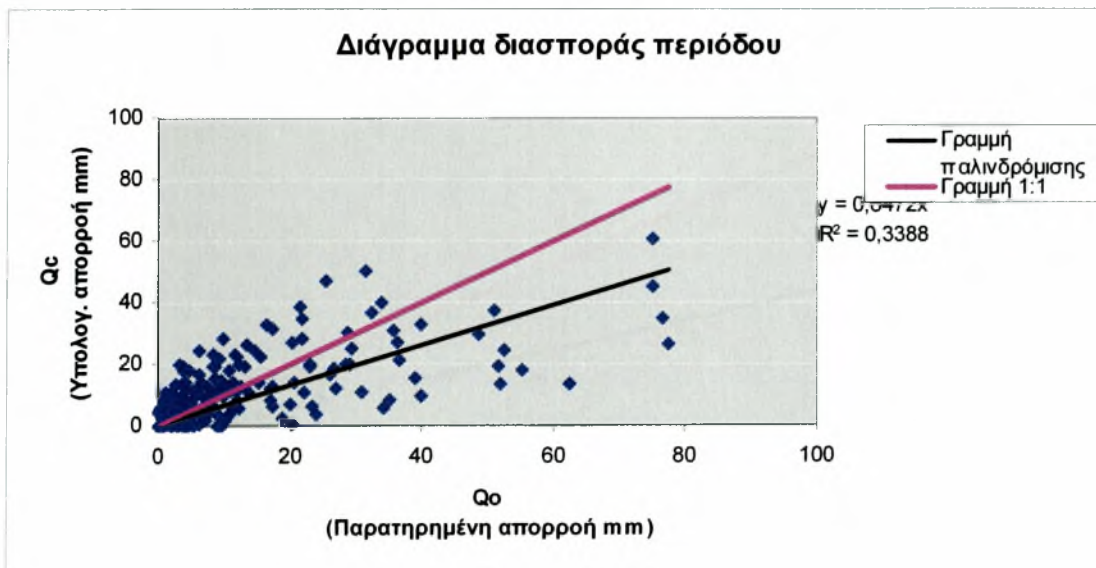


Σχήμα 3.98

Ε.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1972 έως Σεπτέμβριο 1982 για το μοντέλο Χιονο-Γυο λεκάνη απορροής Σκοπιά .

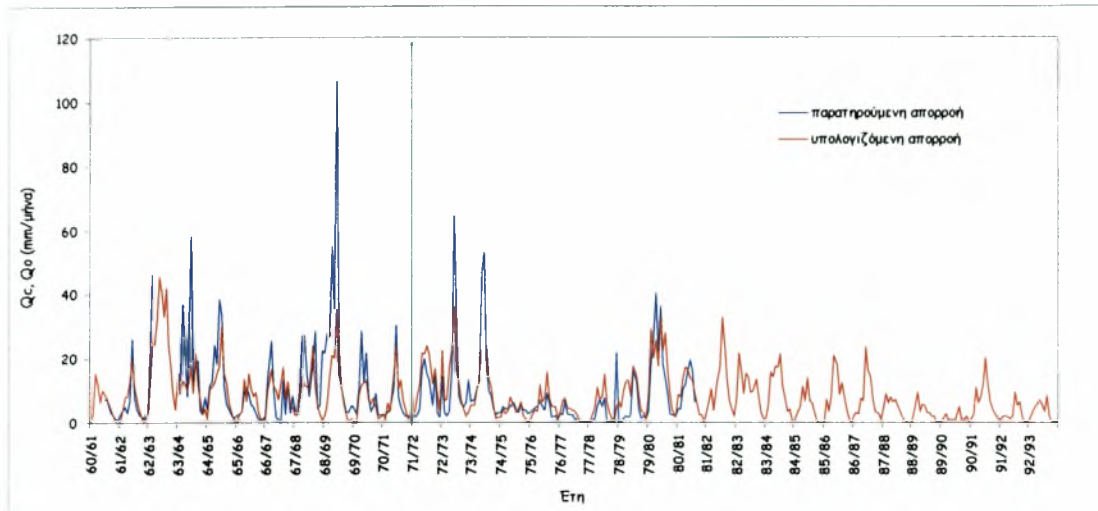


Σχήμα 3.99

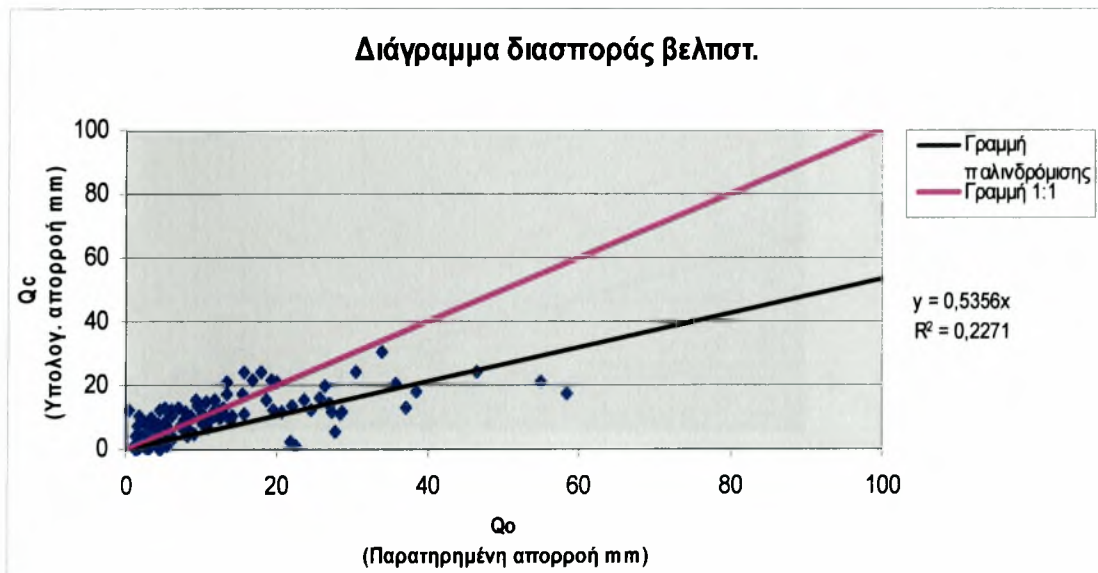


Σχήμα 3.100

ΣΤ.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.

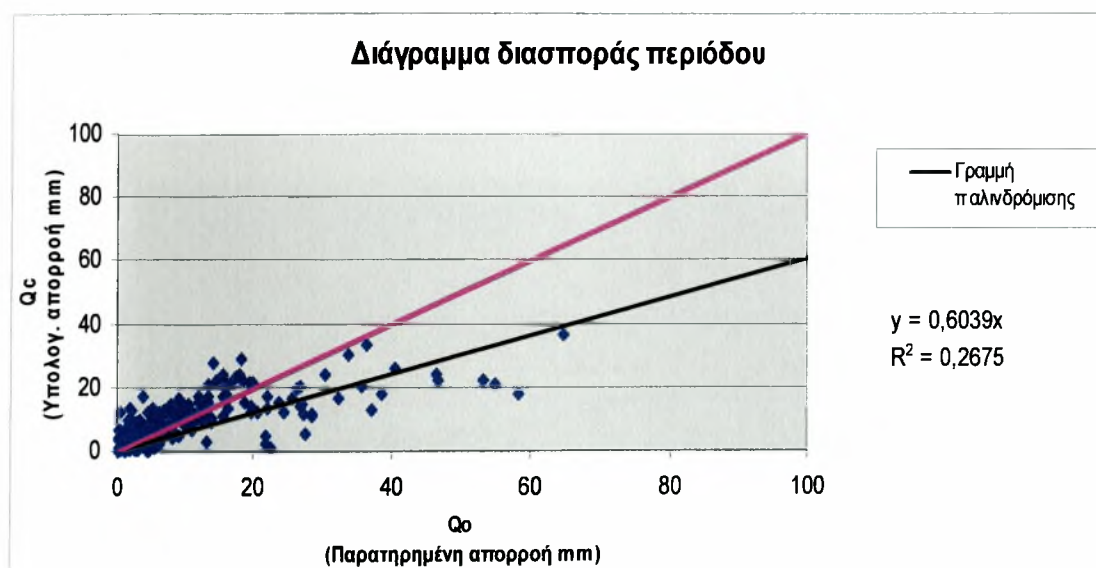
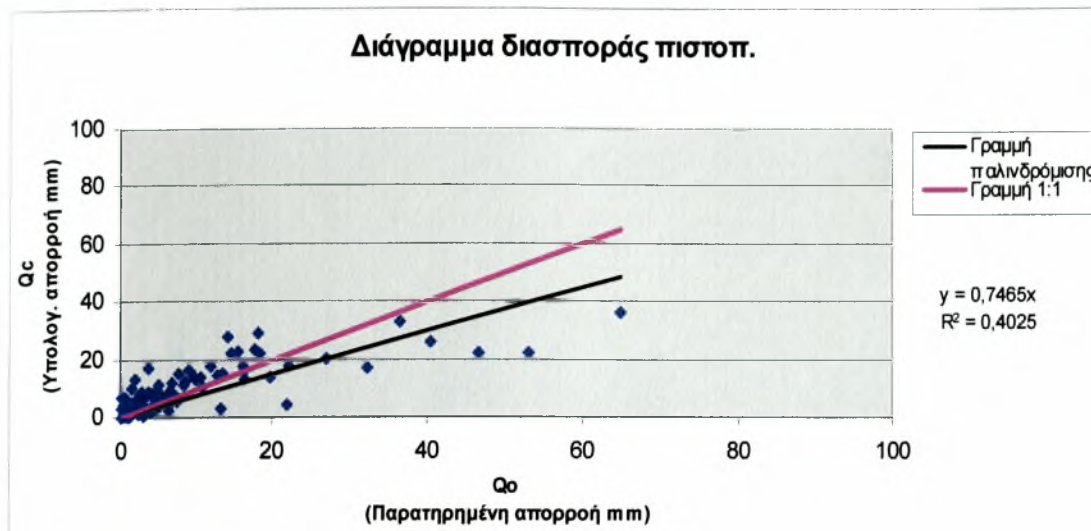


Σχήμα 3.101

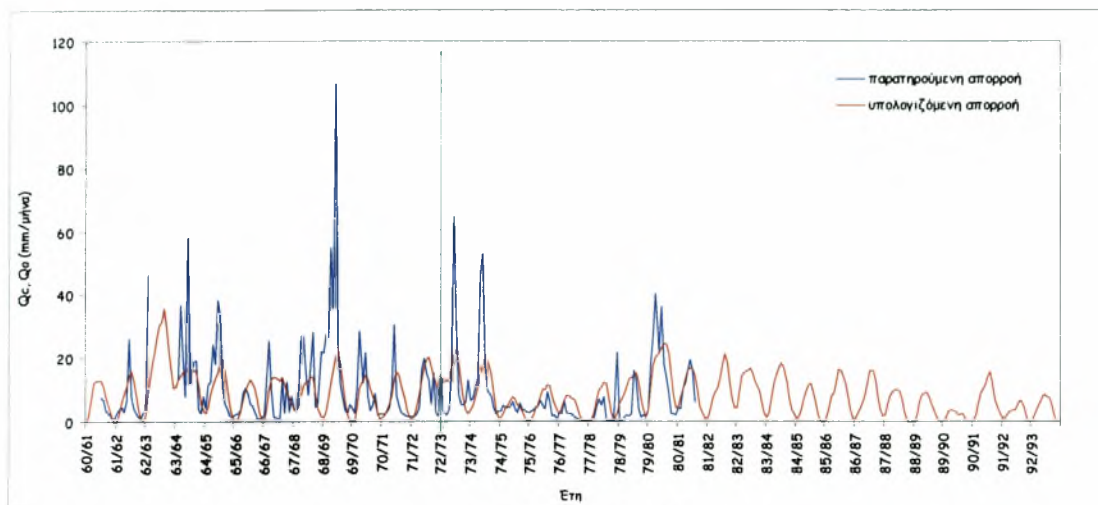


Σχήμα 3.102

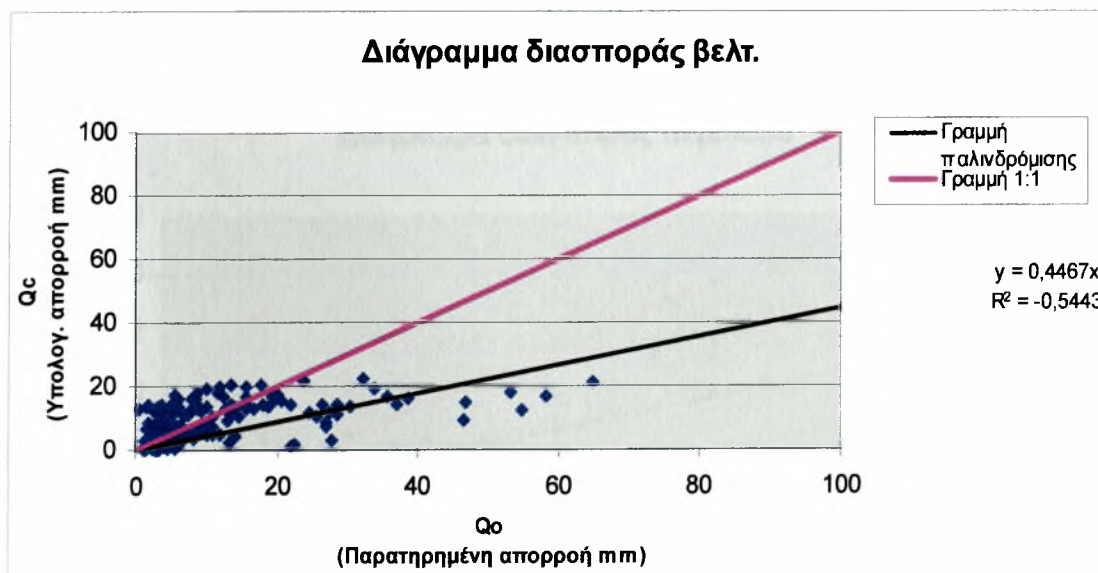
ΣΤ.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.



ΣΤ.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.

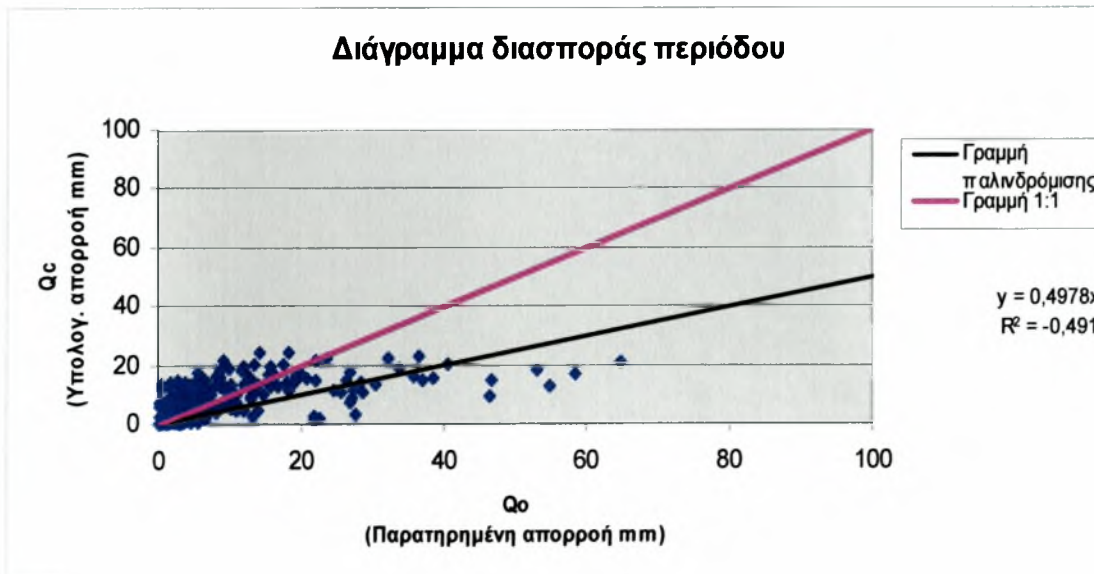
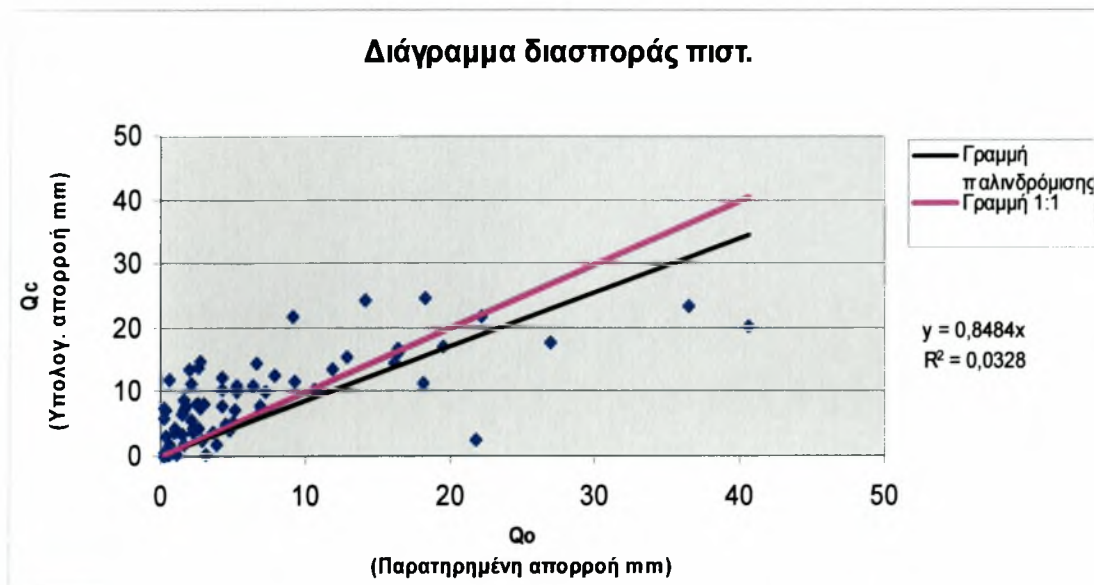


Σχήμα 3.105

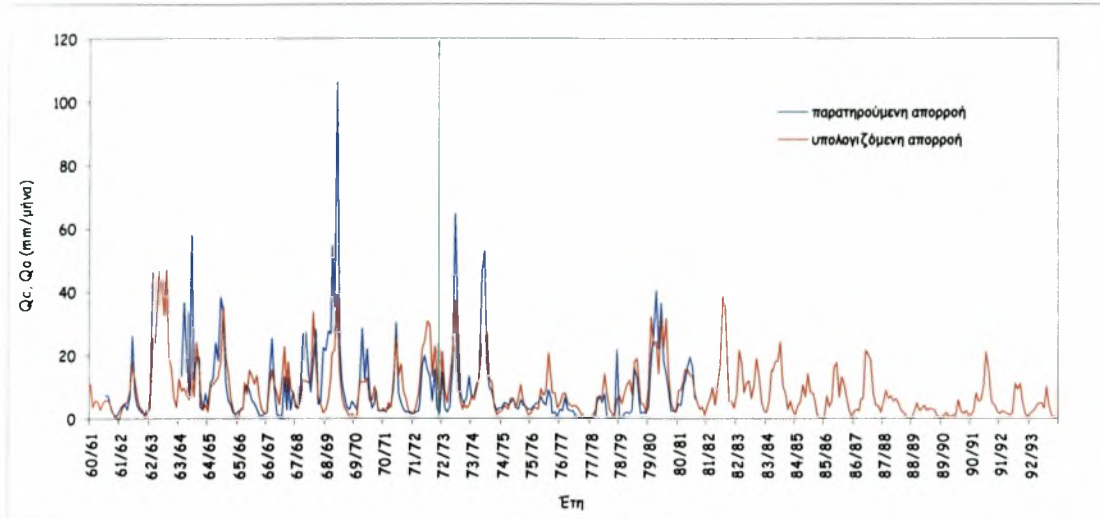


Σχήμα 3.106

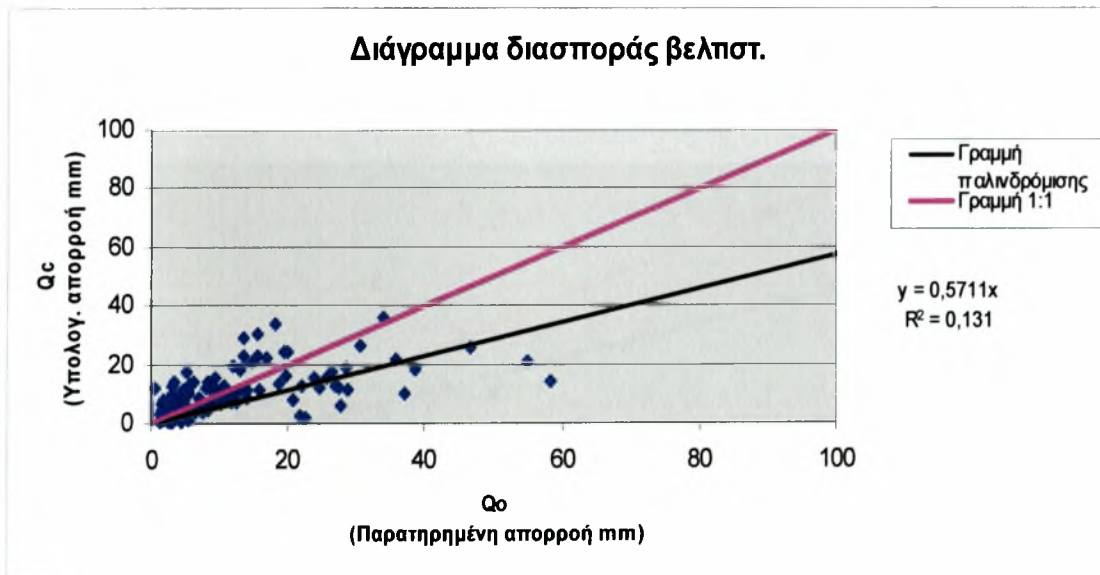
ΣΤ.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.



ΣΤ.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.

