
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΕΡΓΩΝ ΕΚΤΡΟΠΗΣ ΑΧΕΛΩΟΥ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ, ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

MINISTRY OF ENVIRONMENT, PLANNING AND PUBLIC WORKS
GEN. SECR. OF PUBLIC WORKS - DIVISION OF ACHELOOS DIVERSION WORKS

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
DIVISION OF WATER RESOURCES, HYDRAULIC AND MARITIME ENGINEERING

ΕΡ.3.20

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ:

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΛΥΣΕΩΝ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΔΡΕΥΣΕΩΣ ΜΕΙΖΟΝΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ:

ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΟΡΝΟΥ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ : ΘΕΜ. ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ
ΚΥΡΙΟΙ ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ: ΔΗΜ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ, ΙΩΑΝ. ΤΖΕΡΑΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ ΑΠΡΙΛΙΟΣ 1988 - ATHENS APRIL 1988

ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

ΔΕΚΑΝΗΣ ΜΟΡΝΟΥ

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

Σελίδα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ	1
2. ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	2
2.1 Βροχομετρικά Δεδομένα	2
2.2 Υδρομετρικά Δεδομένα	8
2.3 Πρόσθετα Δεδομένα από την Λειτουργία του Ταμιευτήρα Μόρνου	10
2.4 Αξιολόγηση Υδρολογικών Δεδομένων από την Λειτουργία του Ταμιευτήρα Μόρνου	10
2.4.1 Κριτική Ανάλυση Ποιότητας Δεδομένων	10
2.4.2 Επεξεργασία Δεδομένων	12
3. ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ	14
4. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΠΡΟΧΕΙΡΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΛΗΨΙΜΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ	15
4.1 Καθορισμός Δειγμάτων	15
4.2 Επεξεργασία Δειγμάτων	16
4.3 Εκτίμηση απολήψιμης εισροής και αξιοπιστίας της	19
4.4 Υπολογισμός της Ρυθμισμένης Παροχής Απόληψης	25
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	28

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα έκθεση που αποτελεί μια προσεγγιστική εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης του Φράγματος Μόρνου, συντάχθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού έργου "Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων και εναλλακτικών λύσεων για την ενίσχυση υδρεύσεως μείζονος περιοχής Αθηνών" μετά από προφορική εντολή του Γ.Γ Δημοσίων Έργων κ. Ν. Σαράντη.

Η παρατηρηθείσα τα τελευταία 2 χρόνια ανησυχητική μείωση των υδατικών αποθεμάτων της τεχνητής λίμνης του φράγματος, δημιούργησε ανησυχίες για το υπερετήσιο υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης.

Είναι προφανές ότι η κατάρτιση ενός αξιόπιστου υδρολογικού ισοζυγίου προϋποθέτει την ολοκλήρωση του μεγαλύτερου μέρους των εργασιών του ερευνητικού έργου. Κατά συνέπεια η παρούσα προσεγγιστική εκτίμηση δίνει μόνο μια τάξη μεγέθους των κρίσιμων υδρολογικών παραμέτρων.

1. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

Για την σύνταξη της παρούσας έκθεσης ελήφθησαν υπ' όψη οι παρακάτω μελέτες:

1. Υδρευσις Αθηνών - Προκαταρκτική Εκθεσις.
(Τεύχος 4. Υδρολογική έρευνα λεκάνης υδατοσυλλογής προτεινόμενου Φράγματος Μόρνου)
των Ν. Αλτηγού - Κ. Κυριακού - Α. Μαχαίρα (1964).
2. Μελέτη έργων Υδρευσης περιοχής πρωτεύουσας εκ Μόρνου - Γενική διάταξις έργων.
(Φάκελλος 8. Υδρολογία Φράγματος Μόρνου)
των ΥΔΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΕ - Ν. Αλτηγού - Α. Μαχαίρα - Κ. Ζέρη - Σ. Δάλλα (1966).
3. Ενίσχυσις του Υδατικού δυναμικού του Ταμιεύτηρος Μόρνου.
Αναγνωριστική Εκθεση των ΤΕΤΡΑΚΤΥΣ ΟΕ - Δ. ΚΟΜΗ (1987).
4. Υδρολογική Μελέτη Φράγματος Μόρνου (Αδημοσίευτη)
του ΥΠΕΧΩΔΕ των Γ. Τασσά - Κ. Αλεξοπούλου (1986).

2. ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

2.1 Βροχομετρικά Δεδομένα

Στην εκτάσεως 560,7 km² λεκάνη απορροής του φράγματος Μόρνου (βλ. Σχ.. 1) είναι εγκατεστημένοι 13 βροχομετρικοί - βροχογραφικοί σταθμοί, κατά το πλείστον του ΥΠΕΧΩΔΕ, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 1 που ακολουθεί. Επίσης στοιχεία μπορούν να αντληθούν και από τον κοντινό, εκτός λεκάνης, σταθμό της Καλλοσκοπής.

Η κοινή περίοδος μετρήσεων για τους περισσότερους από τους παραπάνω σταθμούς είναι από το υδρολογικό έτος 1963-64 μέχρι σήμερα (1986-87), του υδρολογικού έτους νοουμένου από αρχές Σεπτεμβρίου μέχρι τέλους Αυγούστου.

Από σχετική προκαταρκτική έρευνα, διαπιστώθηκαν μεγάλες αποκλίσεις και αδικαιολόγητα κακή συσχέτιση μεταξύ των σταθμών (βλ. πίνακες 2 - 3).

Για τις επείγουσες ανάγκες της πρώτης αυτής προσεγγιστικής εκτίμησης των απολήψιμων εισροών στον Ταμιευτήρα Μόρνου δεν κρίθηκε σκόπιμο να επεκταθούμε σε περισσότερη διερεύνηση του φαινομένου. Λεπτομερειακή ανάλυση, επέκταση και συμπλήρωση της πληροφορίας "βροχόπτωση" θα γίνουν σε επόμενη φάση του ερευνητικού προγράμματος. Σ' αυτή τη φάση, για ενδεικτικούς και μόνο λόγους χρησιμοποιήθηκε το δείγμα των βροχοπτώσεων στο Λιδωρίκι που φαίνεται σαν το πλέον αξιόπιστο και στη συνέχεια έγινε αναγωγή λόγω υψόμετρου¹ στο σύνολο της λεκάνης (χρησιμοποιήθηκε η σχέση αναγωγής της μελέτης των Υδρομηχανικής κλπ.) Τα αποτελέσματα είναι καταχωρημένα στον πίνακα 5 που ακολουθεί, για την μετά την προαναφερθείσα μελέτη περίοδο, ενώ τα υπολογισθέντα από τη μελέτη βάσει των μετρήσεων στους σταθμούς Λιδωρικίου και Ναυπάκτου, στον πίνακα 4.

1. Υψόμετρο σταθμού Λιδωρικίου +537

Μέσο υψόμετρο λεκάνης φράγματος +1026

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 1

ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΑ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ

α/α	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΘΕΣΕΩΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	Η(m)	ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΠΟΥ ΑΝΗΚΕΙ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΕΙΔΟΣ ΟΡΓΑΝΟΥ
1	Αθ. Διάκος (Μουσουνίτσα)	1050	ΥΠΕΧΩΔΕ	1963 -	Βμ, Βγ
2	Δάφνος	1050	"	1963 -	Βμ, ΧΒμ
3	Κάλλιο	400	"	1963 - 79	Βμ
4	Καρούτες	1040	"	1963 -	Βμ, Χμ
5	Κονιακός	850	"	1963 -	Βμ, Χμ
6	Λιδωρίκι	587	ΕΑΑ	1904 -31	Βμ
7	"	600	ΕΜΥ	31-35, 40, 59 -	Βμ, Θα, Υα
8	"	537	ΥΠΕΧΩΔΕ	1950 -	Βμ, Βγ, Θα, Εξ, Αμ
9	Μαλανδρίνο	600	"	1963 -	Βμ, Χμ
10	Πενταγιοί	950	"	1963 -	Βμ, Βγ, Χμ
11	Πυρά	1140	"	1963 -	Βμ, Βγ, Χμ
12	Συκέα	780	"	1963 -	Βμ, Χμ
13	Φράγμα Μόρνου	447	"	1979 -	Βμ, Βγ, Χμ, Θα, Εξ Αμ
14	Καλλοσκοπή εκτός λεκάνης	1000	ΥΠΔΕ	1962 -	Βμ, Χμ