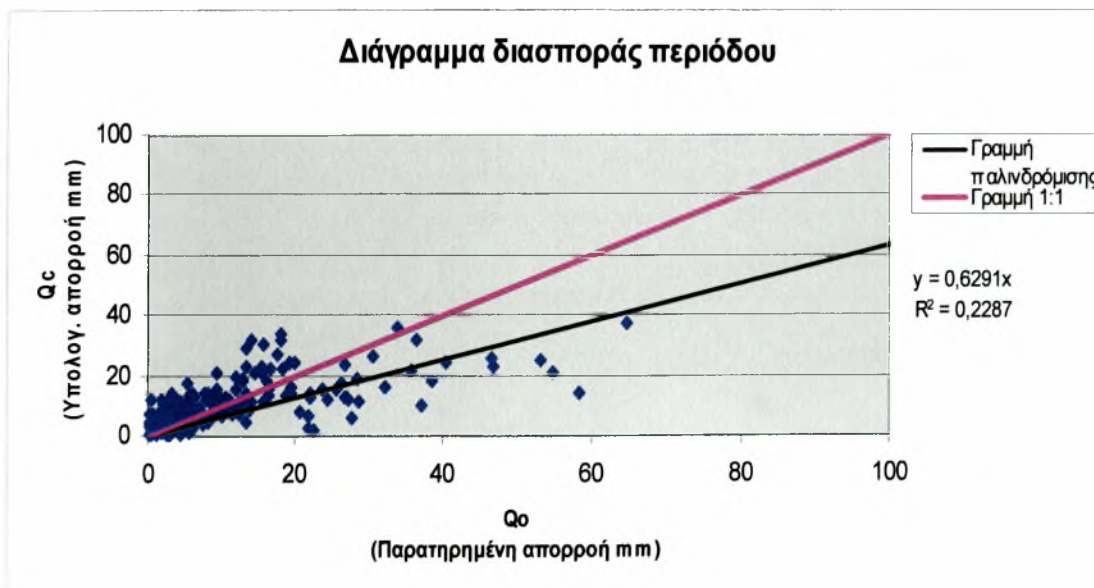
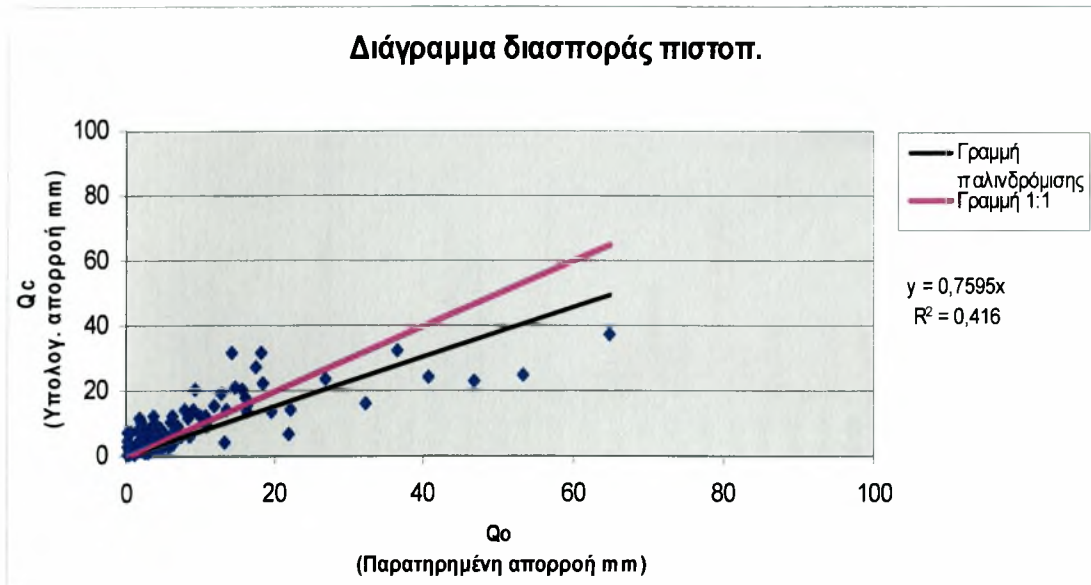


Σχήμα 3.109

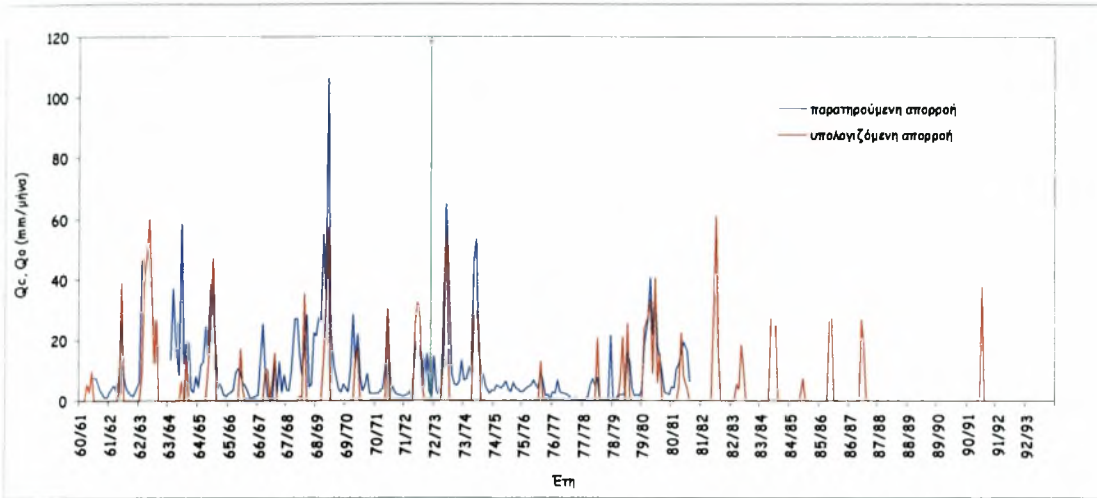


Σχήμα 3.110

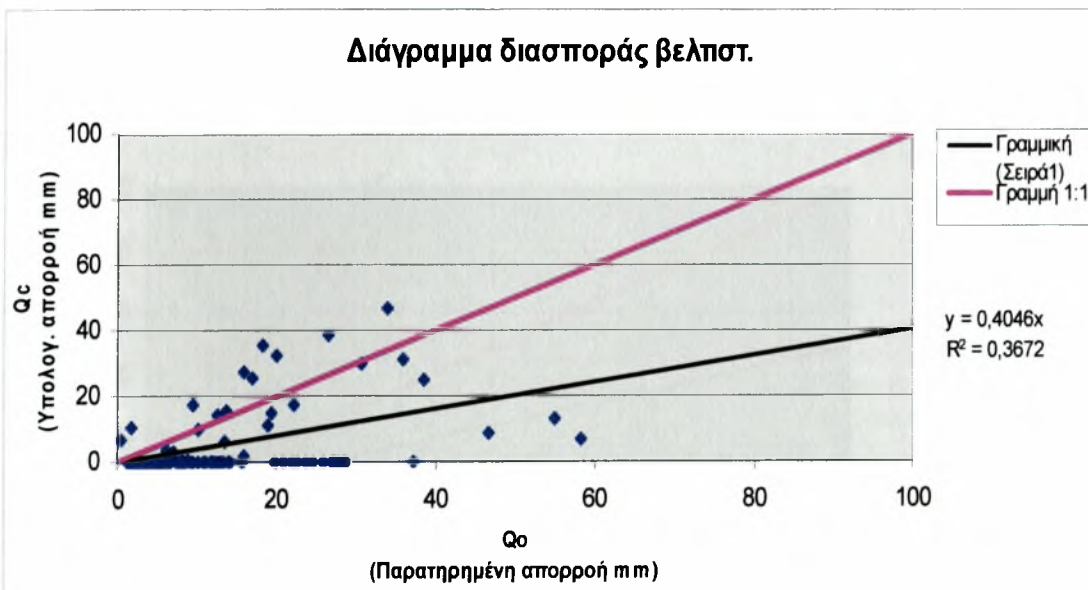
ΣΤ.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.



ΣΤ.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.

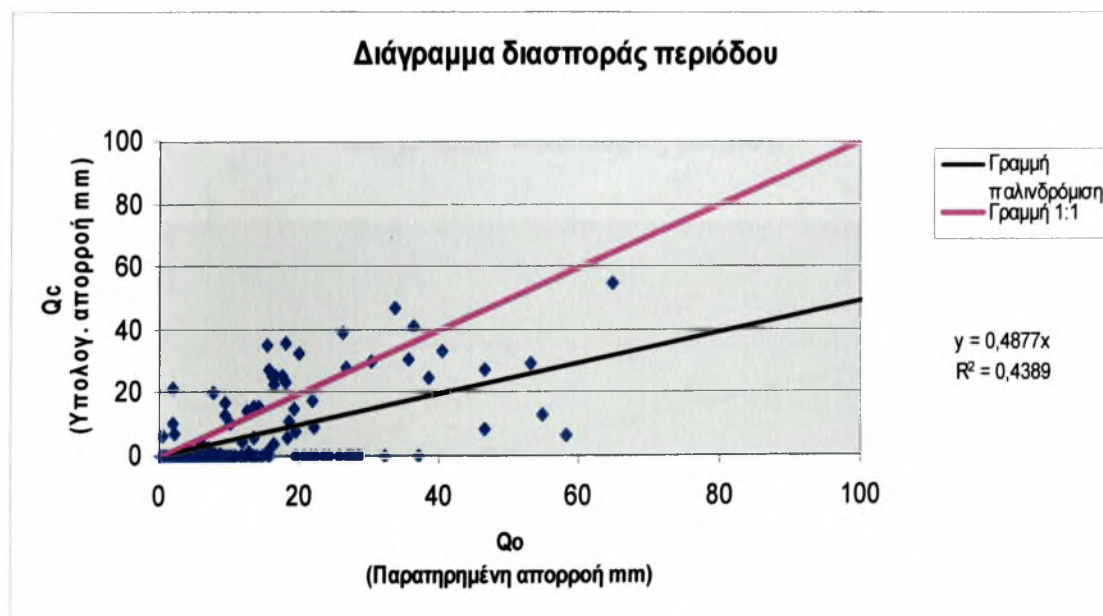
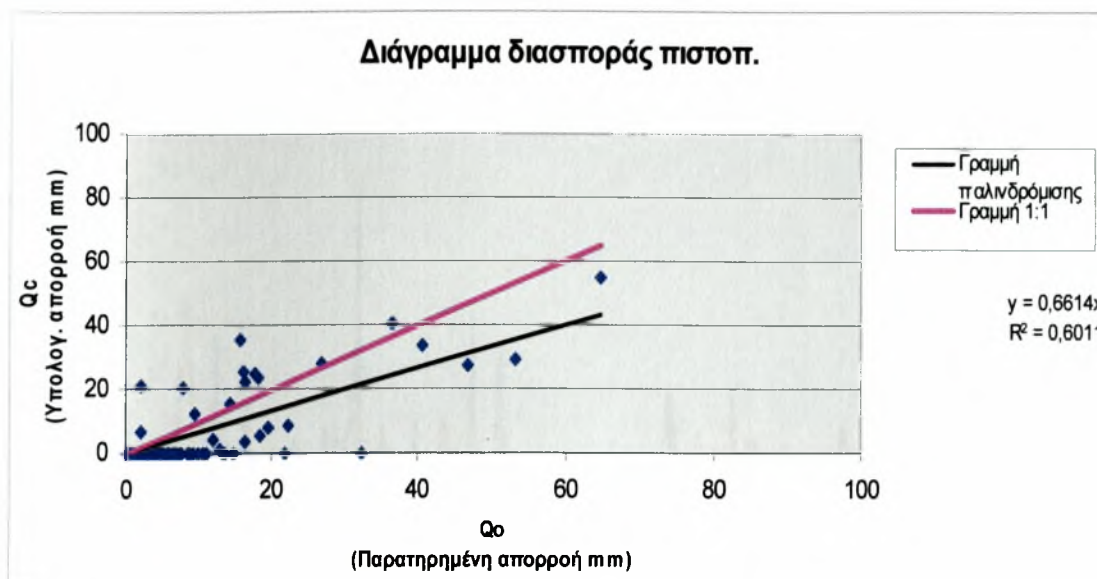


Σχήμα 3.113

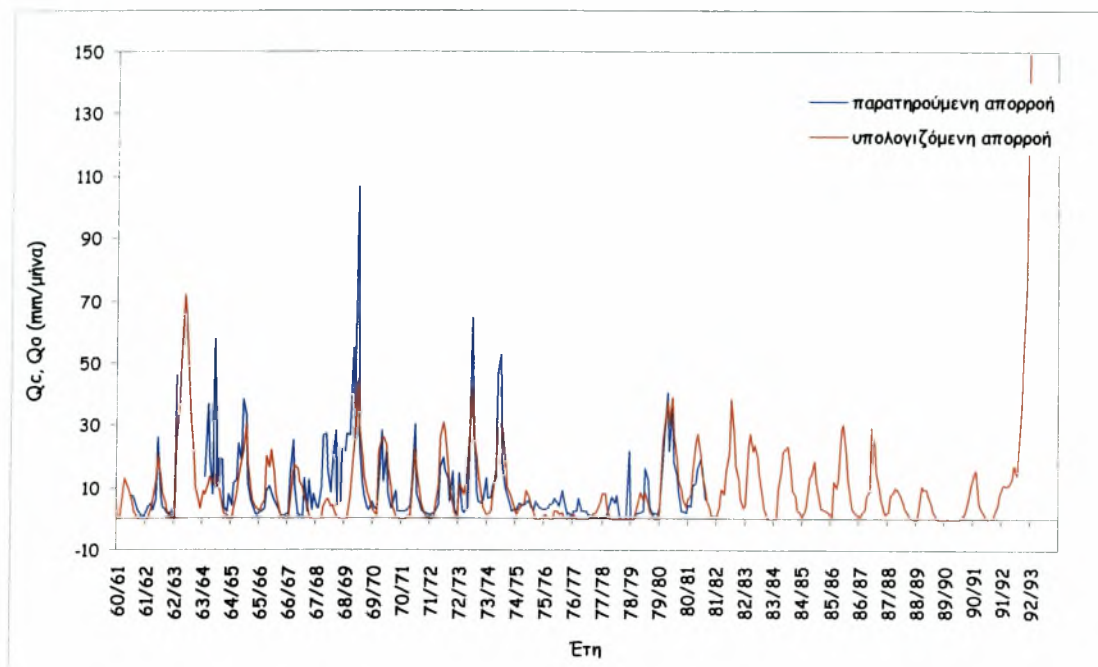


Σχήμα 3.114

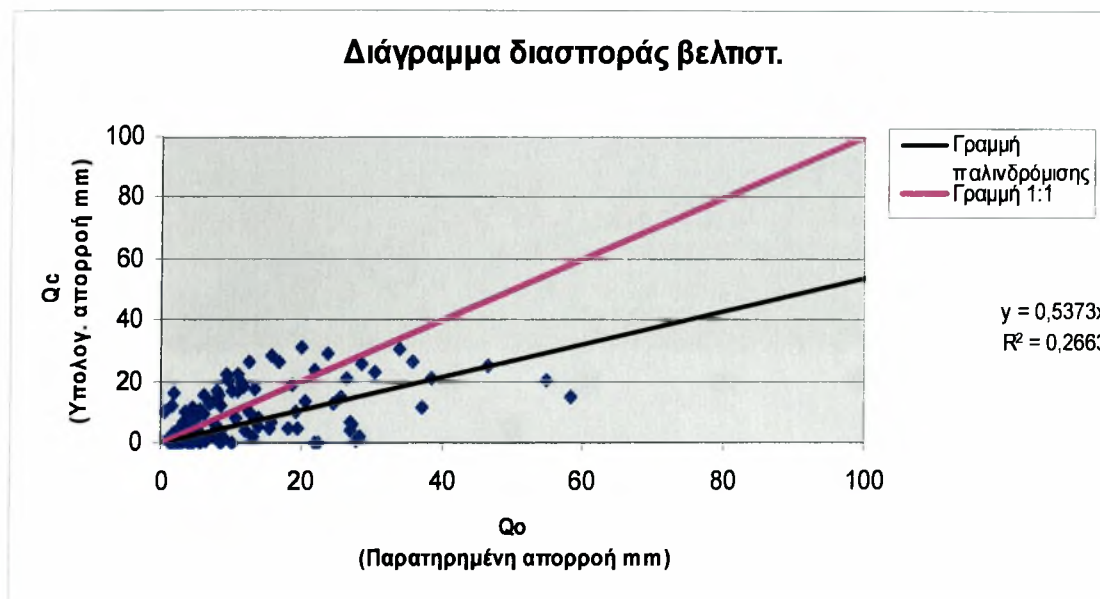
ΣΤ.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.



ΣΤ.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Χιονο-Guo λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.

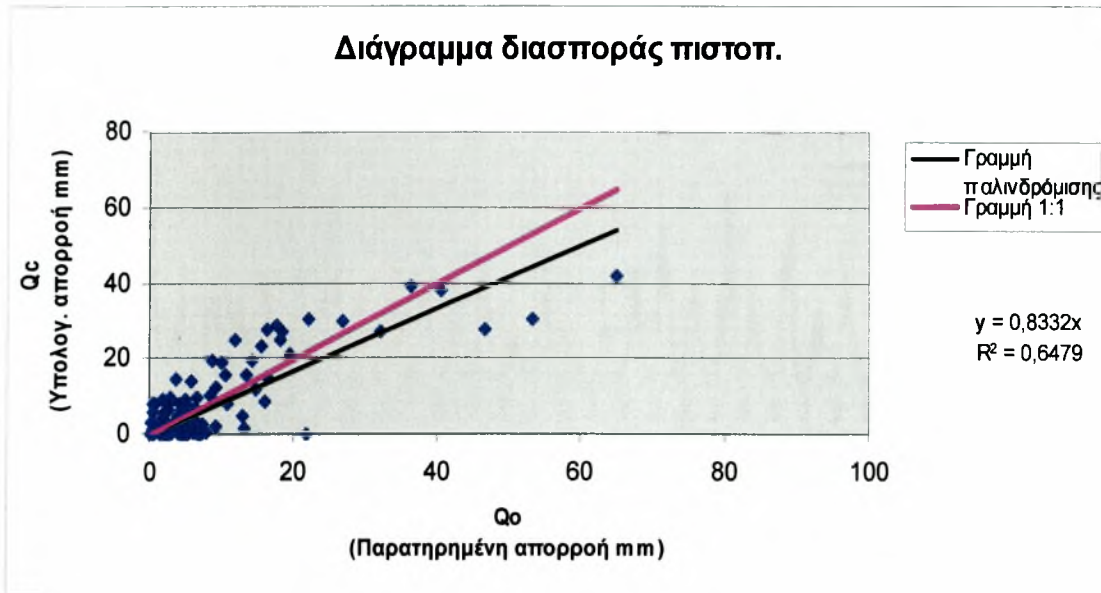


Σχήμα 3.118

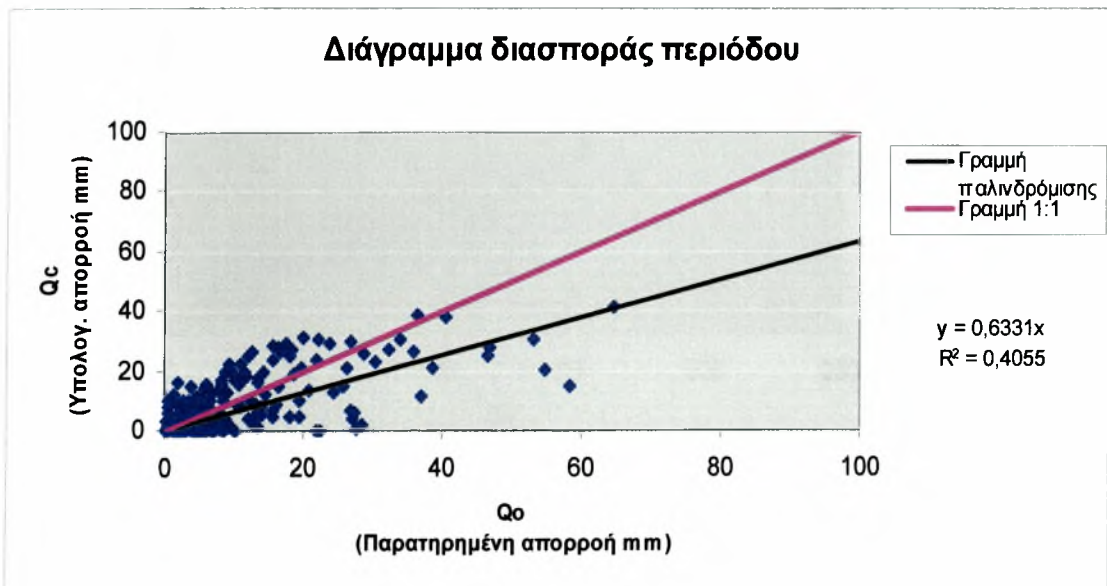


Σχήμα 3.119

ΣΤ.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Χιονο- Γυο λεκάνη απορροής Μεσοχώρι.

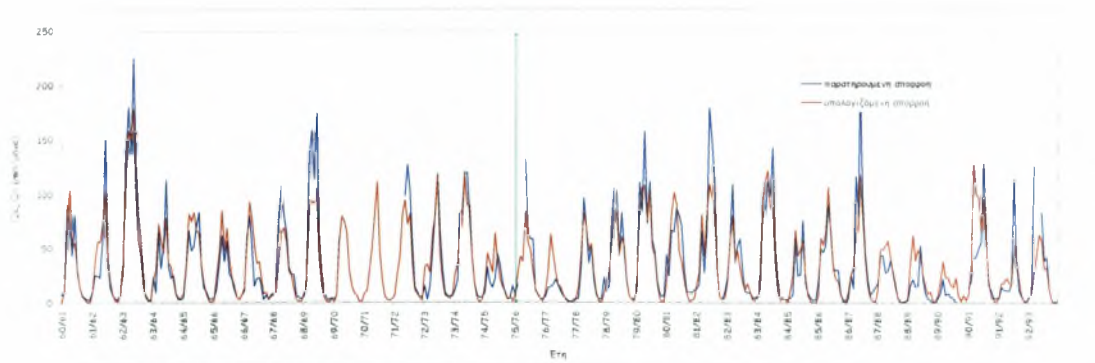


Σχήμα 3.120



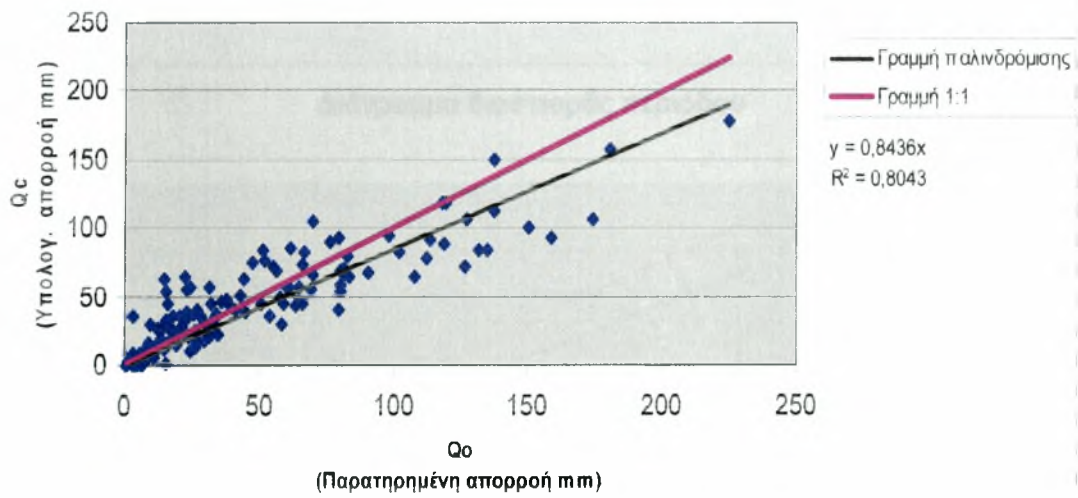
Σχήμα ΣΤ.40

Σχ. 3.121: Εξέλιξη απορροής από Οκτώβριο 1970 έως Σεπτέμβριο 1999 για το μοντέλο Αρθροποίηση λεκανή απορροής Αλή Λαφάνη.



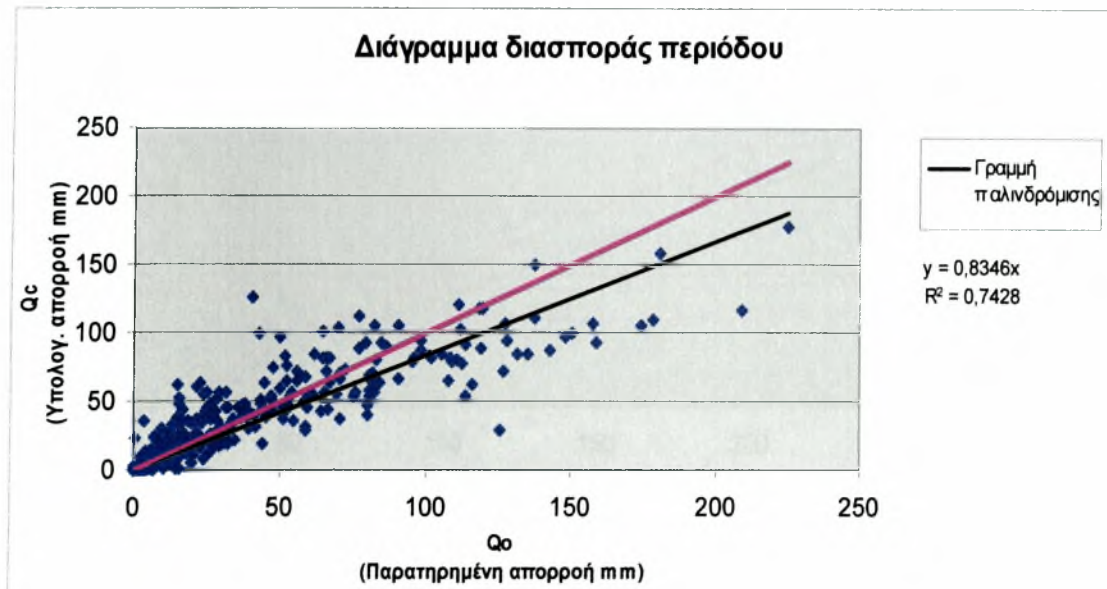
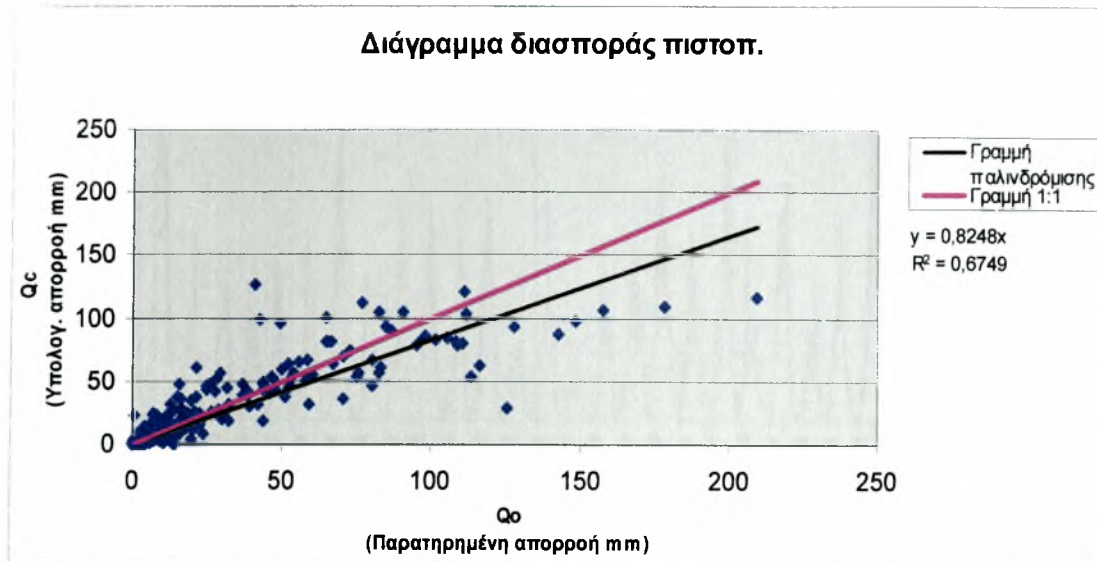
Σχίμα 3.121

Διάγραμμα διασποράς βελτιστ.

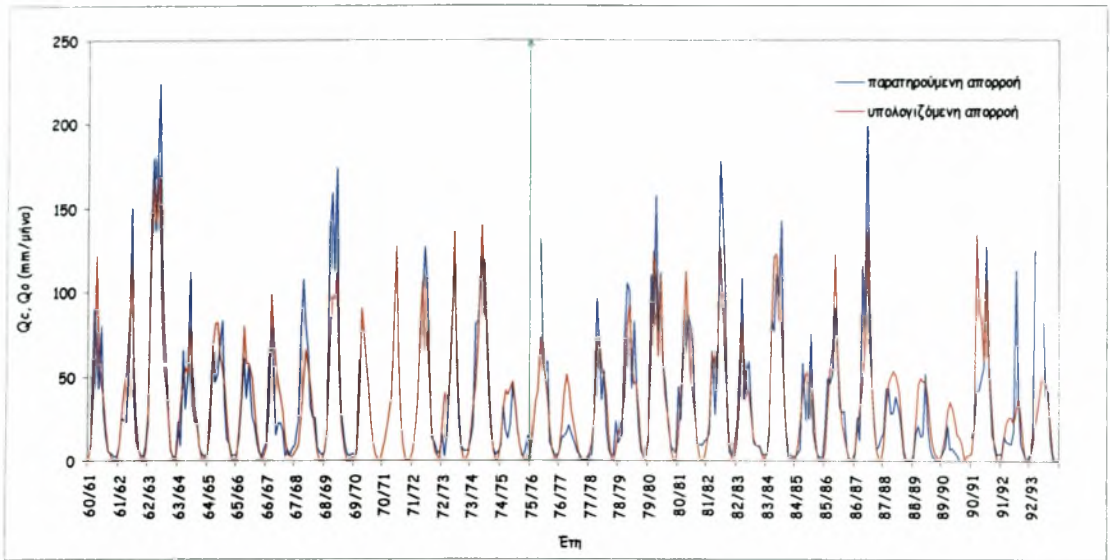


Σχίμα 3.122

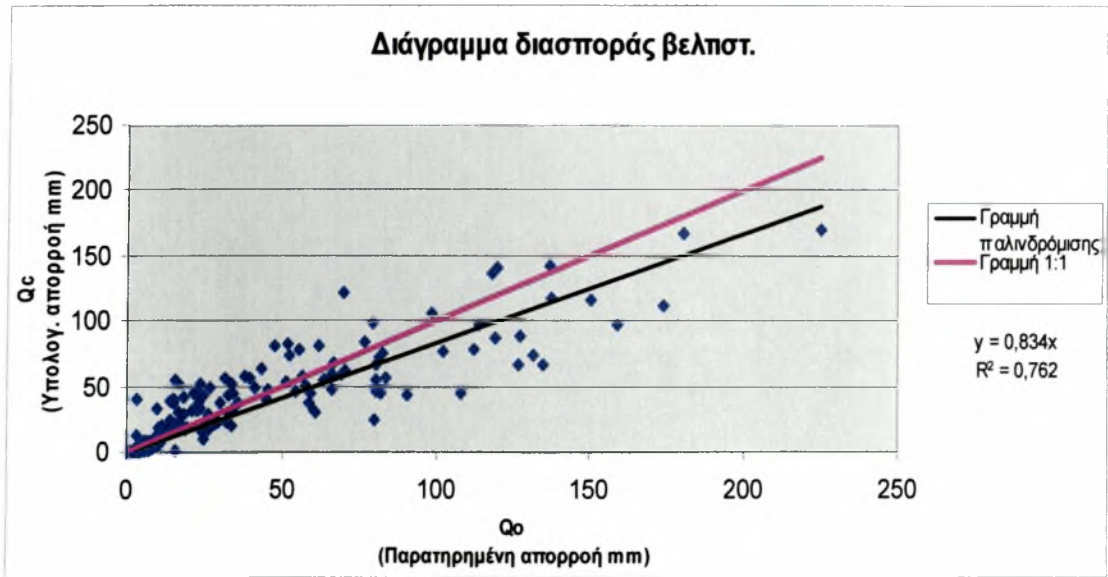
Z.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.



Ζ.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

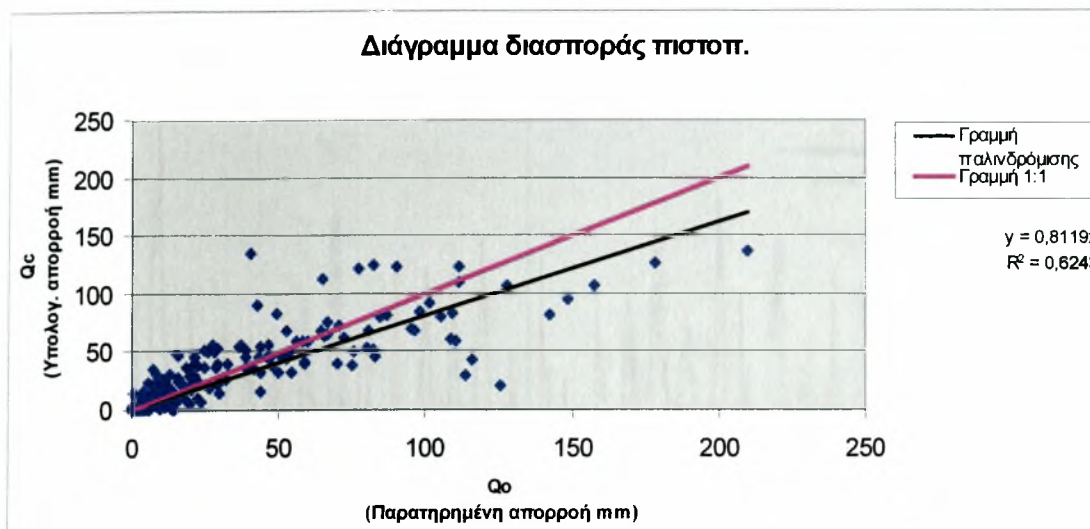


Σχήμα 3.125

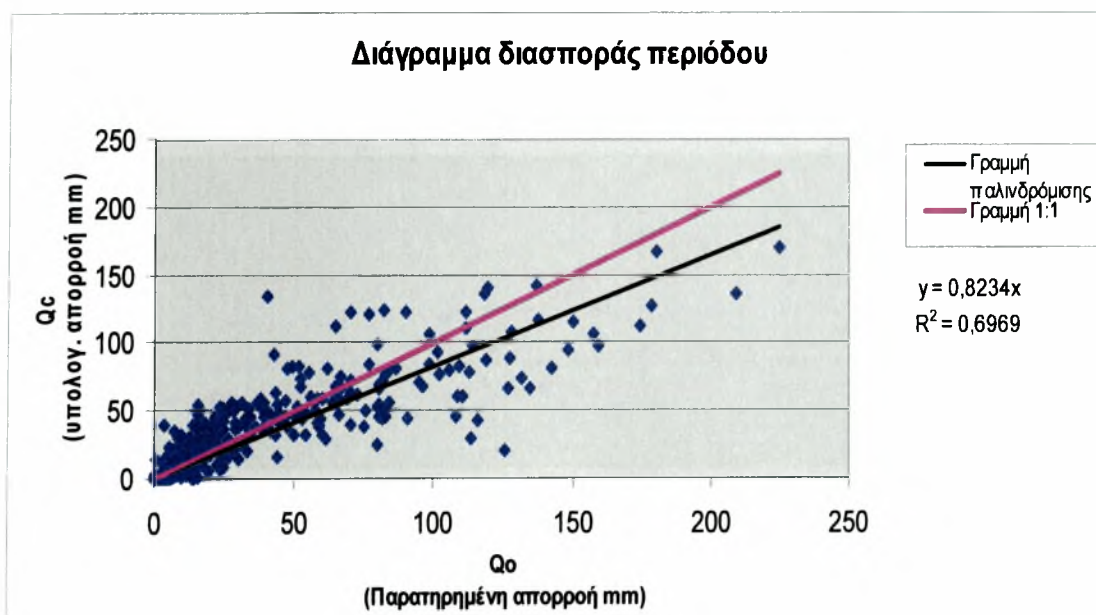


Σχήμα 3.126

Ζ.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

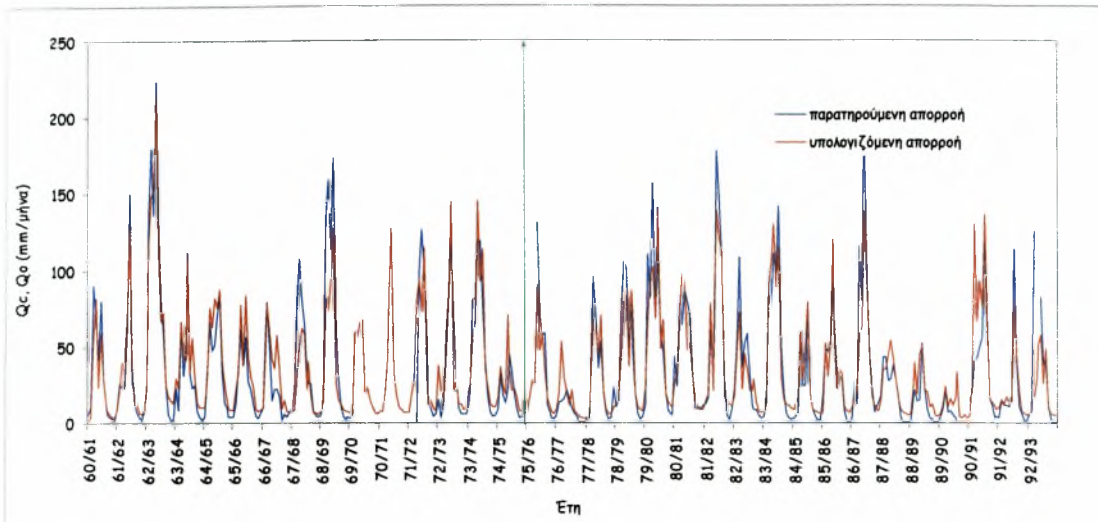


Σχήμα 3.127

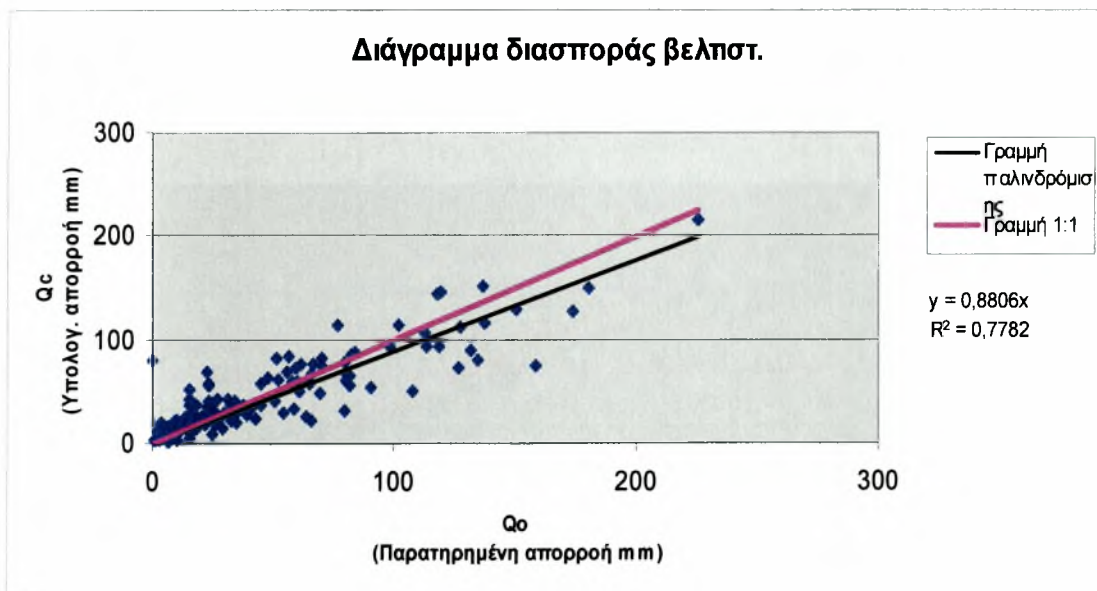


Σχήμα 3.128

2.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

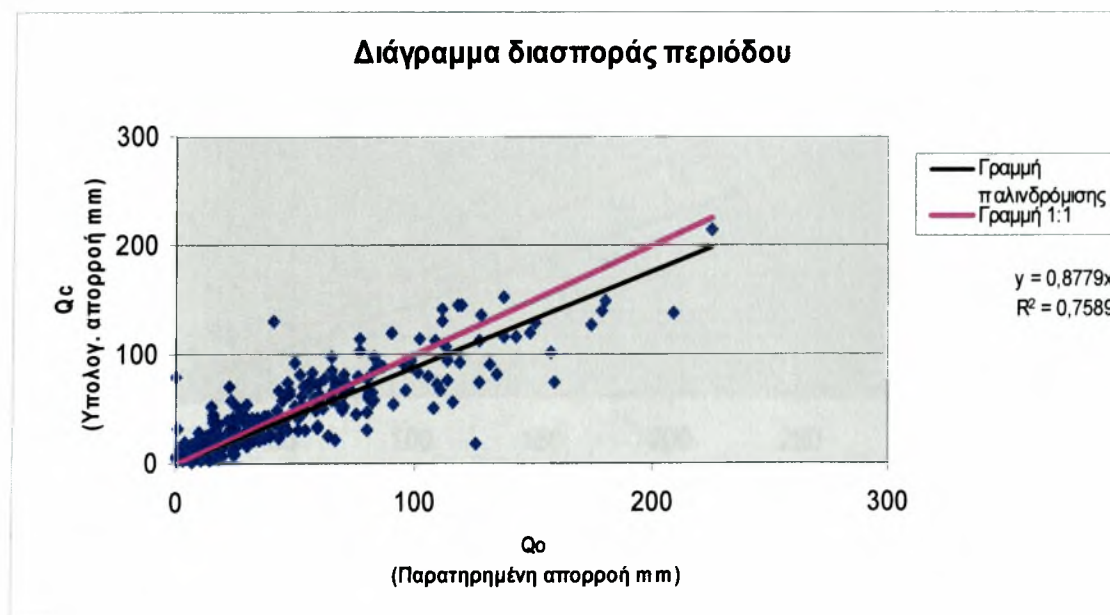
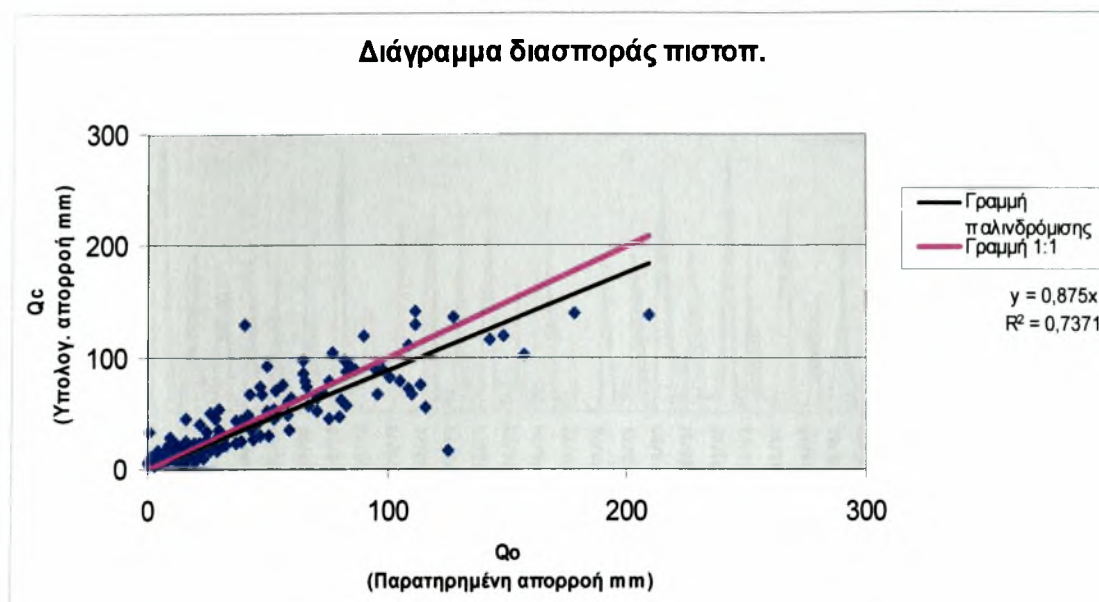


Σχήμα 3.129

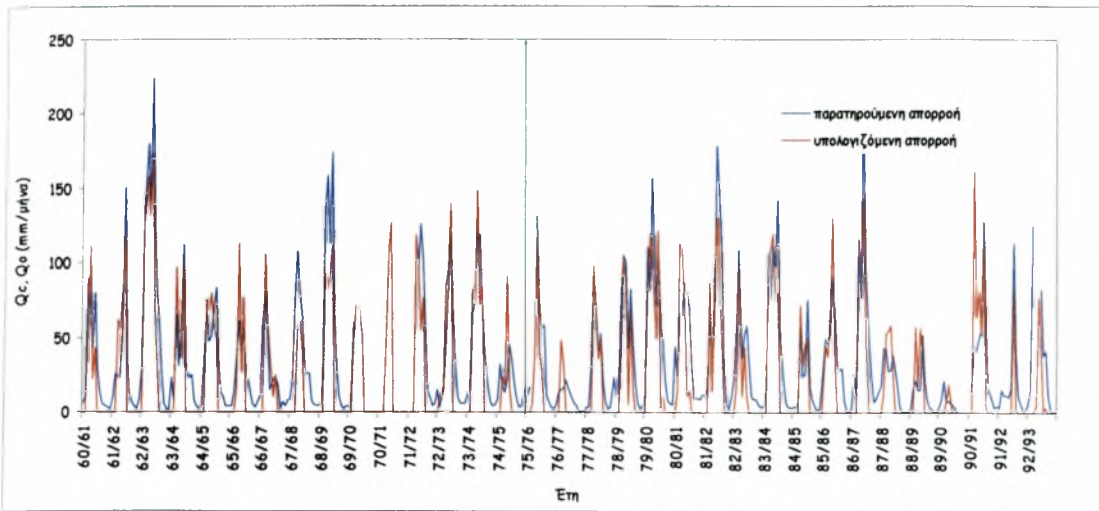


Σχήμα 3.130

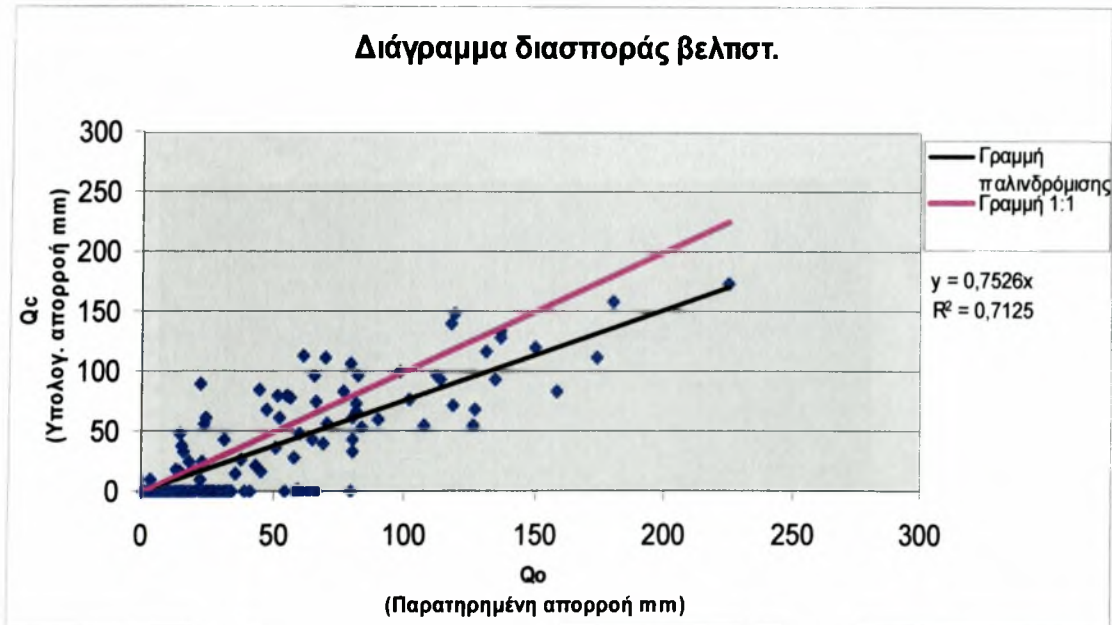
Ζ.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.



2.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Γιακουμακίς λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

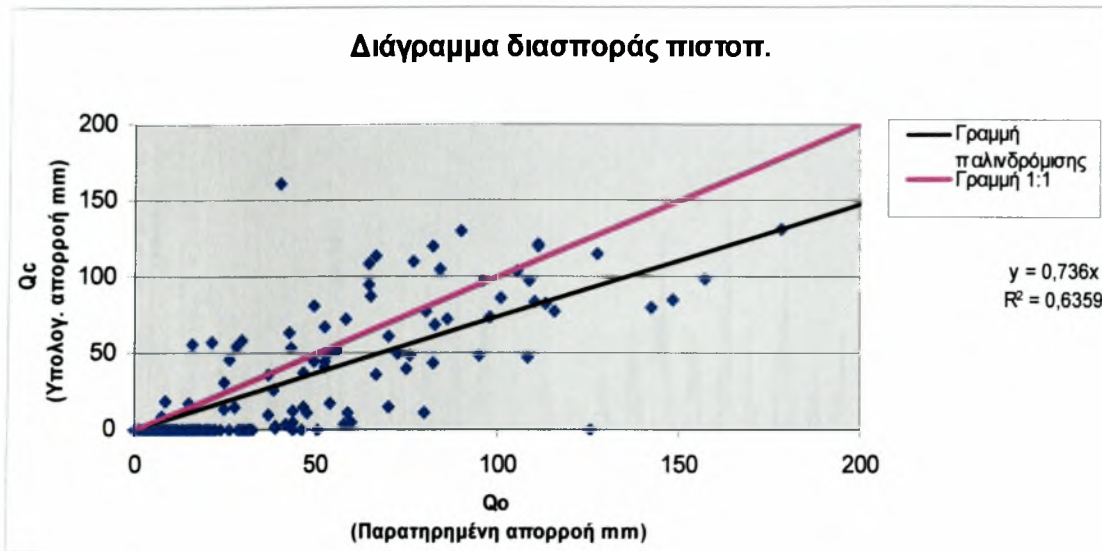


Σχήμα 3.133

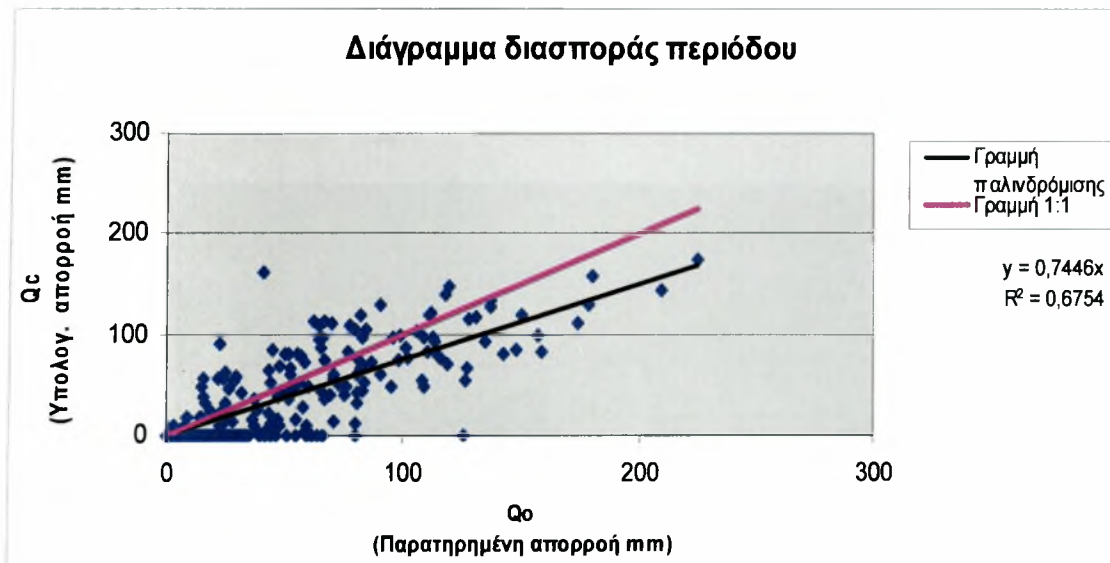


Σχήμα 3.134

Ζ.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Γιακουμάκης λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

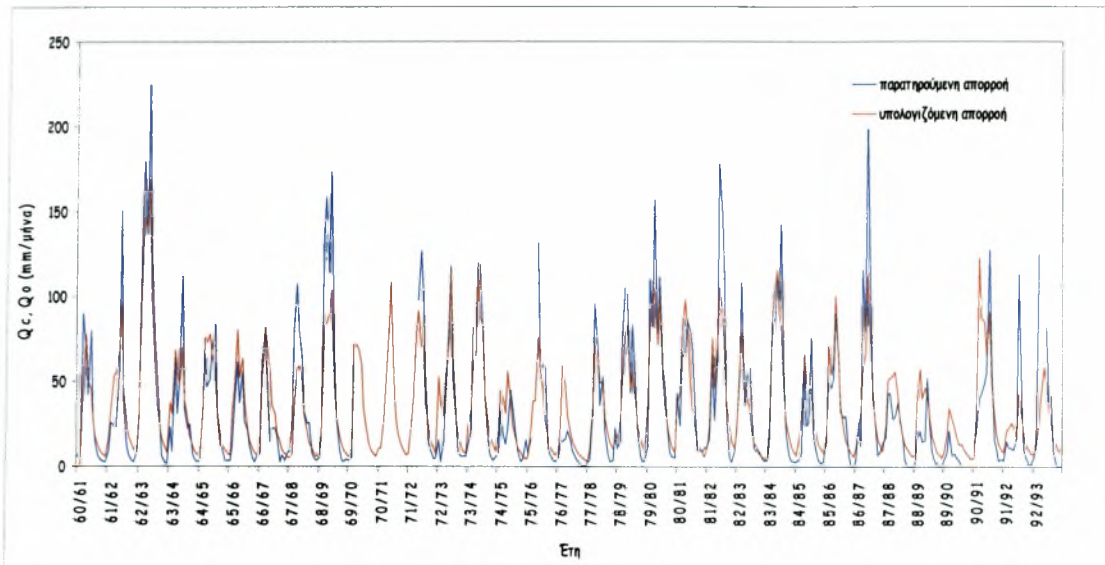


Σχήμα 3.135

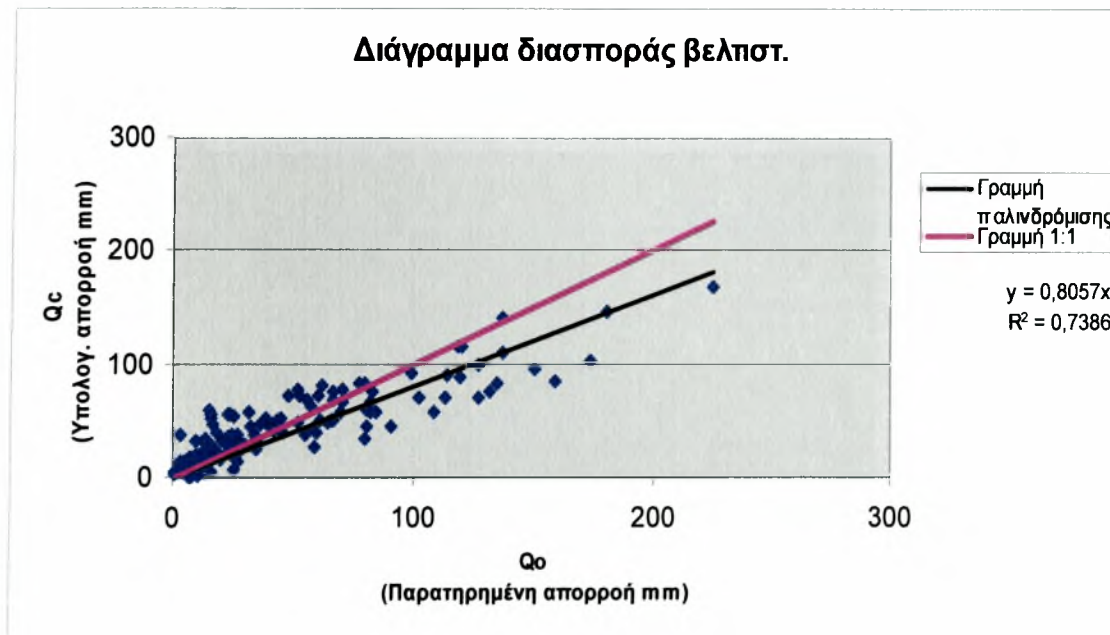


Σχήμα 3.136

Ζ.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1973 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Χιονο-Γυο λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