Υ Π Ο Μ Ν Η Μ Α

Βμ : Βροχόμετρο

Βγ : Βροχογράφος

Χμ : Χιονόμετρο

ΧΒμ: Χιονοβροχόμετρο

Θα : Όργανα που μετρούν θερμοκρασία αέρος

Εξ : " " " εξάτμιση

Υα : " " " υγρασία

Αμ : " " " ταχύτητα ανέμου

ΕΤΗΣΙΑ ΥΨΗ ΒΡΟΧΗΣ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ

ΕΤΟΣ	ΠΥΡΑ 1140	ΑΘΑΝ. ΔΙΑΚΟΣ 1050	ΔΑΦΝΟΣ 1050	ΚΑΡΟΥ- ΤΕΣ 1040	ΚΑΛΟ- ΣΚΟΠΗ 1000	ΠΕΝΤΑ- ΓΙΟΙ 950	ΚΟΝΙΑ- ΚΟΣ 850	ΣΥΚΕΑ 780	ΜΑΛΑΝ- ΔΡΙΝΟ 600	ΔΙΔΩ- ΡΙΚΙ 537	Φ.ΜΟΡ- ΝΟΥ 447	ΚΑΛΛΙΟ 400
63-64	1081	1477	1254	1271	1149	1152	1233	918	814	1054		926
64-65	1252	1652	1359	1322	731	1678	1288	1107	896	977		909
65-66	1134		1711	1385	1593	1866	1710	1380		1124		1118
66-67	1275				853	1612				964		
67-68	1319	1589	1296	1343	1387	1406	1443	1141	1108	1036		1018
68-69	1481	1352	1339	1398	1179	1552	1067	1237	787	988		1029
69-70	1281	1836	1626	1470	1154	1873	1301	1301	1025	1004		1009
70-71	1294	1447	1093	1528	1511	1389		1136	851	1047		1036
71-72	1119	1548	1271	1470	1380	1339	1247	1151	762	982		960
72-73	1200	1622	1415	1267	1063	1338	1074	1306		965		1218
73-74	1218	1717	1198	1378	1220	1566		1305	1036	972		1071
74-75	1212	1325	1041	1193	1172	1318		1197	843	903		1009
75-76	1511	999	1116	1139	912	1060		1006	772	759		1024
76-77	919	1318	1096	1243	731	1367		949	767	787		1249
77-78	2247	1090	1037	1294	1276	1428		1527	851	1043		
78-79	1705	2016	1331	1542	1065	1709	1432	1732	1159	1264		
79-80	1339	1338	1011		1591	1389		1870	1116	1146	1221	
80-81	2253	1753		1656	1568		1590	2128	1230	1500	783	
81-82	1738	1250	629	1616			1484	1797	1099	1247	728	
82-83	1555	709			747		1197	1302		751	504	
83-84	1836	683		951	650		1397	1323	1091	940	496	
84-85	1737		2091	969	540		1142	1125	668	697	961	
85-86	1227	1638		1464				1748	957	988	1046	
86-87	1718	1581	1938	1684	903		1863		947	962	770	

Σ2 Σ1	ΑΘ.ΔΙΑΚΟΣ	ΔΑΦΝΟΣ	ΚΑΡΟΥΤΕΣ	ΚΑΛΛΟ- ΣΚΟΠΗ	ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ	ΚΟΝΙΑΚΟΣ	ΣΥΚΕΑ	ΜΑΛΑΝ- ΔΡΙΝΟ	ΛΙΔΩΡΙΚΙ	Φ.ΜΟΡΝΟΥ	ΚΑΛΛΙΟ
ΠΥΡΑ	-0,22	0,03	0,11	-0,03	0,07	0,33	0,57	0,35	0,36	-0,48	-0,35
ΑΘ.ΔΙΑΚΟΣ		0,56	0,66	0,41	0,72	0,18	0,21	0,30	0,50	0,65	-0,11
ΔΑΦΝΟΣ			-0,14	-0,40	-0,49	0,16	-0,31	-0,26	-0,36	-0,04	0,03
ΚΑΡΟΥΤΕΣ				0,61	0,60	0,53	0,59	0,46	0,70	0,17	-0,19
ΚΑΛΛΟ- ΣΚΟΠΗ					0,07	0,33	0,47	0,39	0,70	0,54	-0,11
ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ						0,53	0,41	0,53	0,48	-	0,03
ΚΟΝΙΑΚΟΣ							0,57	0,61	0,48	0,09	0,03
ΣΥΚΕΑ								0,65	0,75	0,37	0,20
ΜΑΛΑΝ- ΔΡΙΝΟ									0,77	0,88	-0,09
ΛΙΔΩΡΙΚΙ										0,16	-0,29
Φ.ΜΟΡΝΟΥ											-

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 ΣΥΝΤΛΕΣΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΣ

ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΟΡΝΟΥ

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 4

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ

(Μελέτη Υδρομηχανικής και λοιπών)