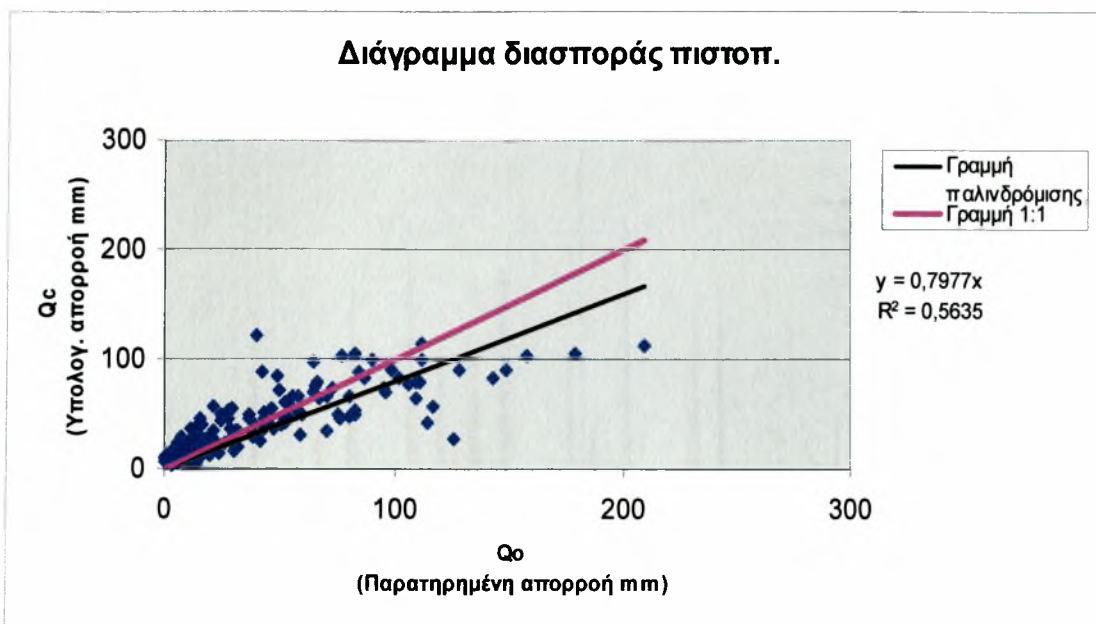


Σχήμα 3.137

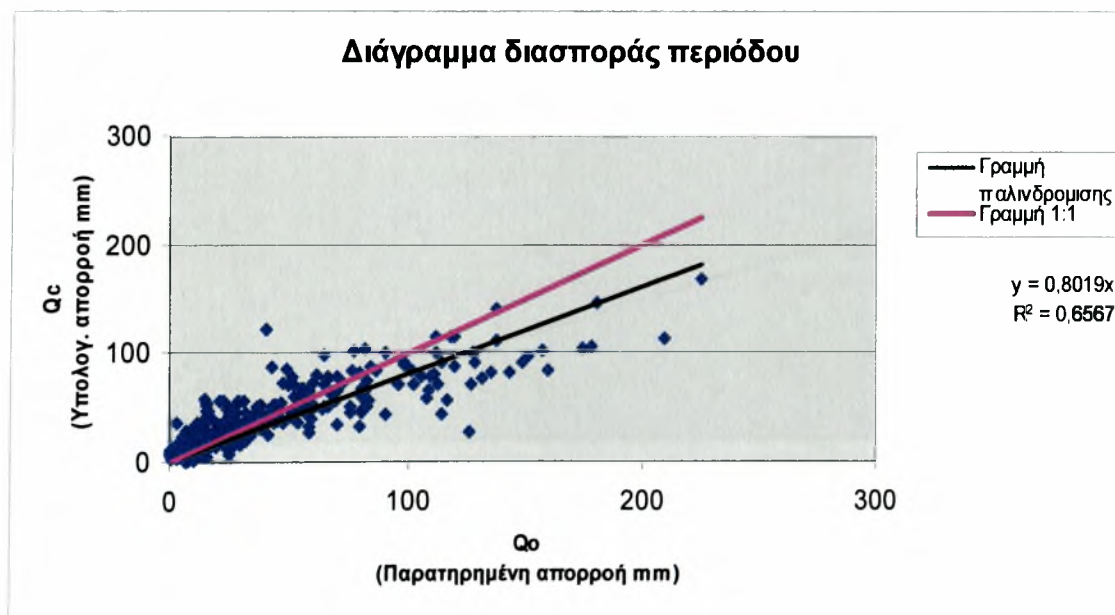


Σχήμα 3.138

Z.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1973 για το μοντέλο Χιονο-Γουο λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.

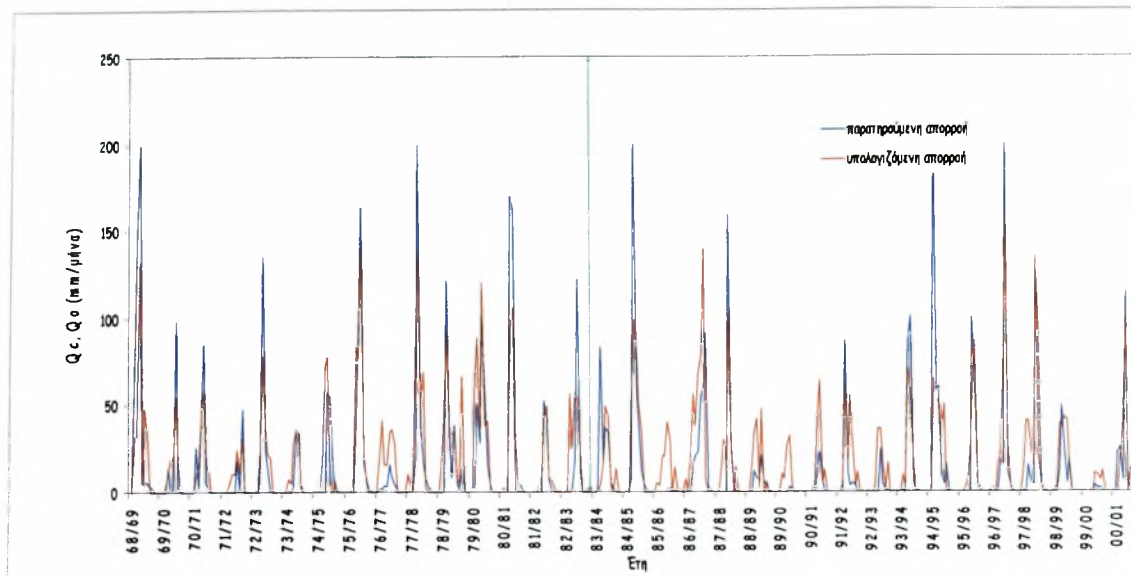


Σχήμα 3.139

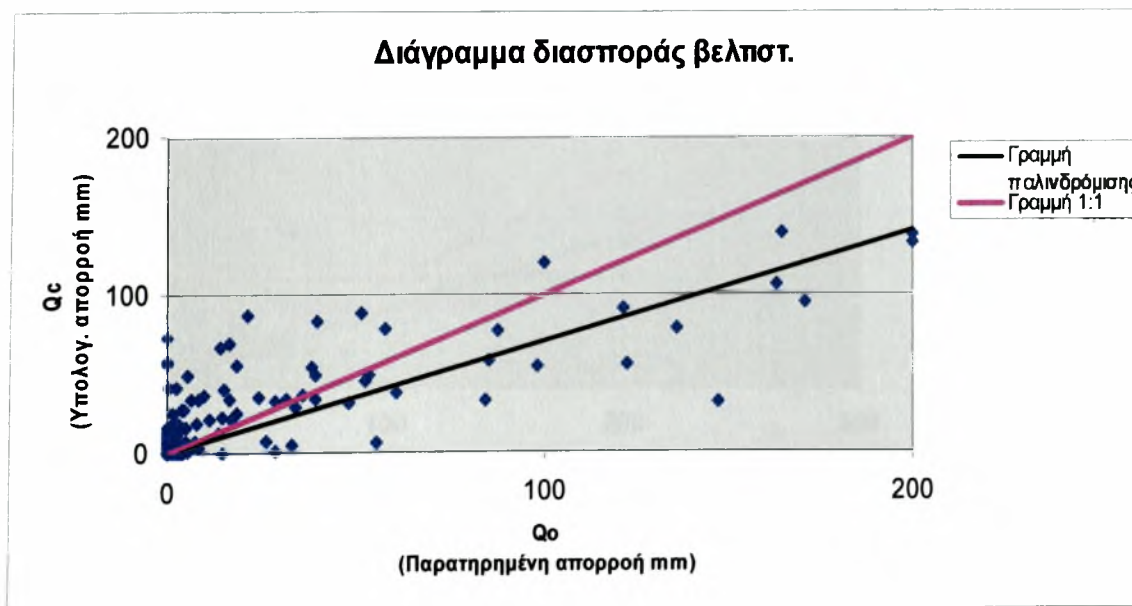


Σχήμα 3.140

Η.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη.

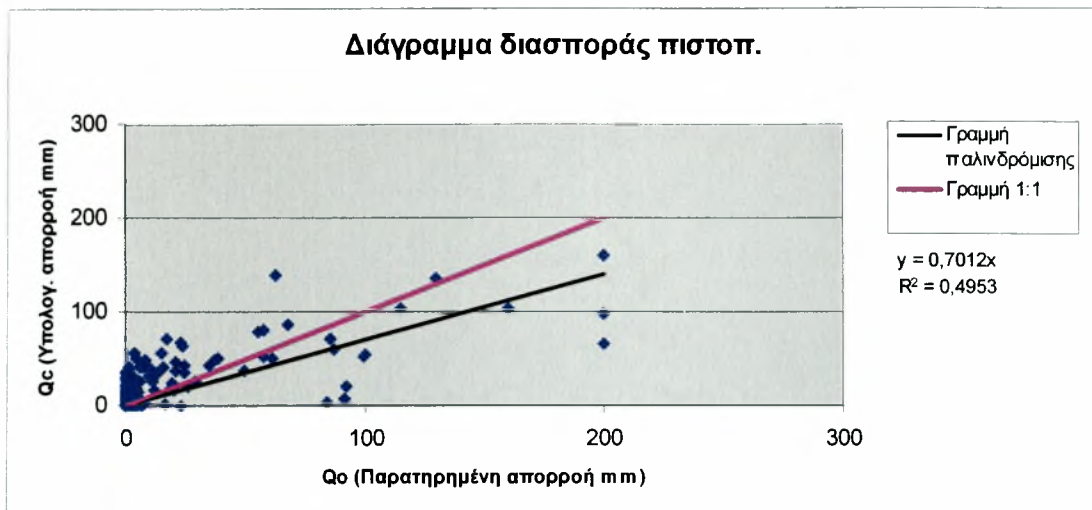


Σχήμα 3.141

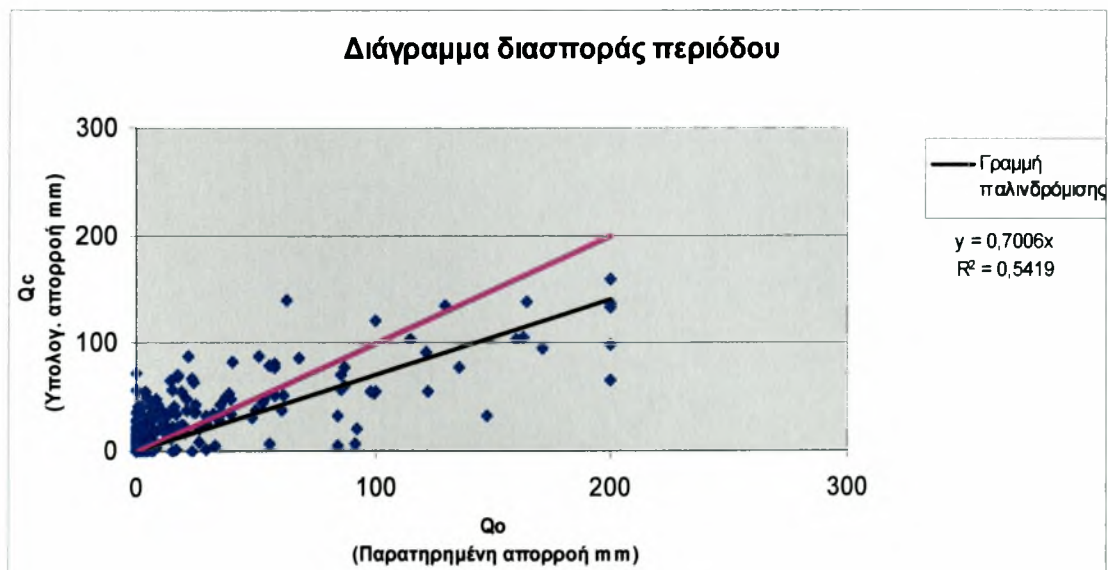


Σχήμα 3.142

Η.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abuolohom λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη.

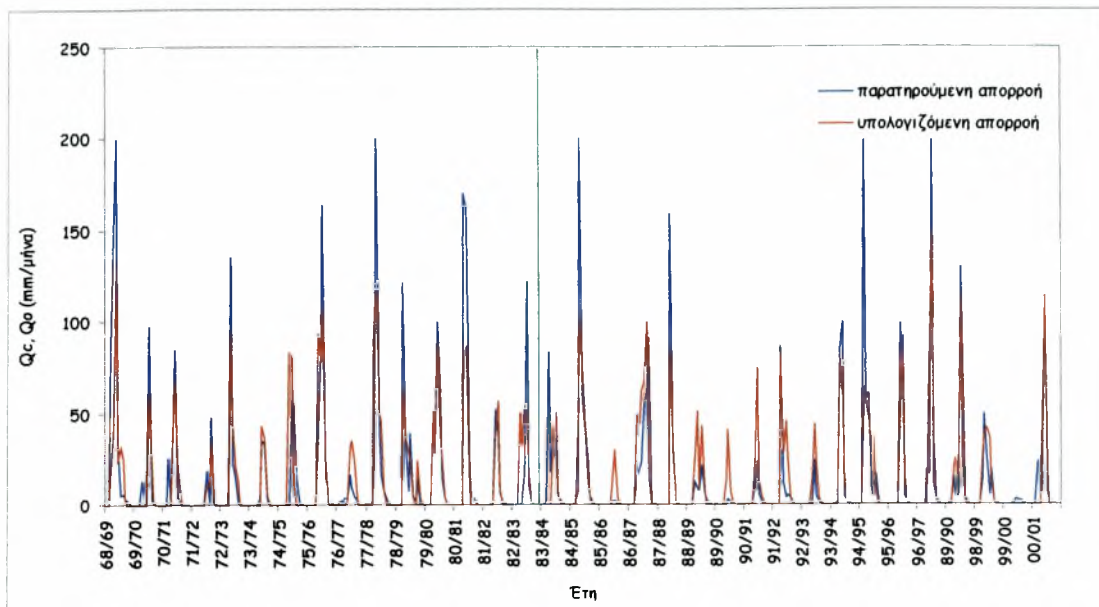


Σχήμα 3.143

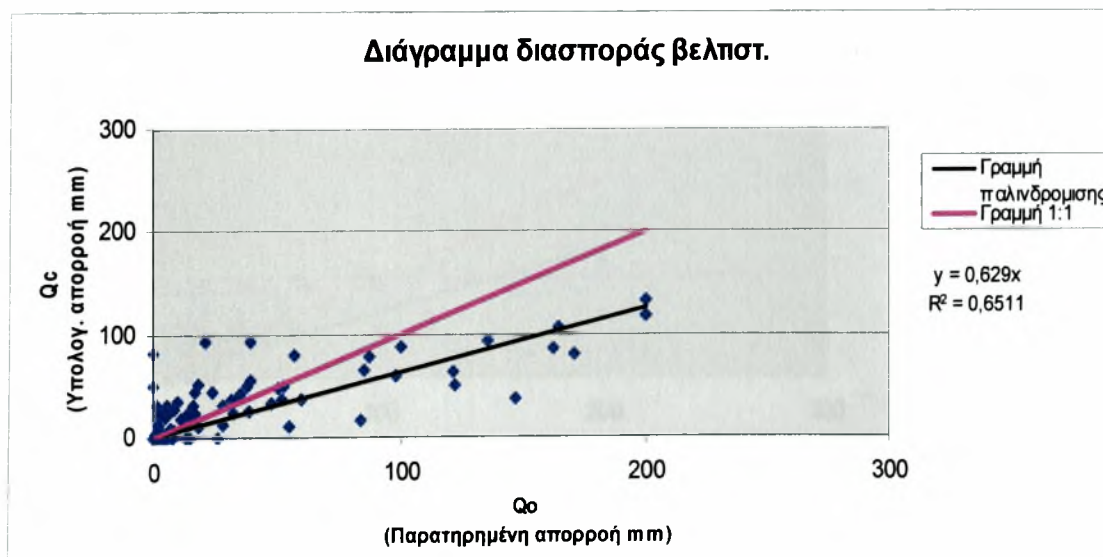


Σχήμα 3.144

Η.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη.

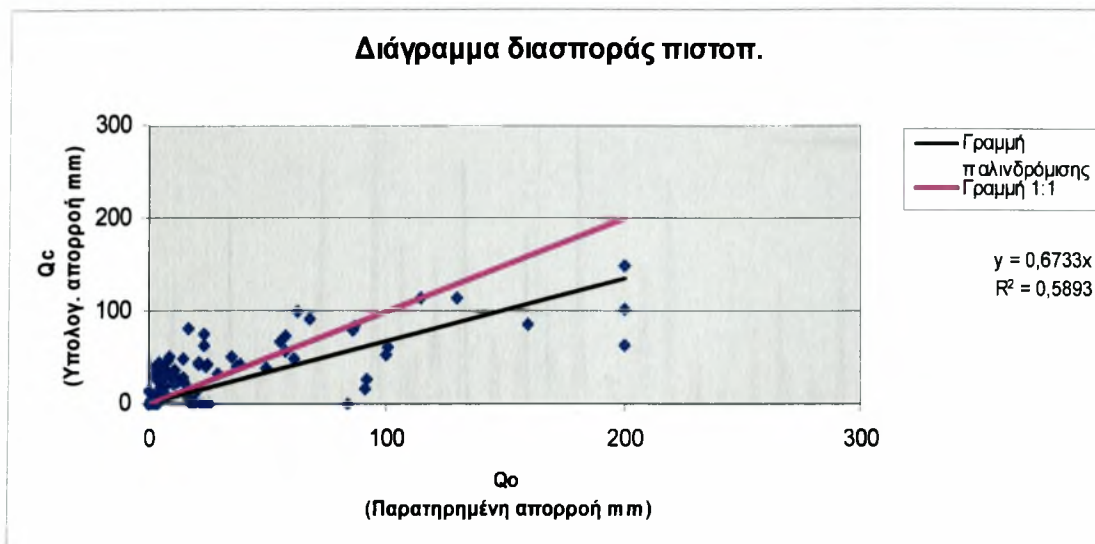


Σχήμα 3.145

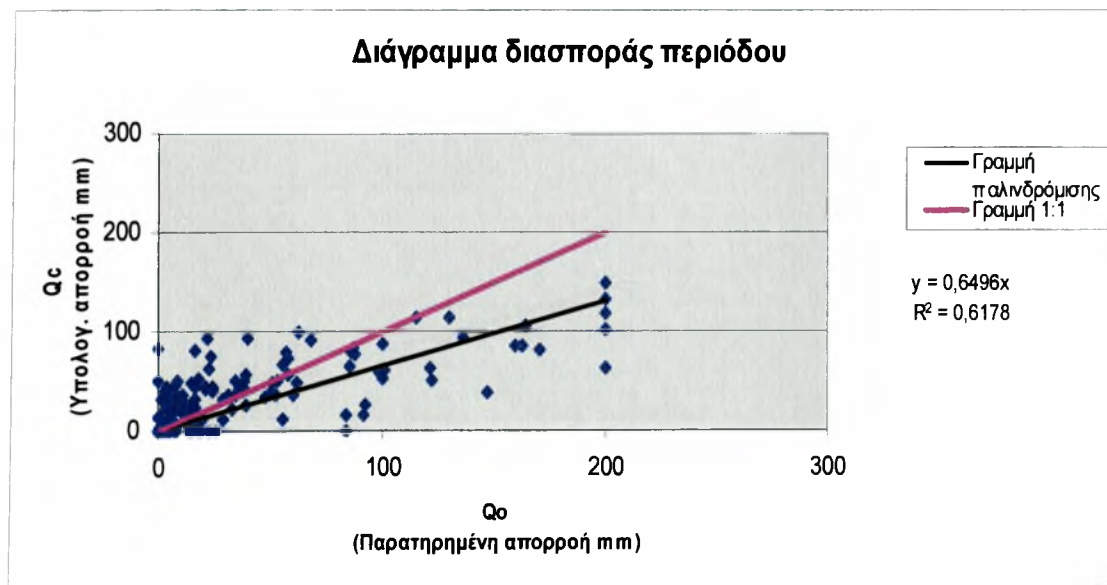


Σχήμα 3.146

Η.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη.

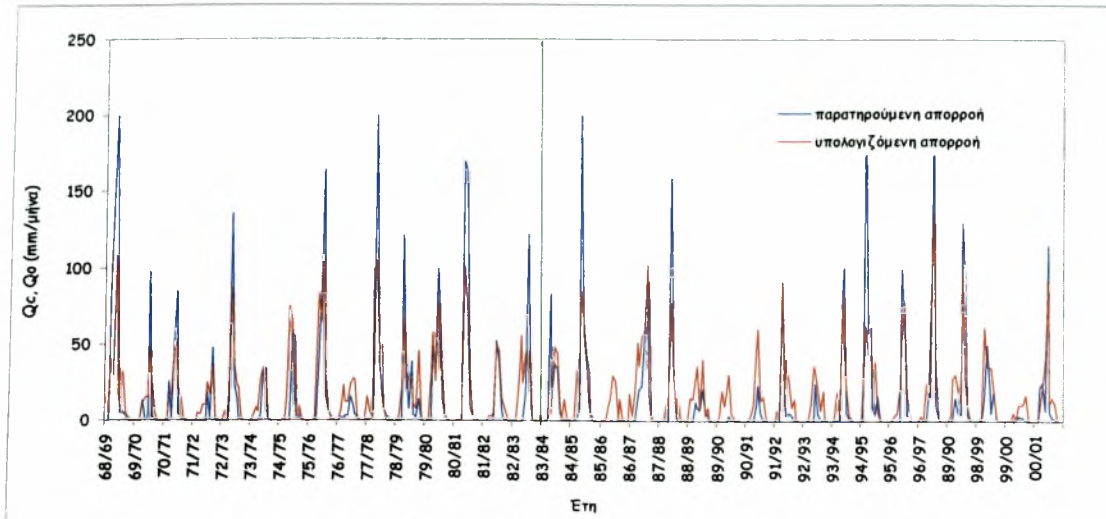


Σχήμα 3.147

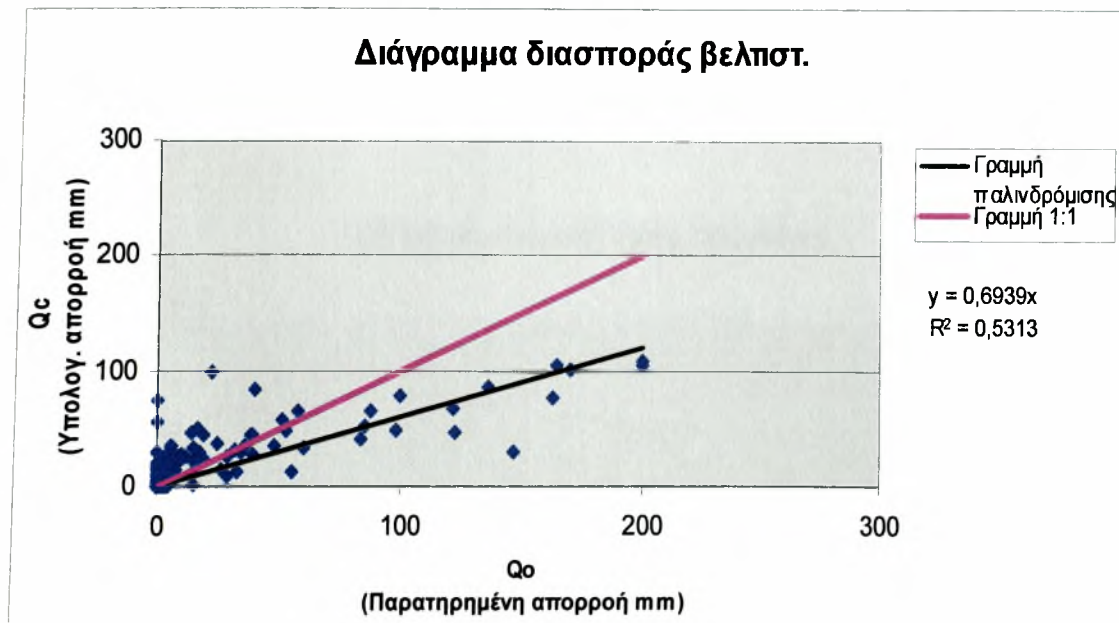


Σχήμα 3.148

Η.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη.

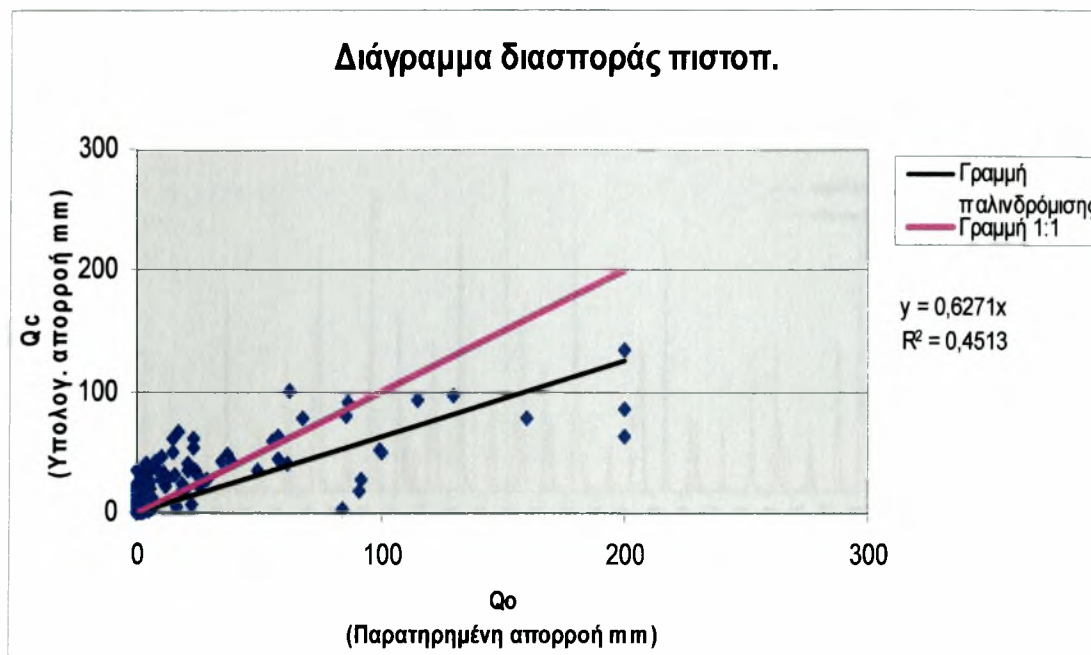


Σχήμα 3.149

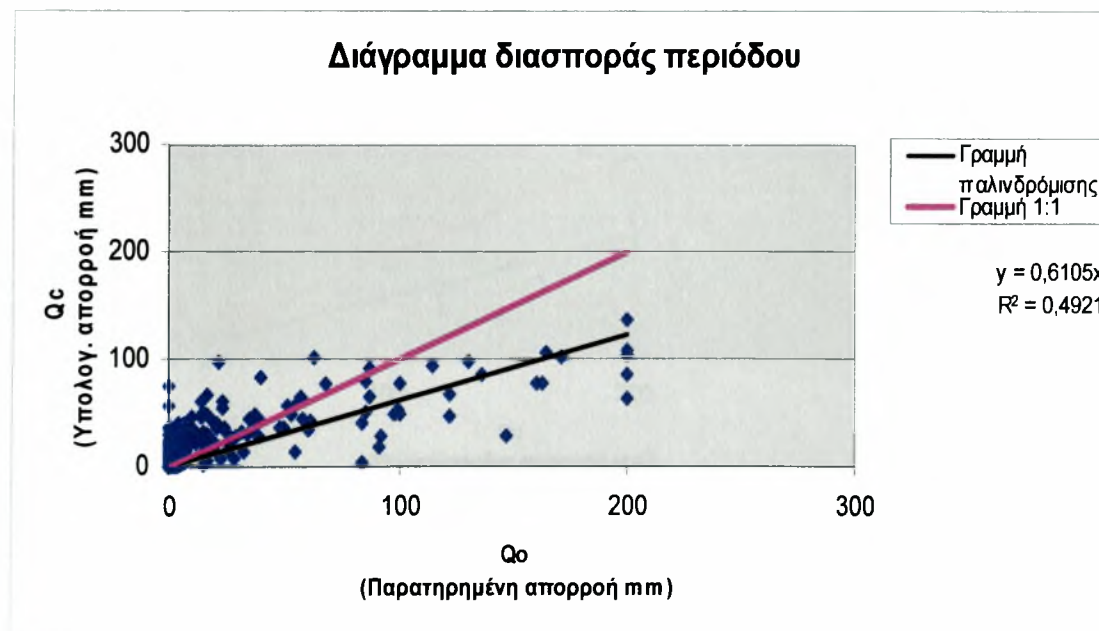


Σχήμα 3.150

Η.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη.

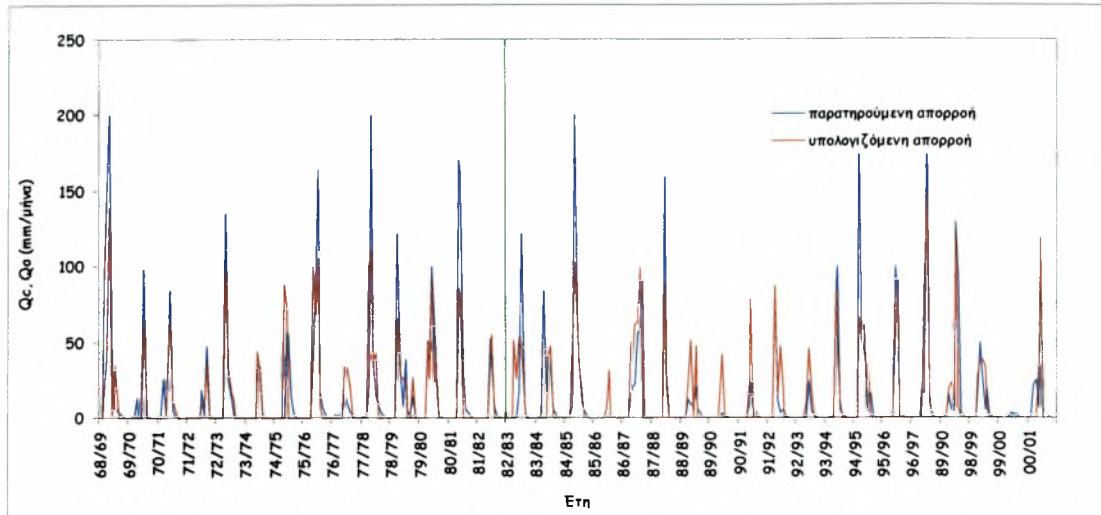


Σχήμα 3.151

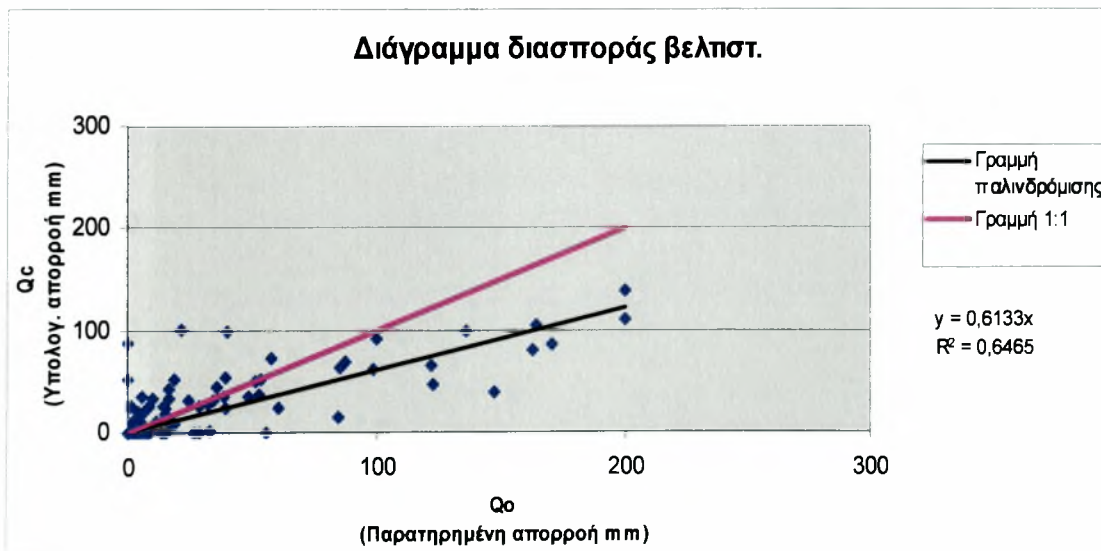


Σχήμα 3.152

Η.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη.

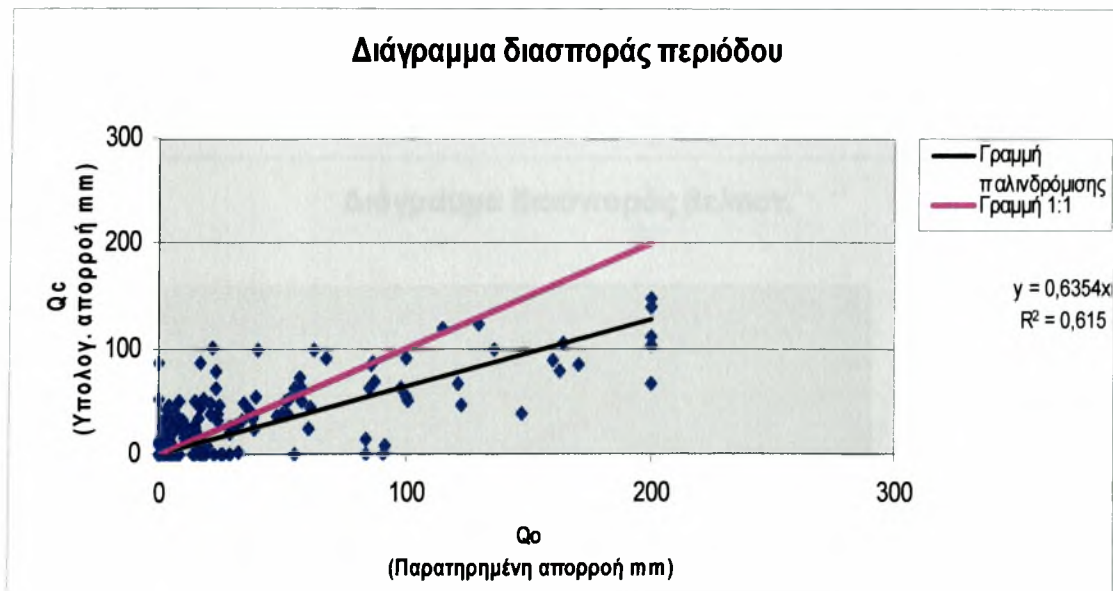
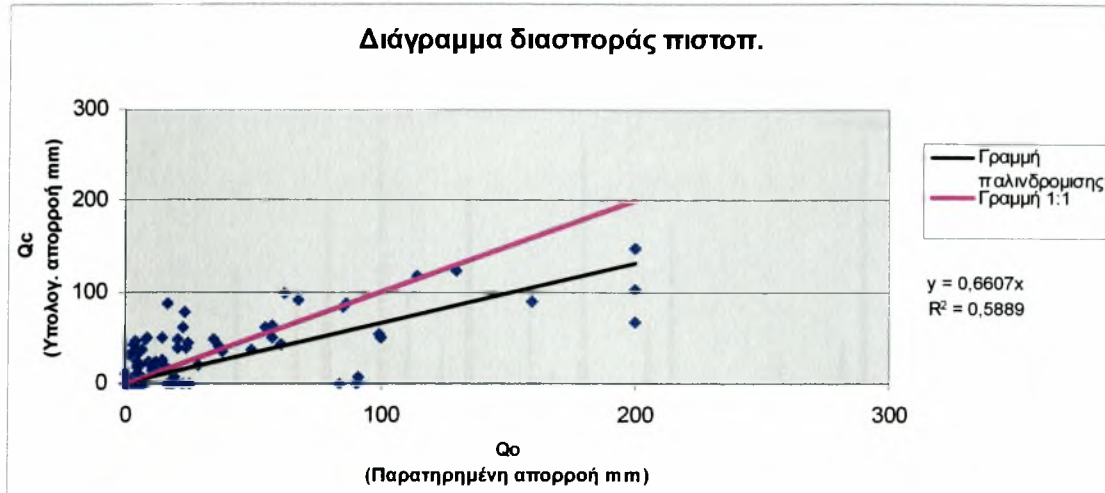


Σχήμα 3.153

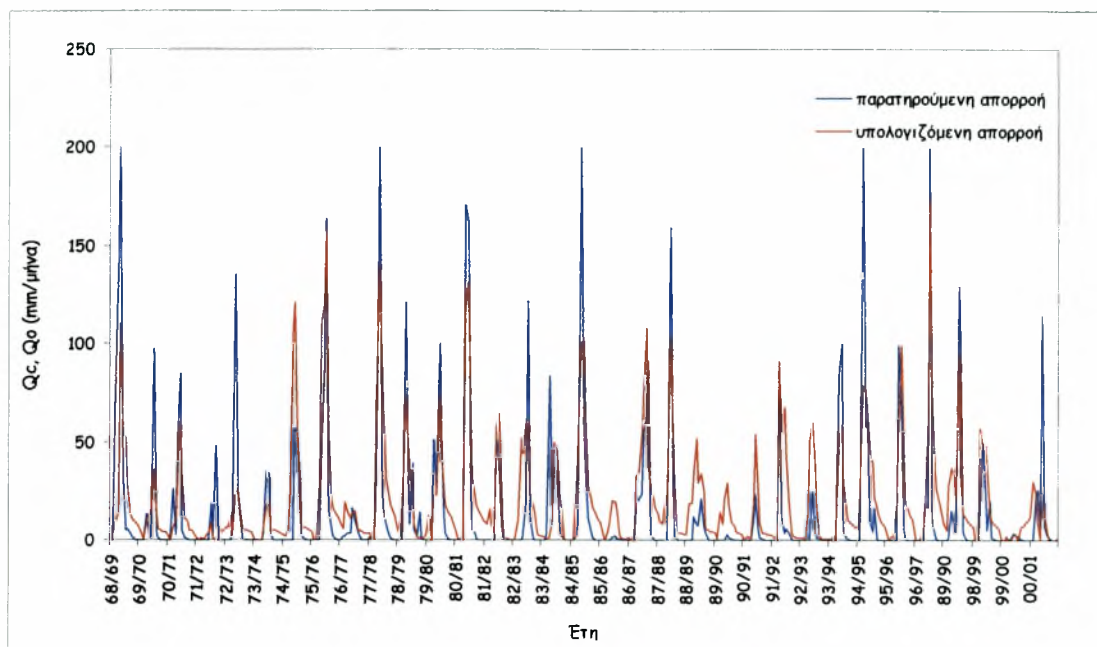


Σχήμα 3.154

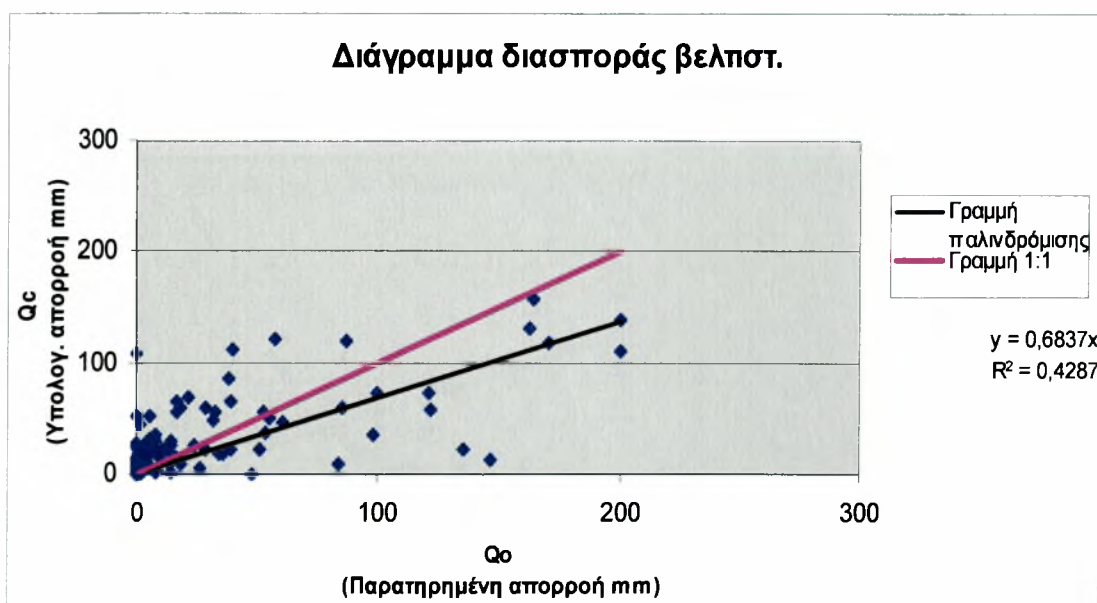
Η.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Γιακουμάκης λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη .



Η.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Χιονο-Γουο λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη .

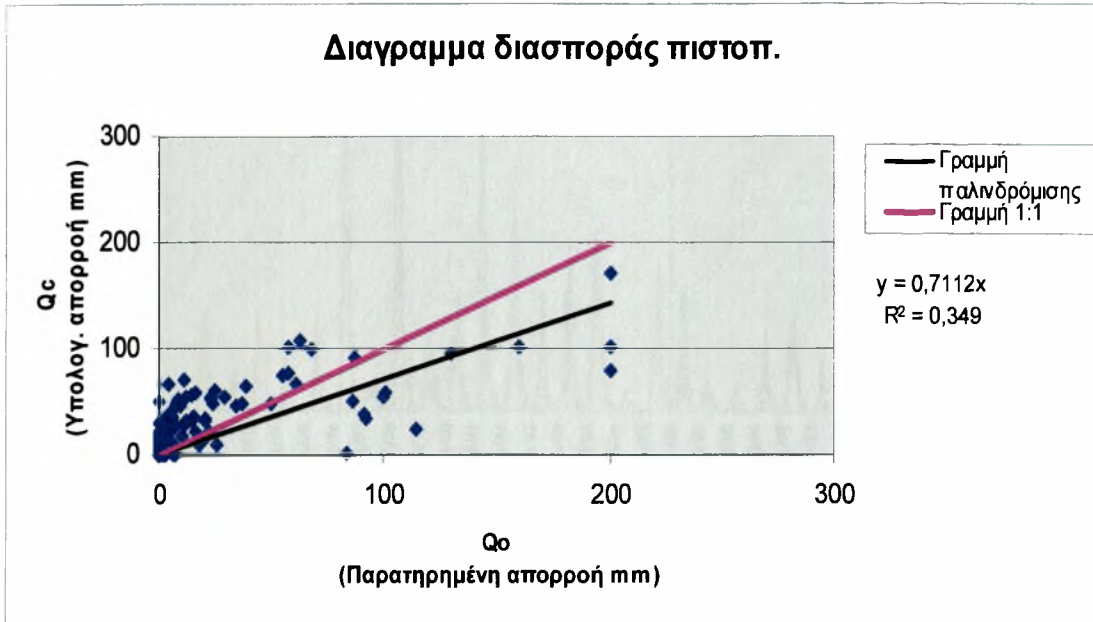


Σχήμα 3.157

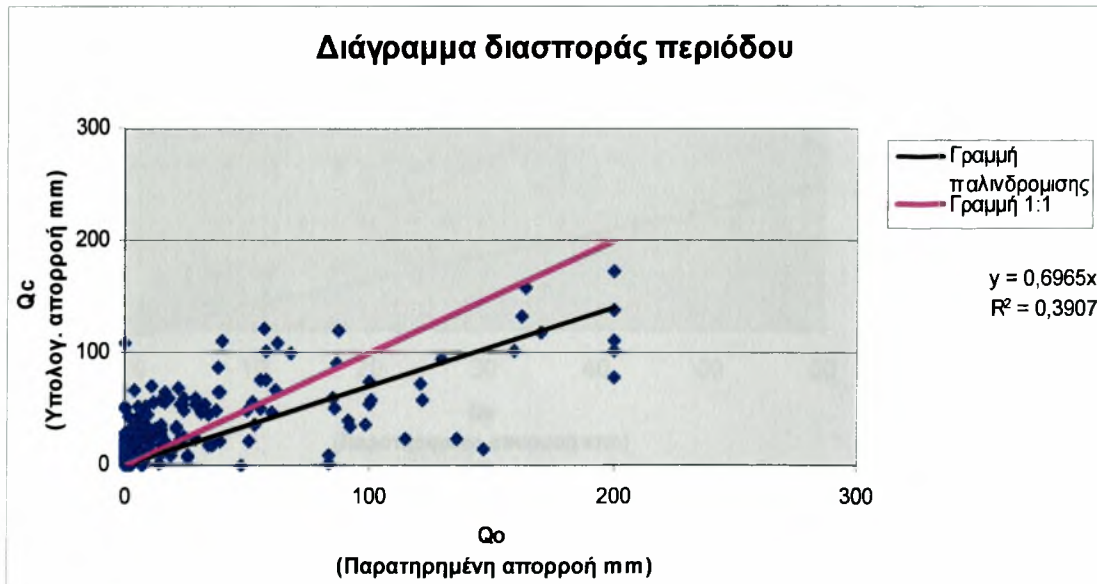


Σχήμα 3.158

Η.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Xiong-Guo λεκάνη απορροής Άνω Αποσελέμη.

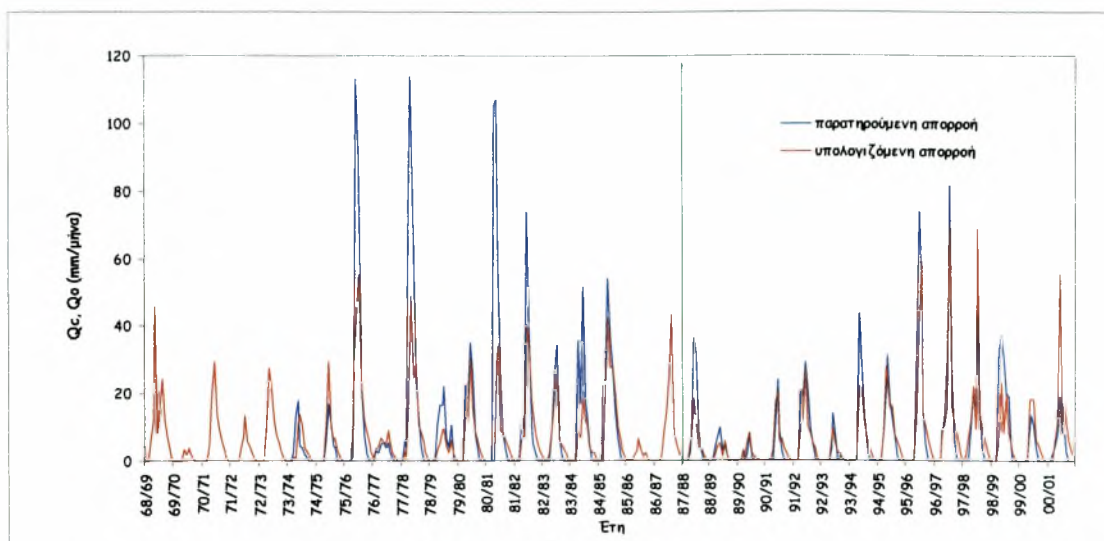


Σχήμα 3.159

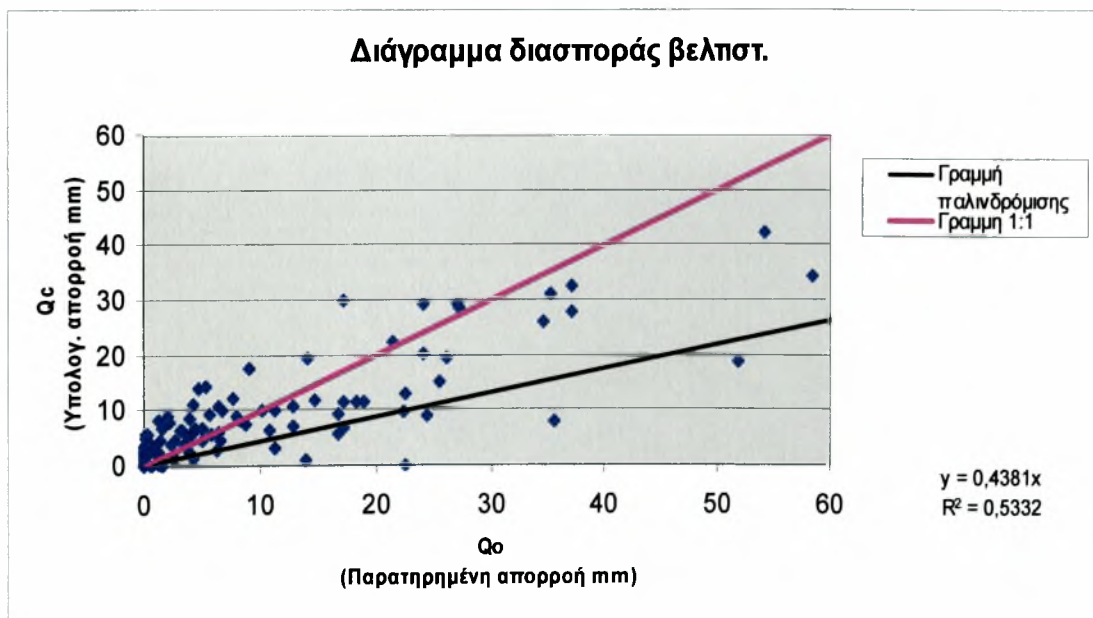


Σχήμα 3.160

Θ.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Abuishom λεκάνη απορροής Γιόφυρος.

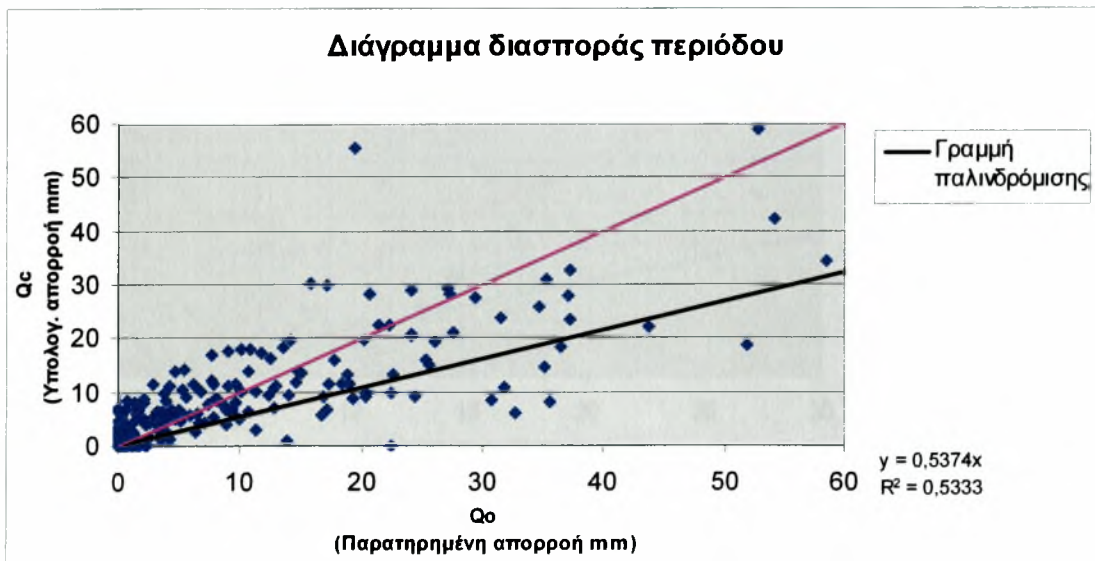
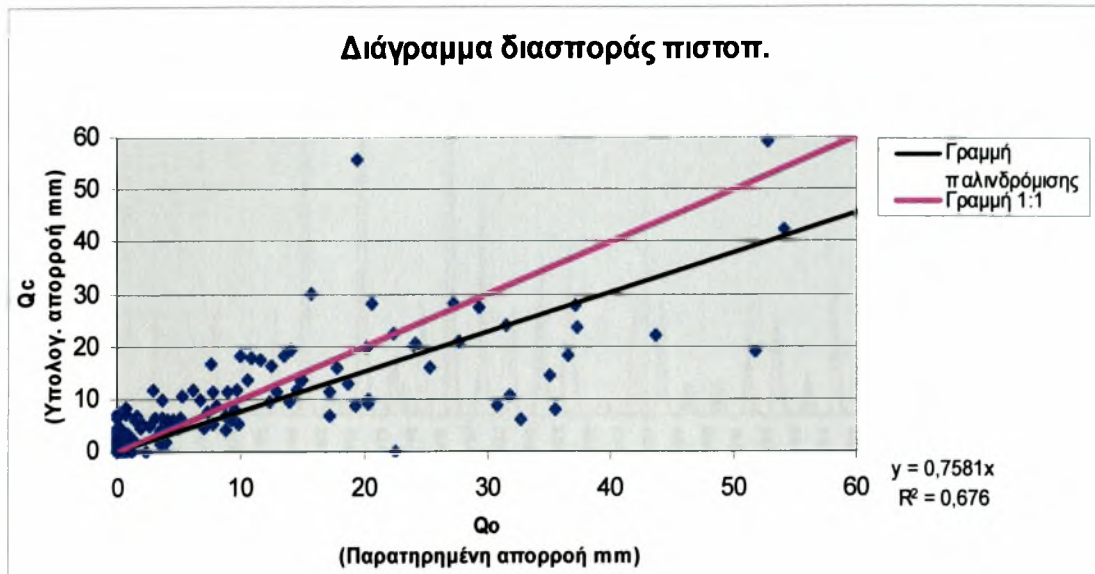


Σχήμα 3.161

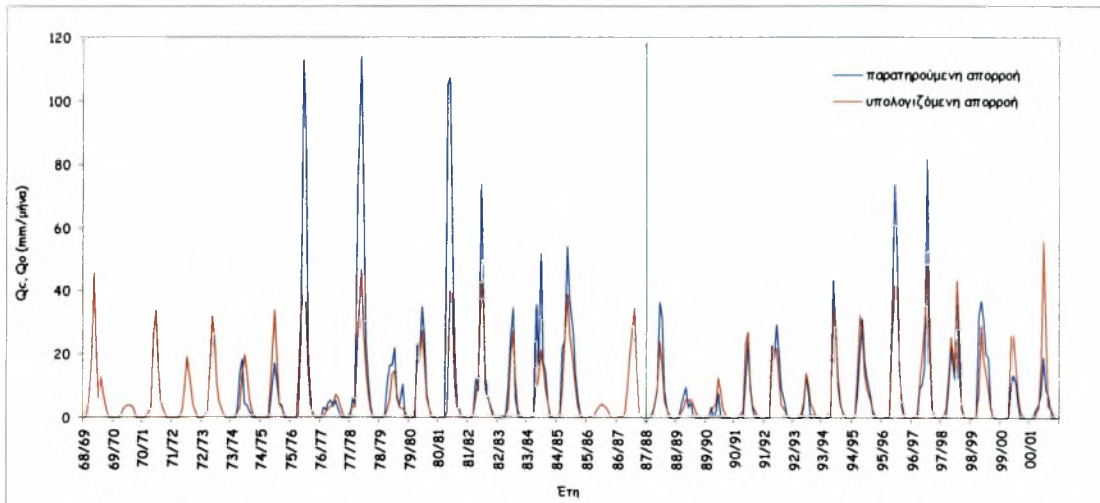


Σχήμα 3.162

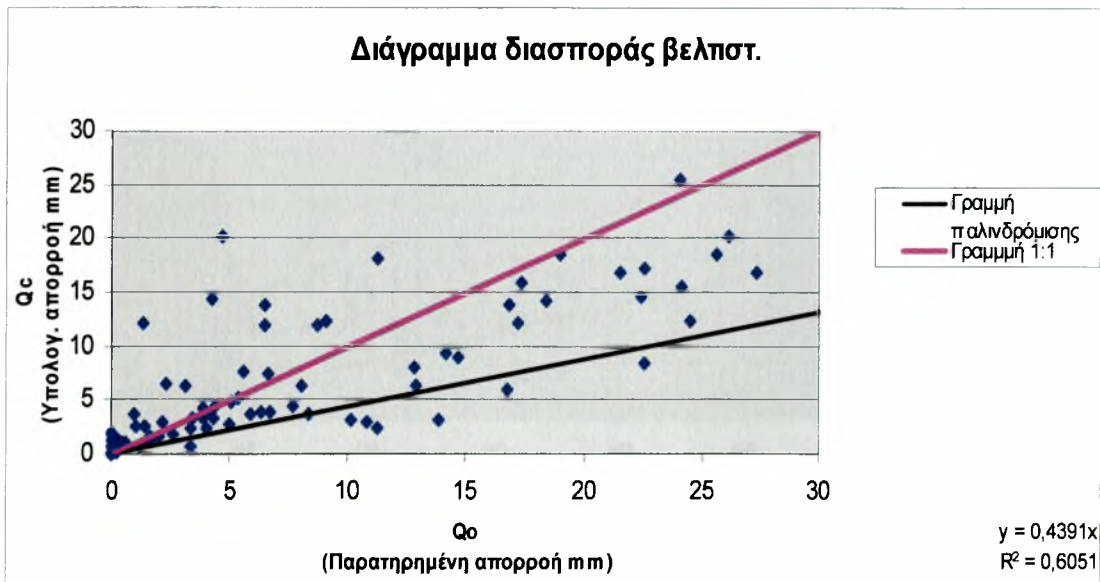
Θ.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Γιόφυρος .



Θ.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Γιόφυρος.

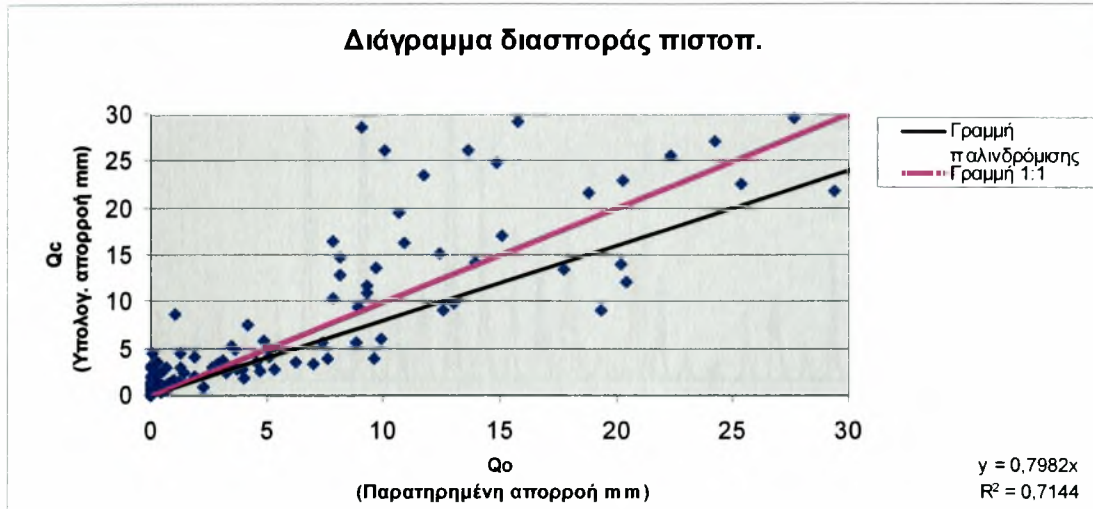


Σχήμα 3.165

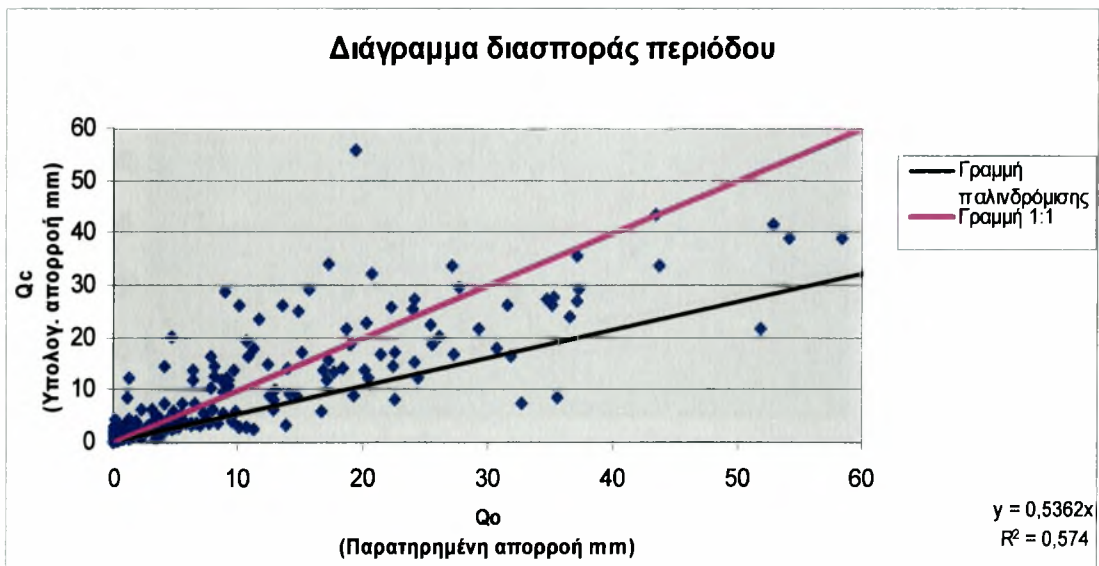


Σχήμα 3.166

Θ.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Γιόφυρος.

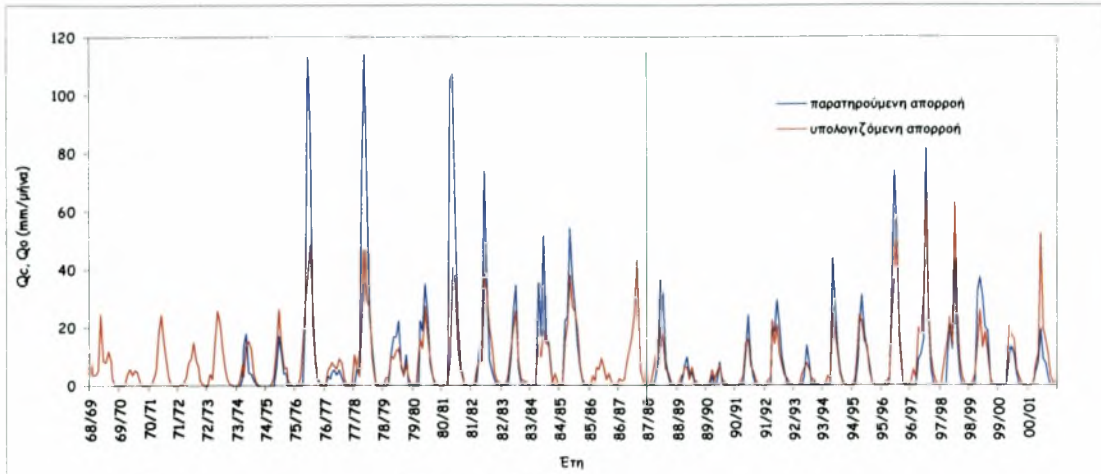


Σχήμα 3.167

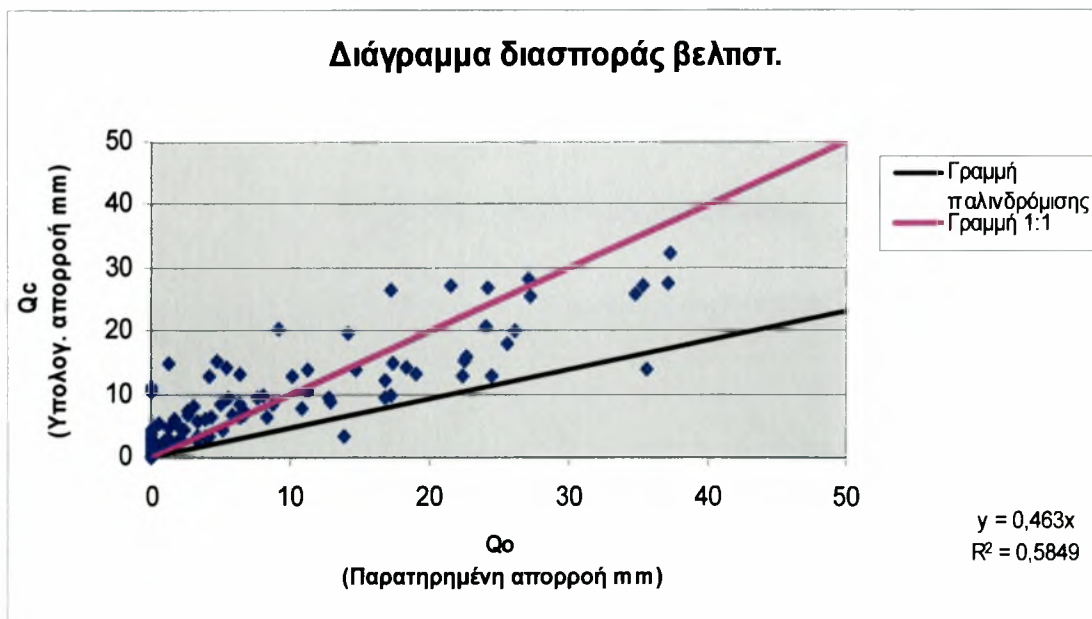


Σχήμα 3.168

Θ.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Γιόφυρος.

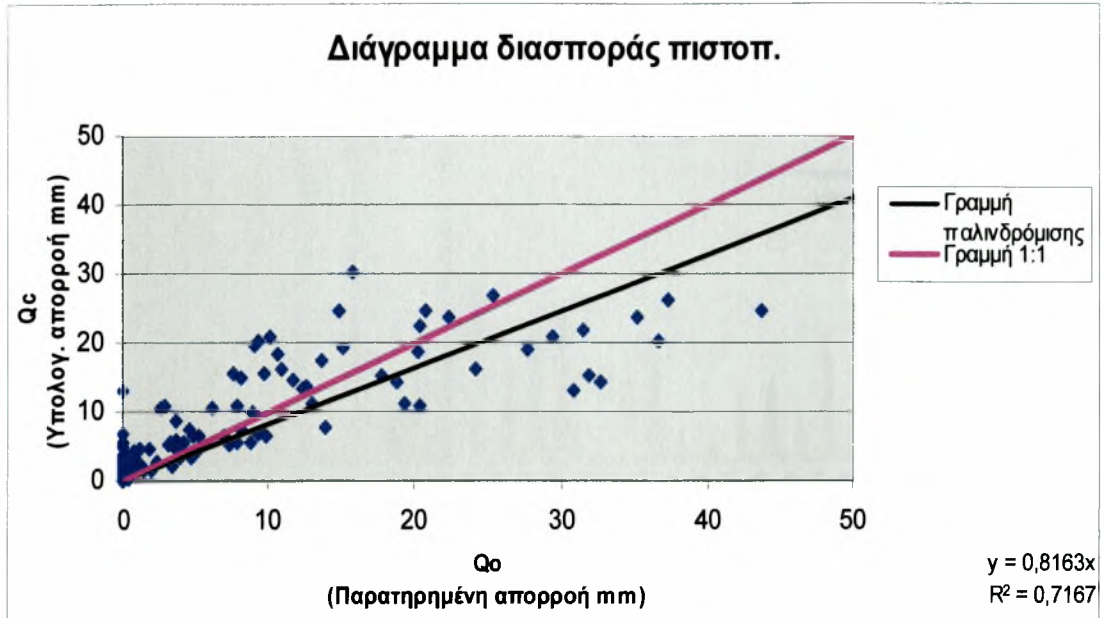


Σχήμα 3.169

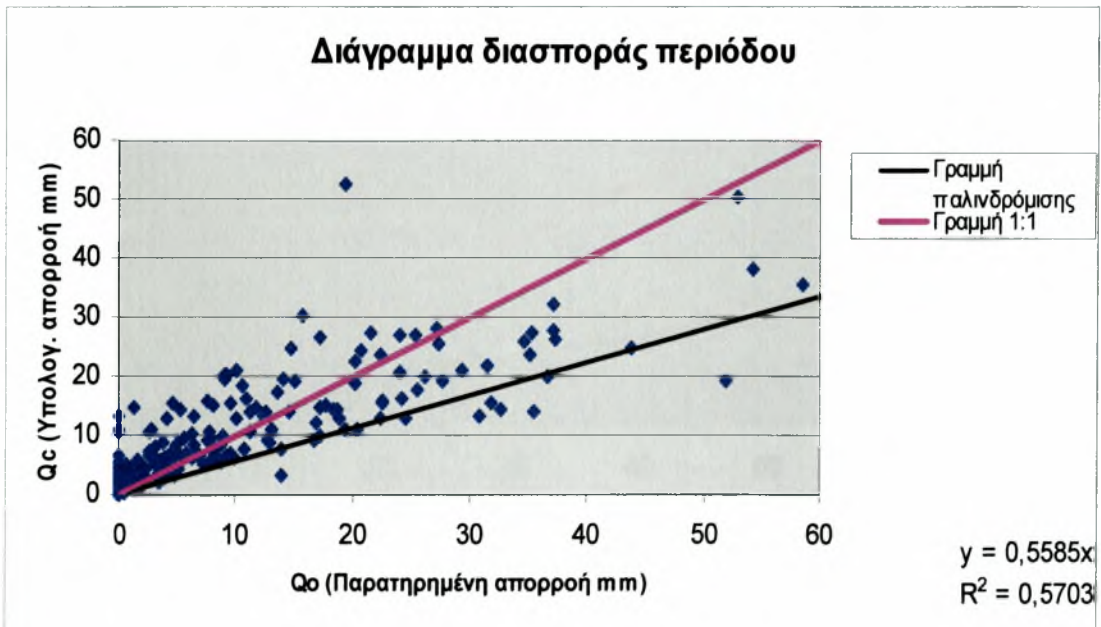


Σχήμα 3.170

Θ.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Γιόφυρος .

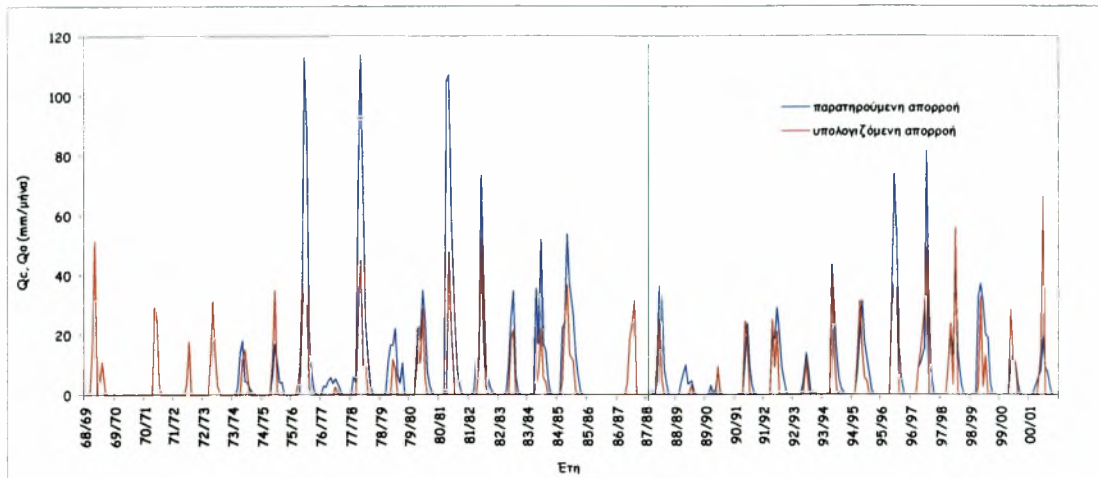


Σχήμα 3.171

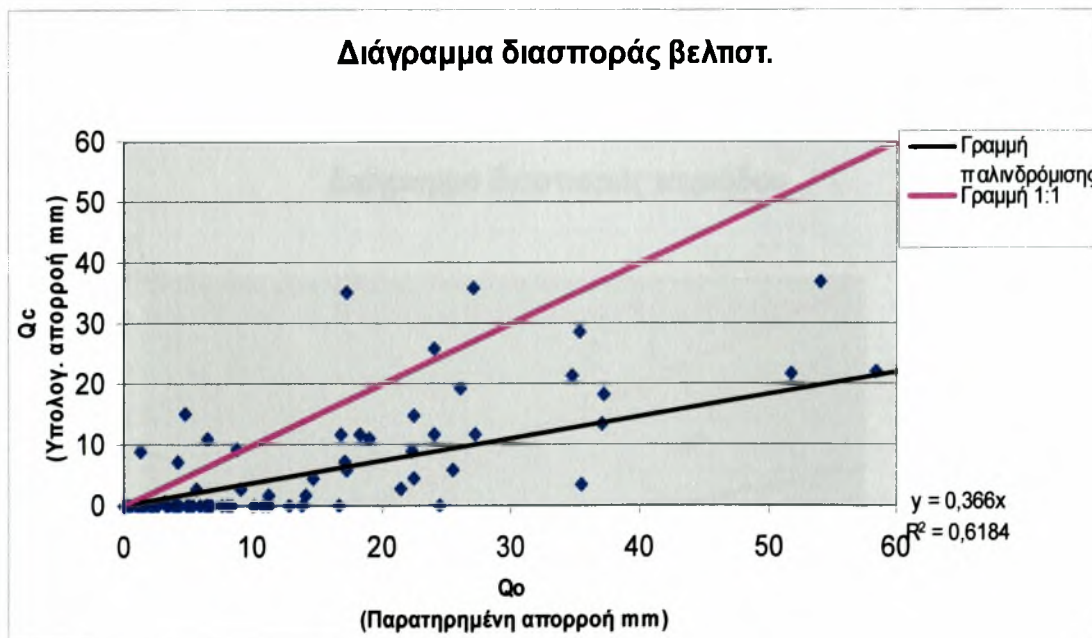


Σχήμα 3.172

Θ.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Γιακουμάκης λεκάνη απορροής Γιόφυρος.

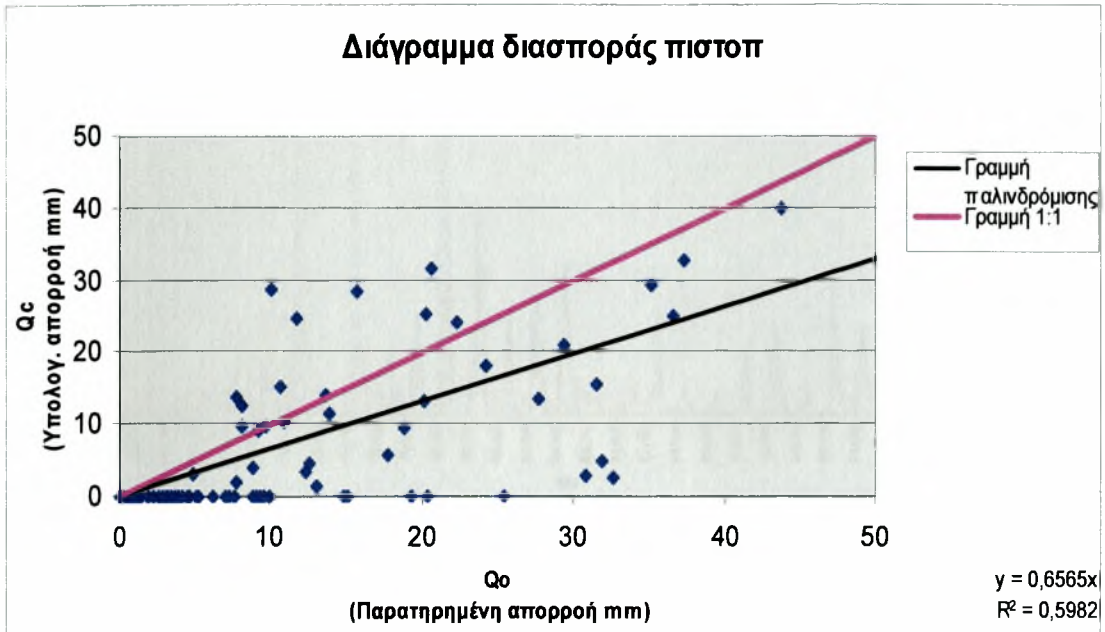


Σχήμα 3.173

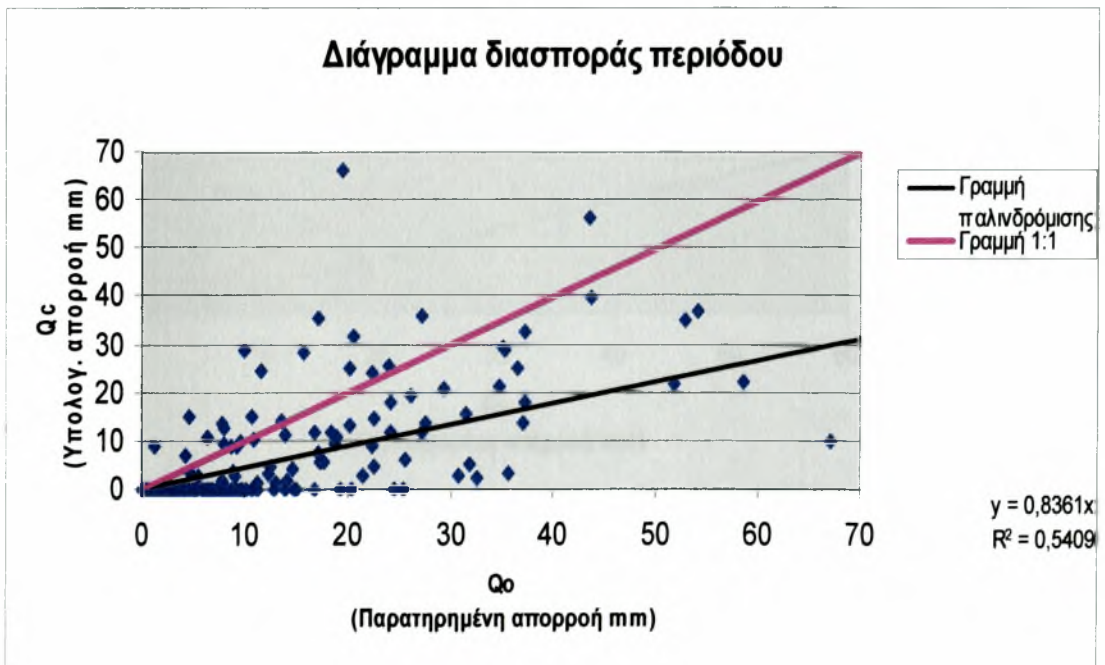


Σχήμα 3.174

Θ.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Γιακουμάκης λεκάνη απορροής Γιόφυρος .

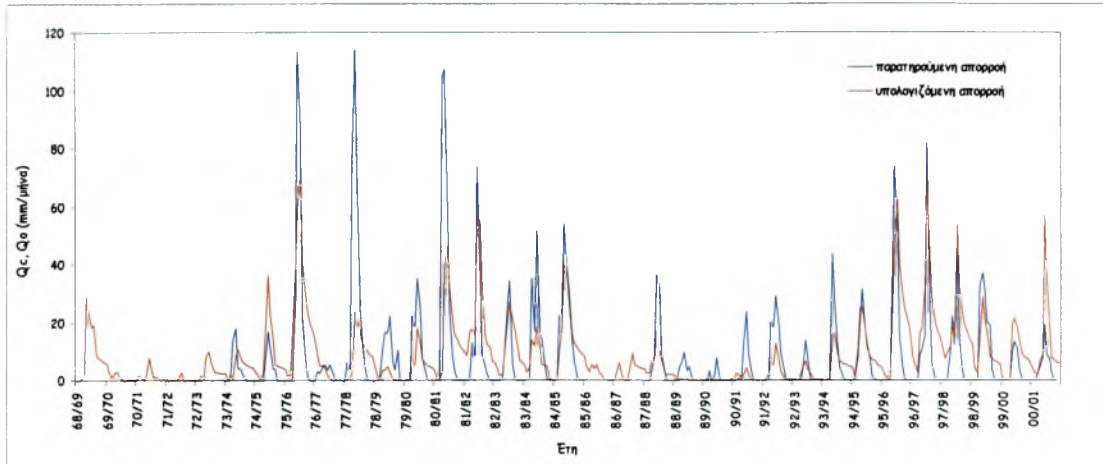


Σχήμα 3.175

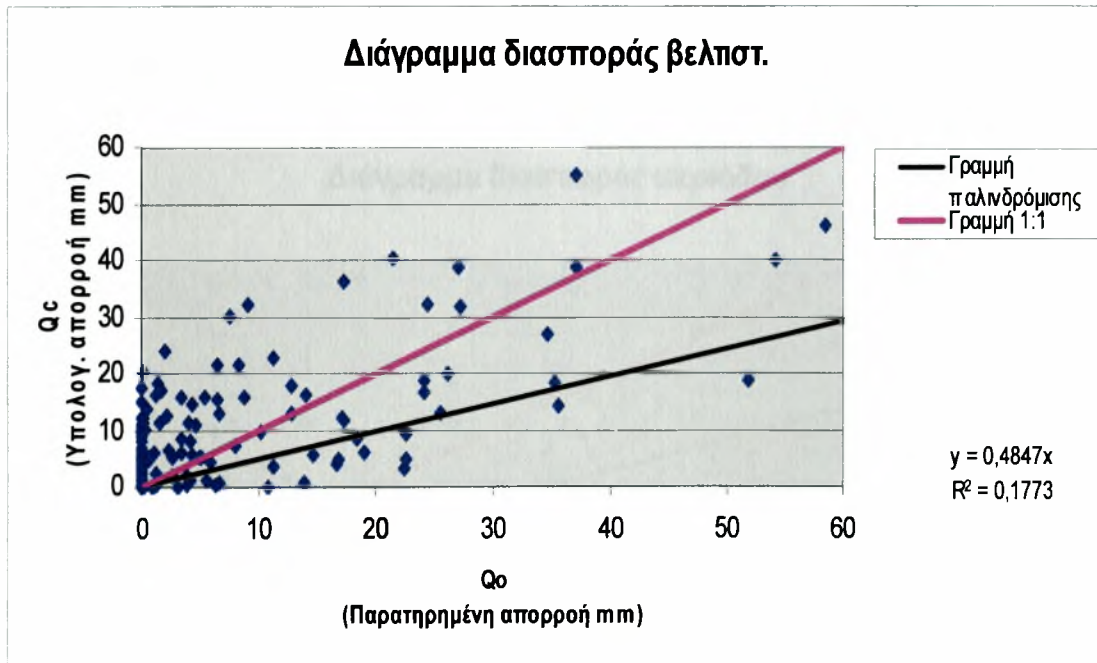


Σχήμα 3.176

Θ.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Χιονο-Γουο λεκάνη απορροής Γιόφυρος.

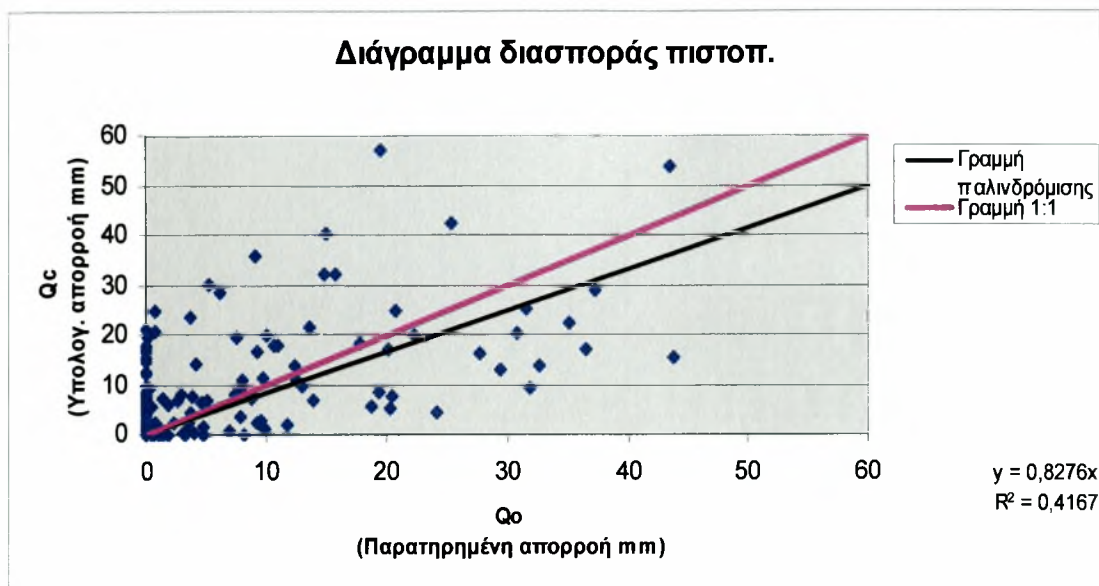


Σχήμα 3.177

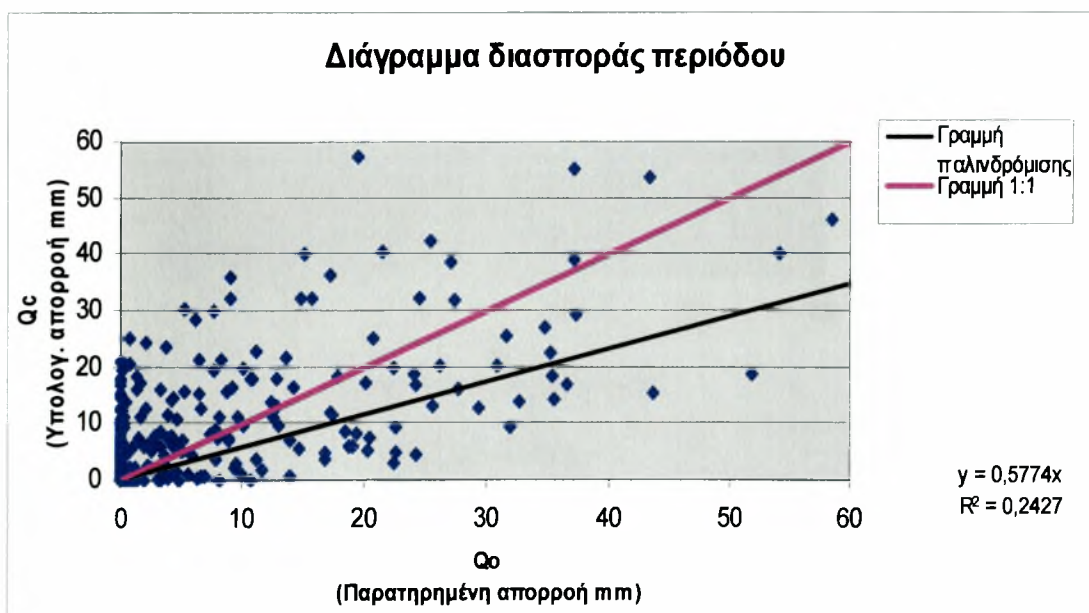


Σχήμα 3.178

Θ.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Xiong-Guo λεκάνη απορροής Γιόφυρος .

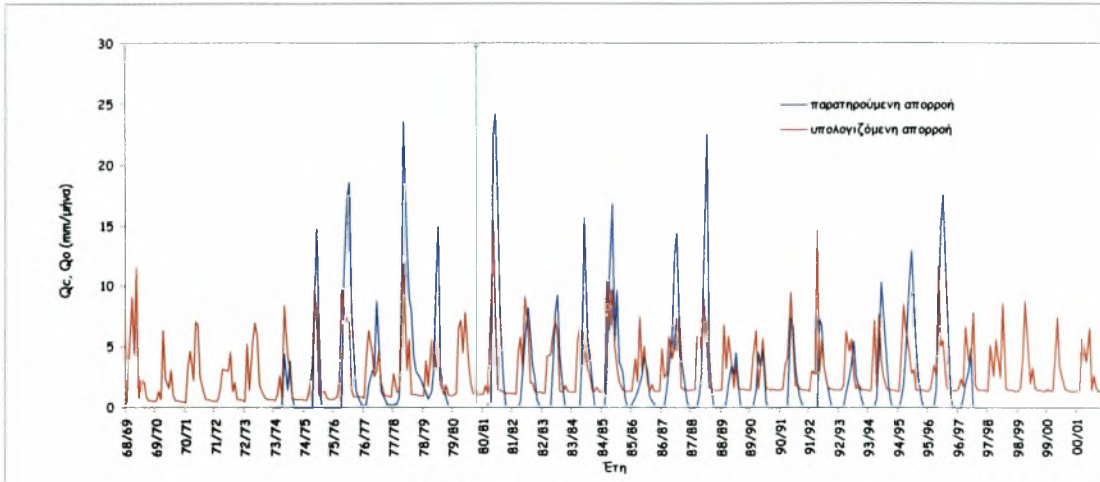


Σχήμα 3.179

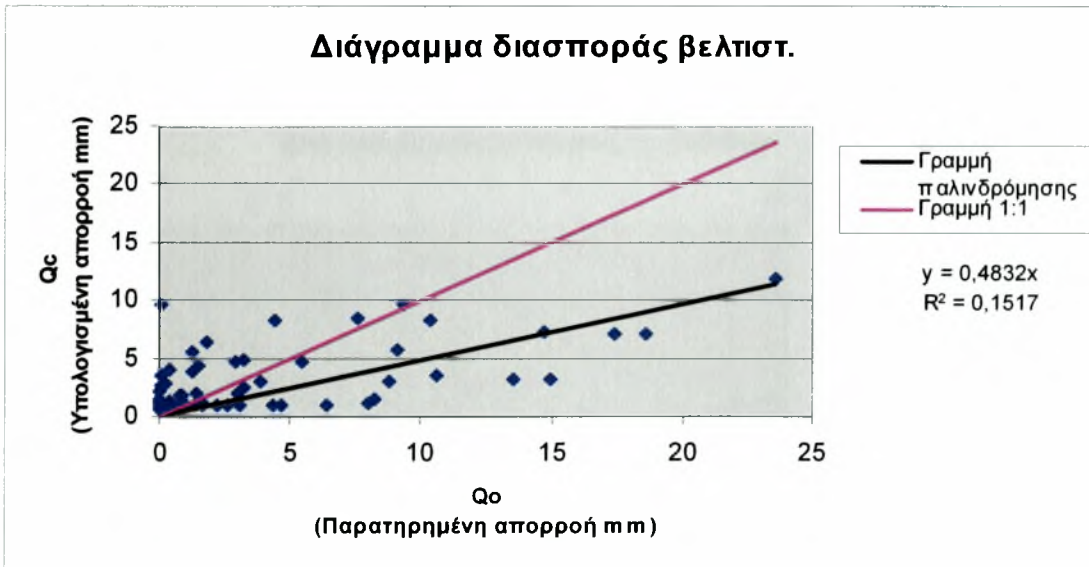


Σχήμα 3.180

Ι.1 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Γαζανός.

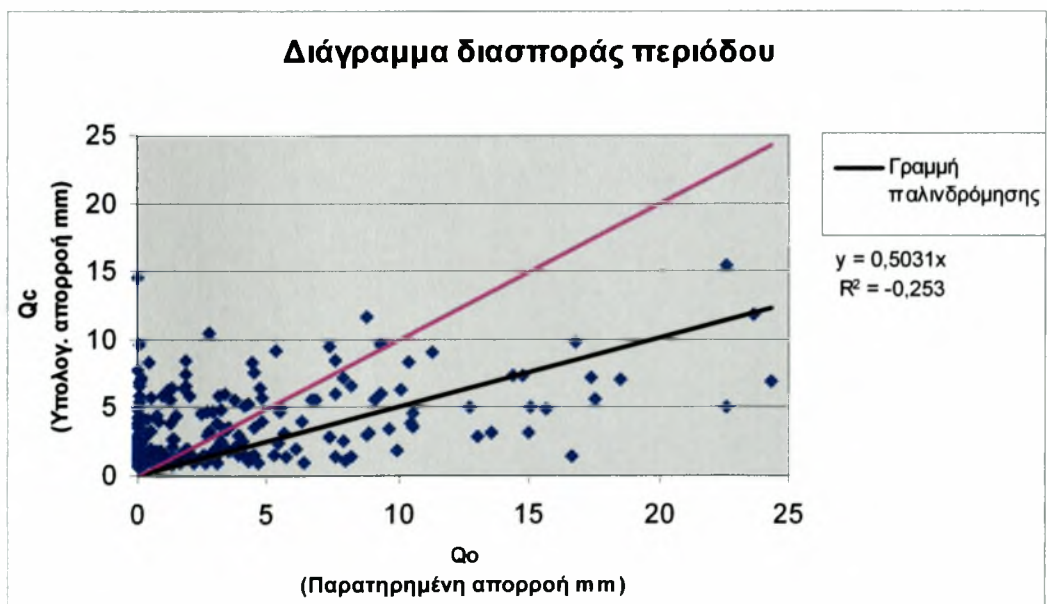
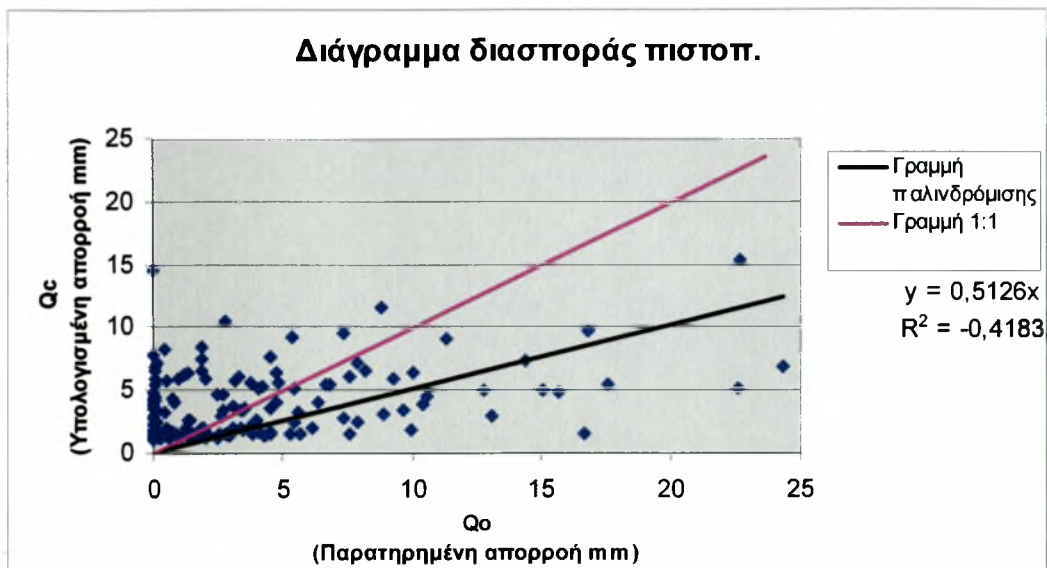


Σχήμα 3.181

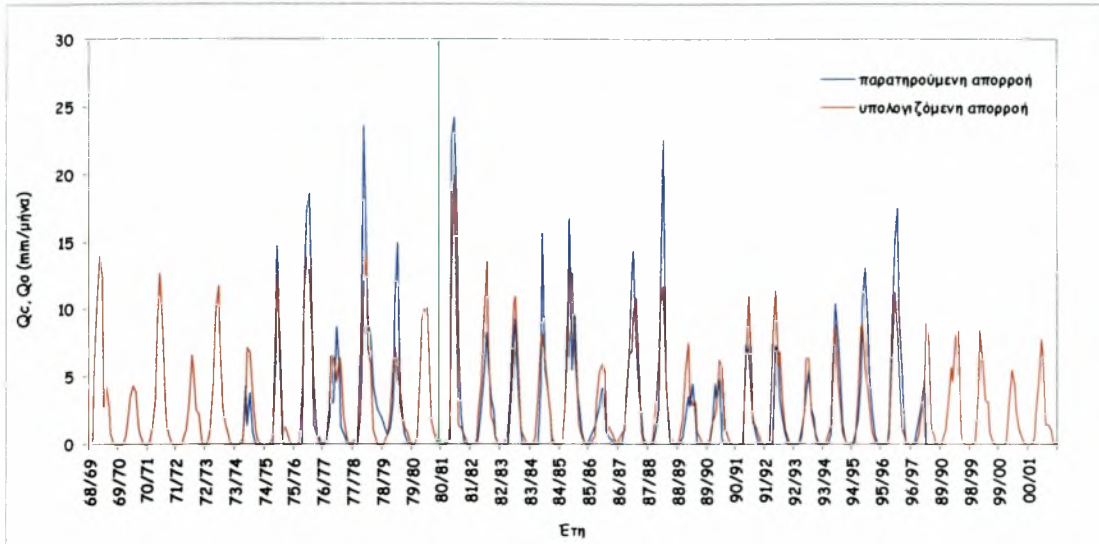


Σχήμα 3.182

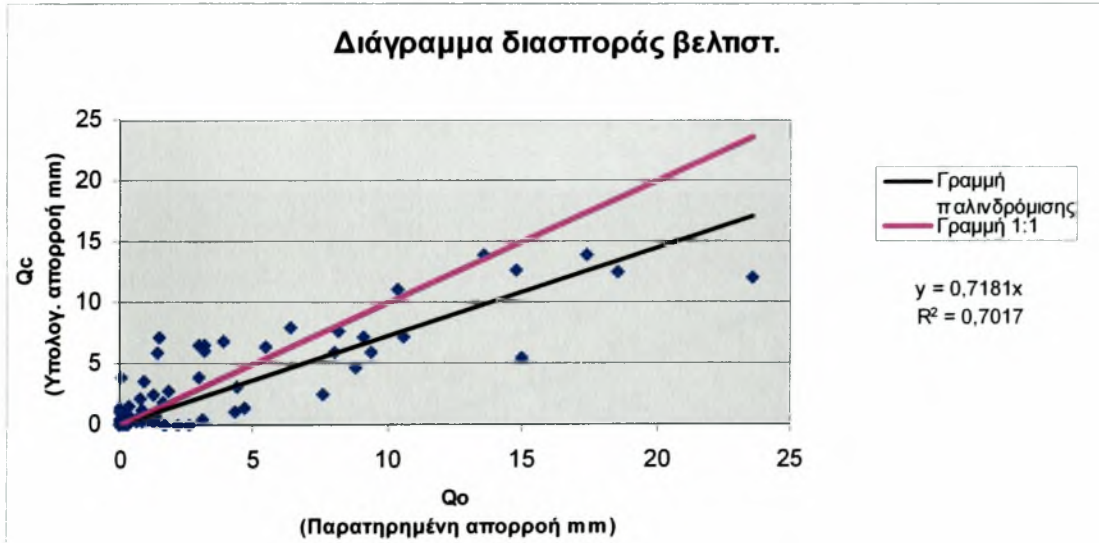
1.2 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Abulohom λεκάνη απορροής Γαζανός.



1.3 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Γαζανός.

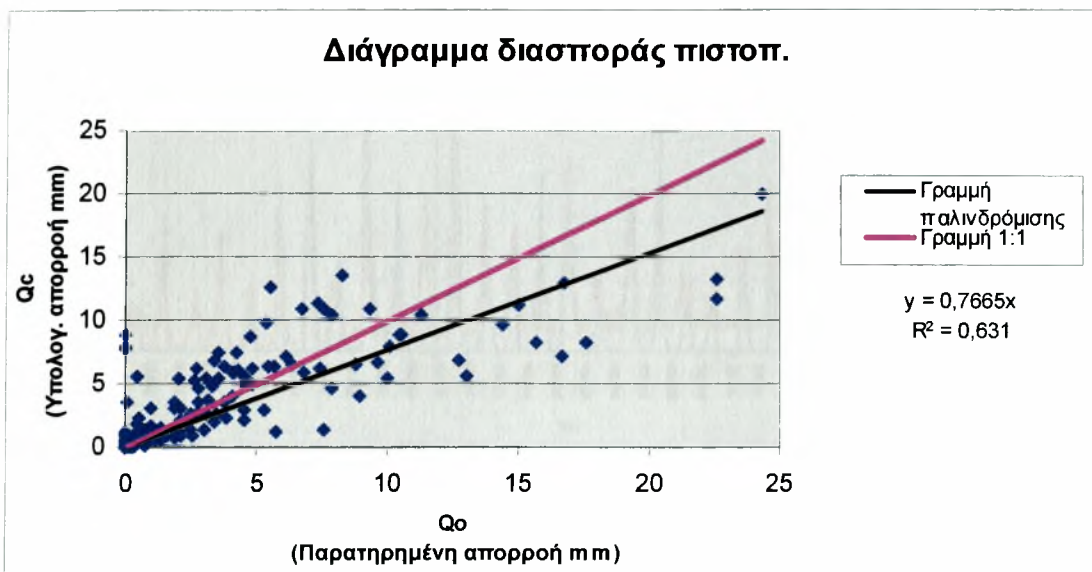


Σχήμα 3.185

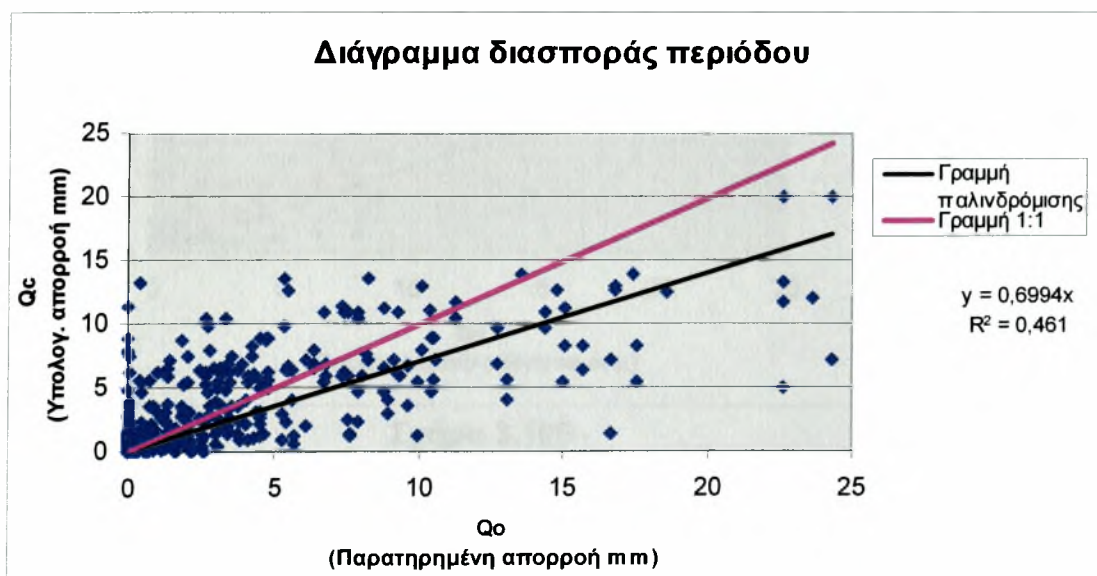


Σχήμα 3.186

1.4 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Loukas λεκάνη απορροής Γαζανός.

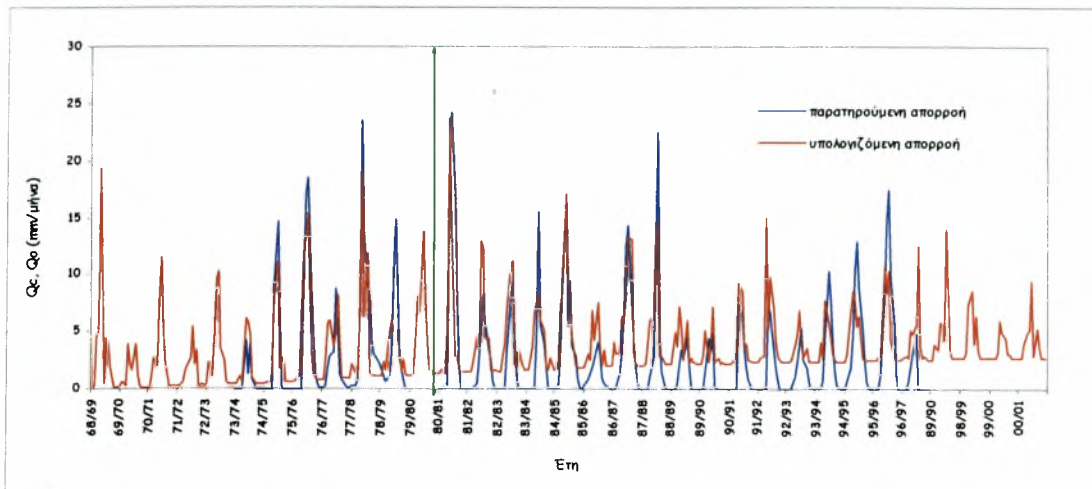


Σχήμα 3.187

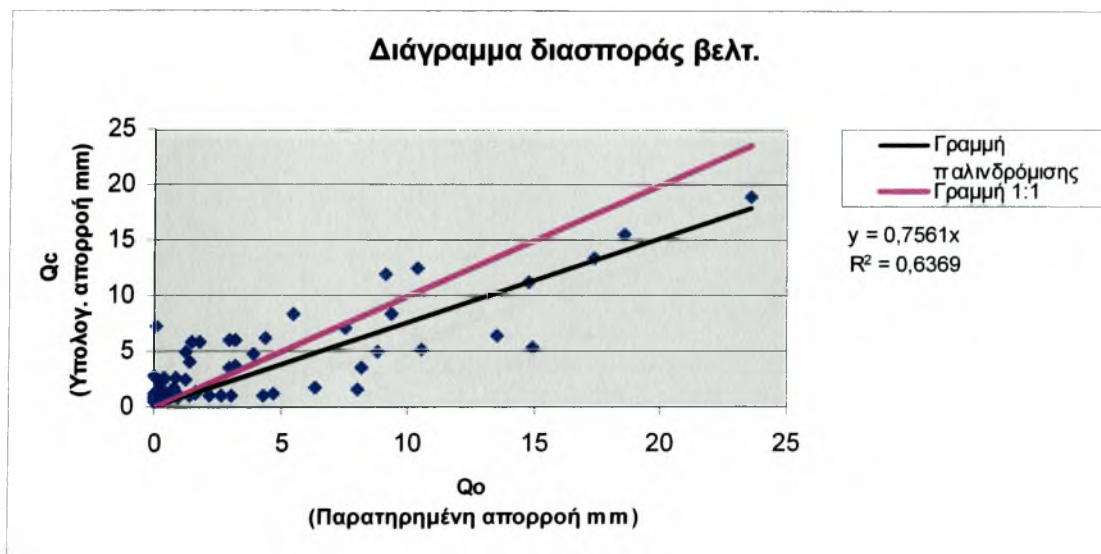


Σχήμα 3.188

1.5 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Γαζανός.

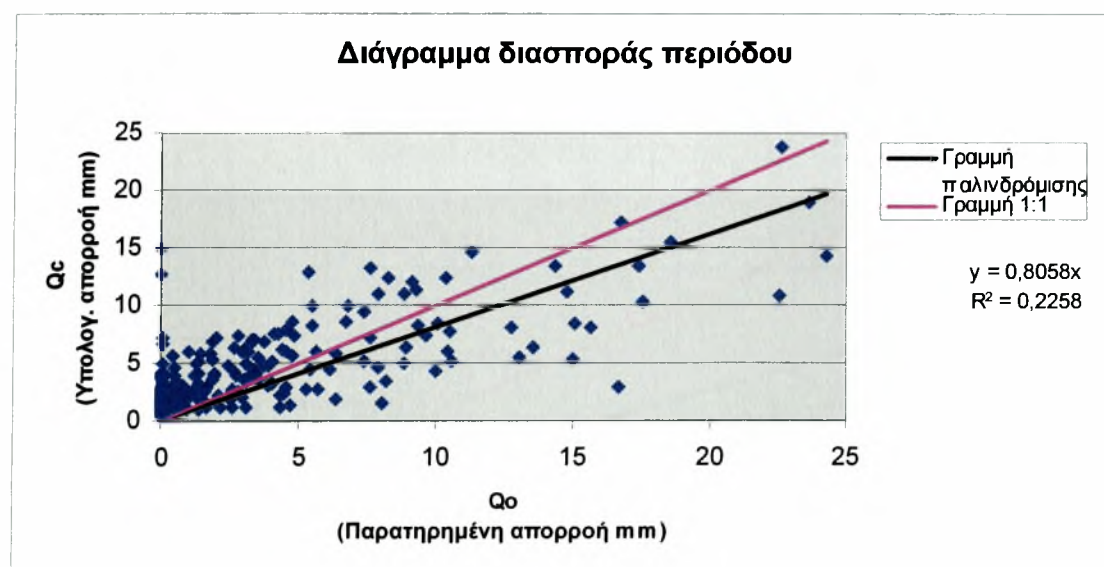
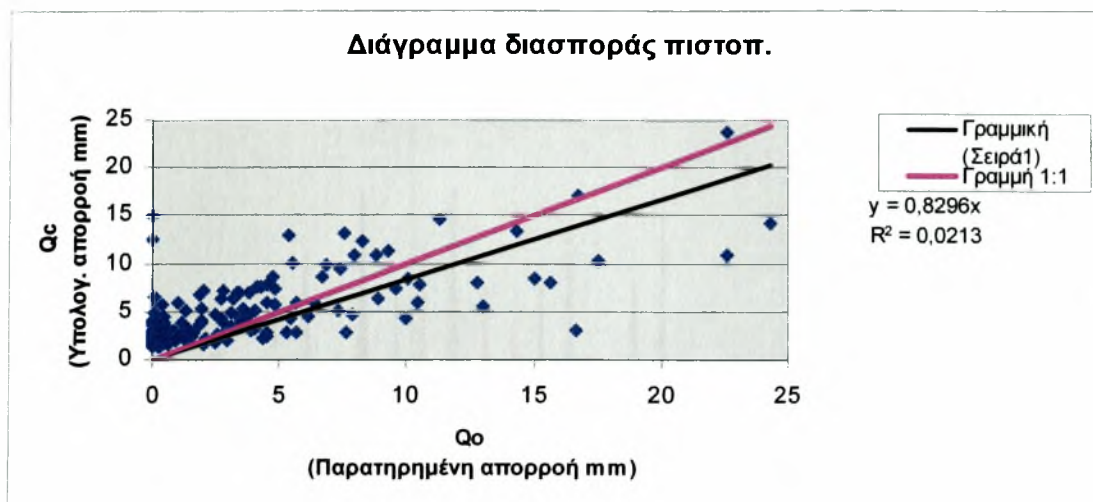


Σχήμα 3.189

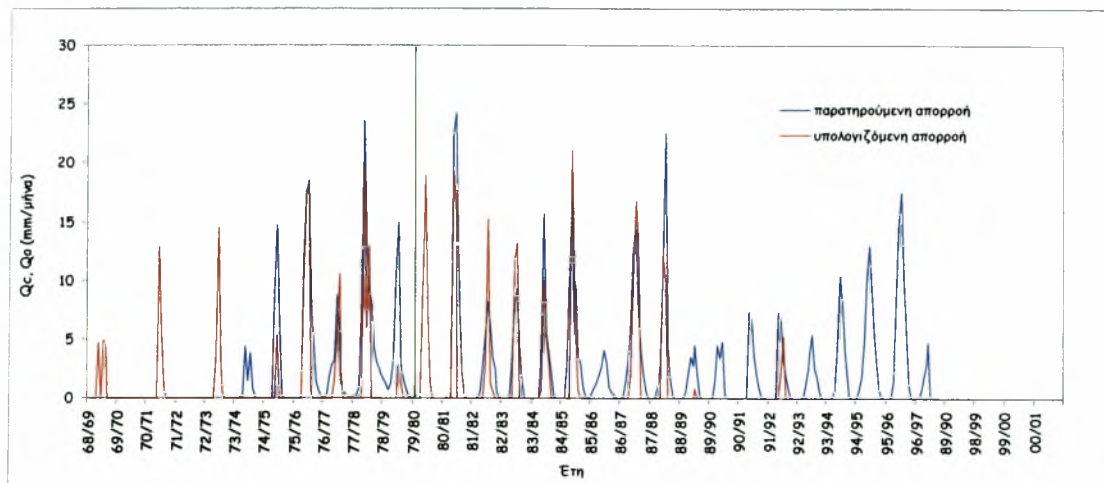


Σχήμα 3.190

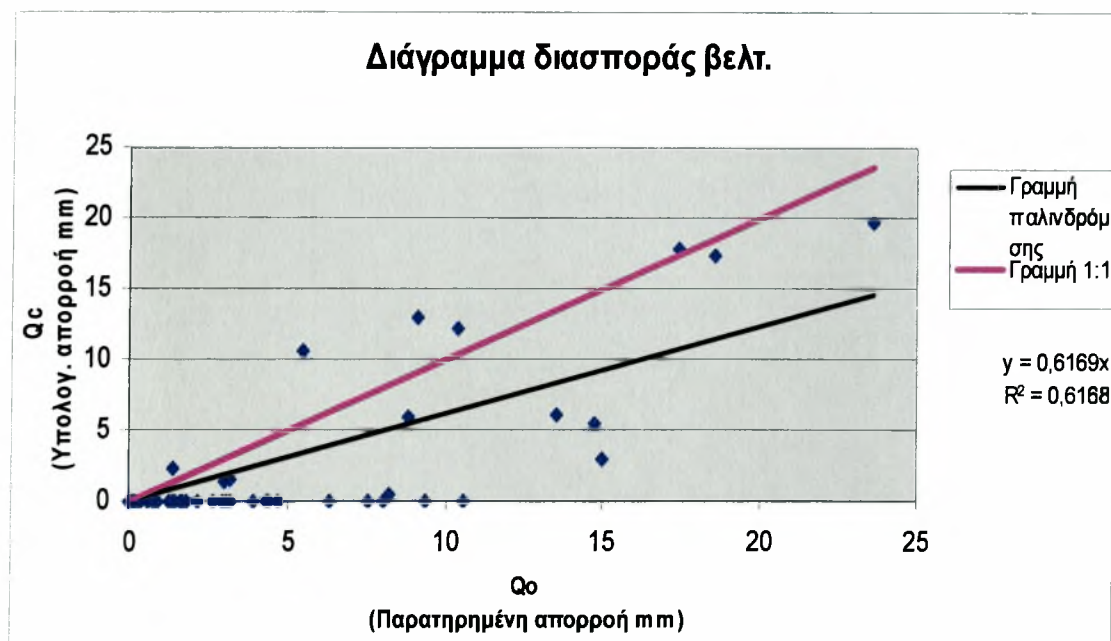
1.6 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο GR2M λεκάνη απορροής Γαζανός.



1.7 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Γιακουμάκης λεκάνη απορροής Γαζανός.

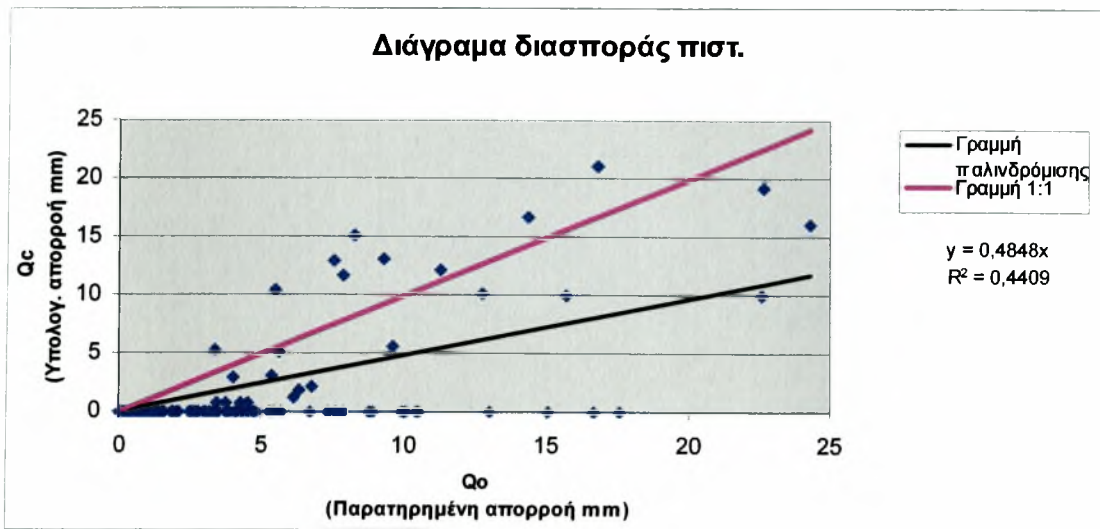


Σχήμα 3.193

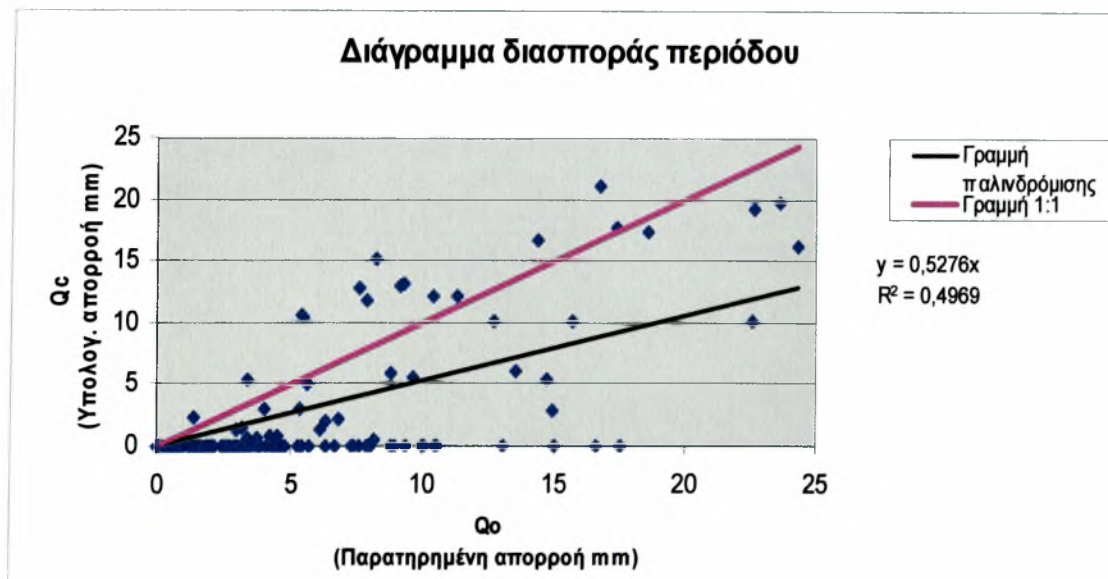


Σχήμα 3.194

1.8 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Giakoumakis λεκάνη απορροής Γαζανός.

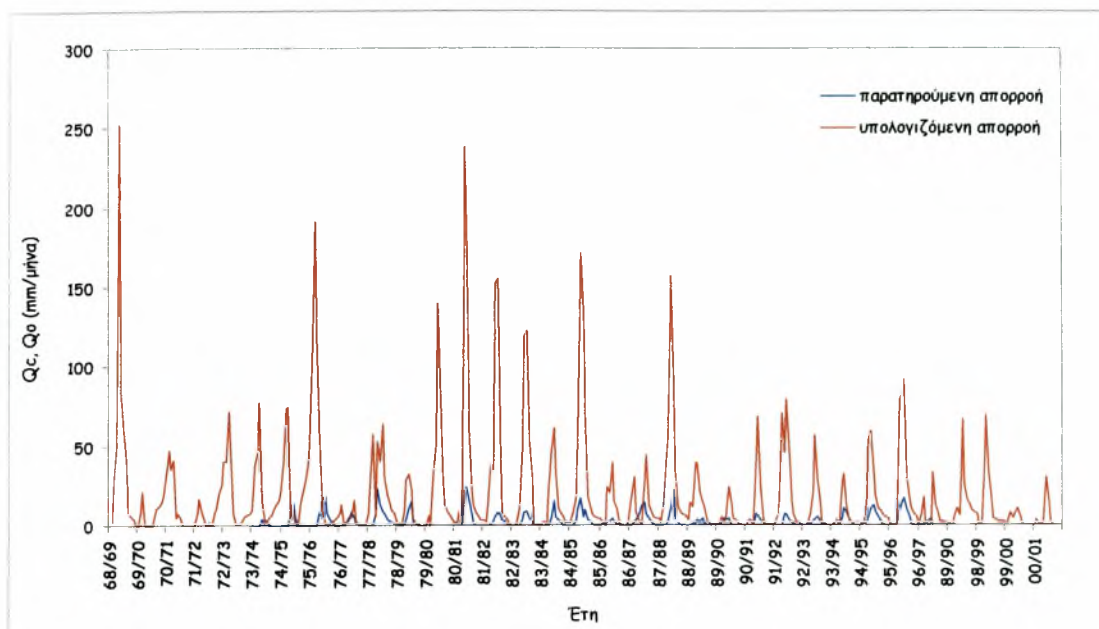


Σχήμα 3.195

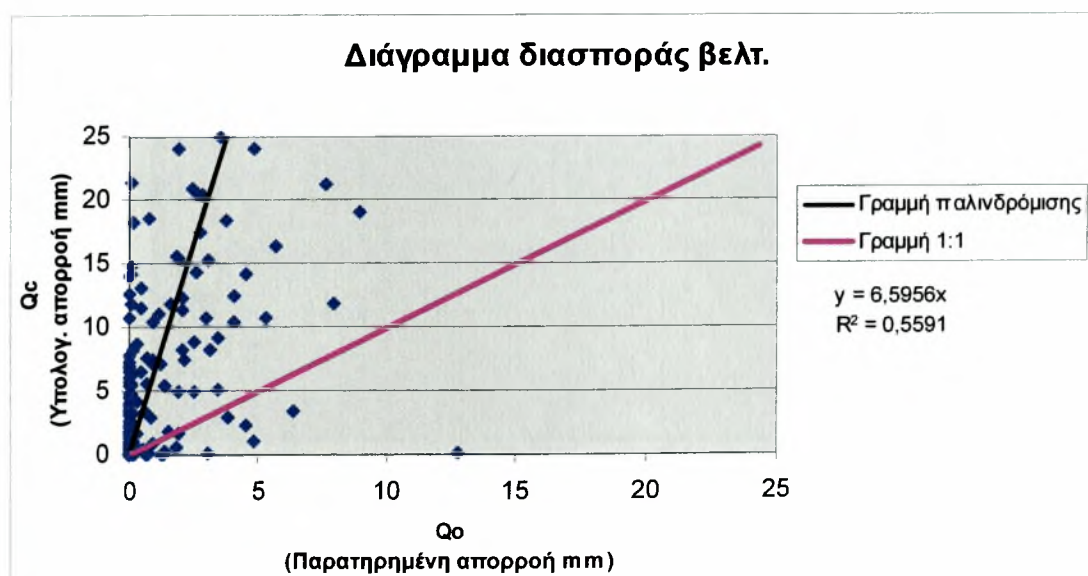


Σχήμα 3.196

1.9 Βελτιστοποίηση από Οκτώβριο 1960 έως Σεπτέμβριο 1977 για το μοντέλο Χιονο-Γυο λεκάνη απορροής Γαζανός.



Σχήμα 3.197

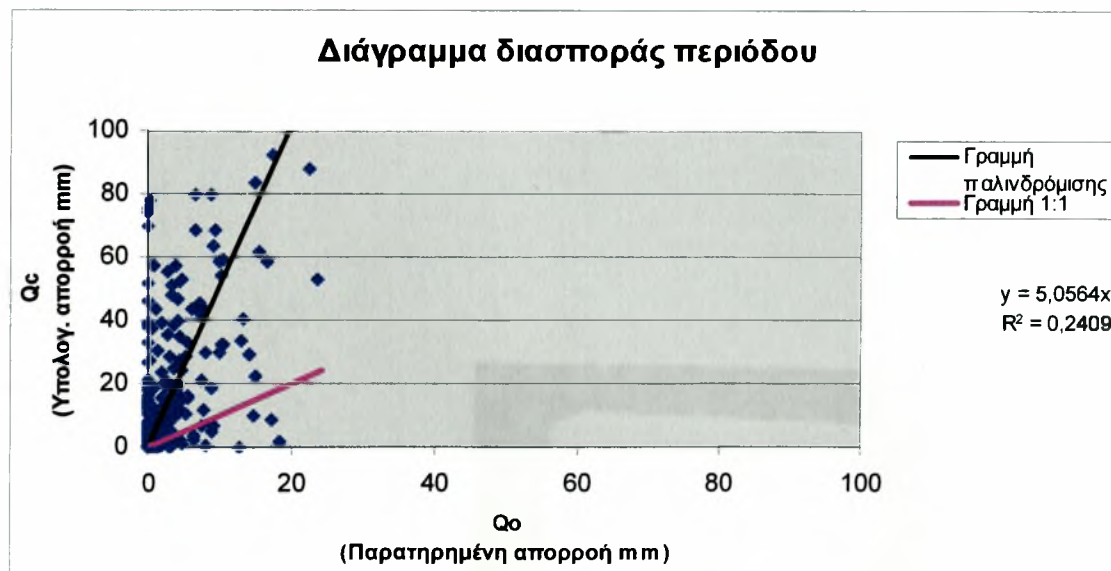


Σχήμα 3.198

Ι.10 Πιστοποίηση από Οκτώβριο 1978 έως Σεπτέμβριο 1993 για το μοντέλο Xiong-Guo λεκάνη απορροής Γαζανός.



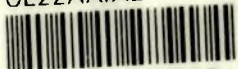
Σχήμα 3.199



Σχήμα 3.200



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074112

005.Ε α