Περίοδος 1912-13 έως 1934-35				Περίοδος 1951-52 έως 1964-65			
Ετη	Λεκάνης Μόρνου	Λιθωρι- κίου	Ναυπάκτου	Ετη	Λεκάνης Μόρνου	Λιθωρι- κίου	Ναυπάκτου
1912-13	1370,0	867,3	(1202,8)	1951-52	1277,4	903,0	988,5
1913-14	940,2	615,5	796,9	1952-53	1311,9	908,7	1041,8
1914-15	1768,8	1259,6	1355,8	1953-54	1151,8	921,3	1022,5
1915-16	1132,2	852,6	768,5	1954-55	944,7	601,9	824,0
1916-17	1025,5	745,6	764,7	1955-56	2043,3	(1473,2)	1540,9
1917-18	838,4	549,5	709,8	1956-57	1146,4	(832,8)	856,0
1918-19	1559,0	1005,9	1342,2	1957-58	1548,1	(1033,7)	1283,8
1919-20	1453,0	945,1	1241,7	1958-59	1083,4	906,6	640,4
1920-21	1233,8	744,4	1134,8	1959-60	1479,8	1038,5	1092,7
1921-22	1585,3	1140,4	1199,2	1960-61	1171,0	816,8	921,8
1922-23	1289,4	870,4	1056,1	1961-62	1080,6	846,7	719,5
1923-24	1085,8	847,1	728,5	1962-63	2263,1	1577,0	1783,7
1924-25	1054,1	772,8	776,9	1963-64	1283,0	1043,0	801,2
1925-26	1110,4	721,9	948,1	1964-65	1339,1	953,1	1027,2
1926-27	851,9	691,9	533,1				
1927-28	1005,0	955,7	432,1				
1928-29	1357,5	1045,8	929,2				
1929-30	1251,1	815,5	1065,6				
1930-31	1612,3	1207,7	1152,0				
1931-32	1295,4	842,6	(1105,8)				
1932-33	1040,9	768,1	(760,0)				
1933-34	1226,1	826,2	(1006,1)				
1934-35	1034,2	791,6	(715,3)				
Μέσος όρος	1222,3	864,4	: 945,3	Μέσος όρος	1366,0	965,7	1041,5

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 5

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ
(Περίοδος 1965-66 έως 1986-87)

Ετη	Λιθωρίκι	Λεκάνη Μόρνου
1965-66	1124	1549
1966-67	964	1323
1967-68	1036	1425
1968-69	988	1357
1969-70	1004	1380
1970-71	1047	1440
1971-72	982	1349
1972-73	965	1325
1973-74	972	1335
1974-75	903	1237
1975-76	754	1027
1976-77	787	1074
1977-78	1043	1435
1978-79	1264	1746
1979-80	1146	1580
1980-81	1500	2079
1981-82	1247	1722
1982-83	751	1023
1983-84	940	1290
1984-85	697	947
1985-86	988	1357
1986-87	962	1321
Μέσος όρος	1003	1378

2.2 Υδρομετρικά Δεδομένα

Τα υπάρχοντα υδρομετρικά δεδομένα στον ποταμό Μόρνο καλύπτουν μία περίοδο 17 ετών και συγκεκριμένα από το 1951/52 μέχρι το 1967/68, στις θέσεις Στενό και Περιβόλι, με λεκάνες απορροής 400,9 Km² και 568,9 Km² αντιστοίχα.

Οι κατάντη του φράγματος σταθμοί της γέφυρας Ναυπάκτου και Ρέρεση είχαν ληφθεί υπόψη από τους μελετητές του φράγματος (βλ. παρ. 1.1 και 1.2) υποβοηθητικά και μόνο λόγω ανεπάρκειας ή αναξιόπιστίας δεδομένων και δεν εξετάζονται στην παρούσα έκθεση.

Αναλυτικότερα, τα δεδομένα που διατίθενται για τους σταθμούς είναι:

1. - ΣΤΕΝΟ

- α) Σταθμημετρικές παρατηρήσεις: Από το 1950 μέχρι το 1974
- β) Μετρήσεις παροχής: Σποραδικές μετρήσεις (23 συνολικά) από τον Μάιο του 1950 μέχρι τον Ιούνιο του 1956. Επανεναρξη συστηματικών μετρήσεων από τον Αύγουστο του 1963 μέχρι τον Οκτώβριο του 1968 (περίπου 400 μετρήσεις).

2. - ΠΕΡΙΒΟΛΙ

- α) Σταθμημετρικές παρατηρήσεις από τον Φεβρουάριο 1964 μέχρι τον Νοέμβριο 1974.
- β) Συστηματικές μετρήσεις παροχής (πολύ πυκνές ≈ 400) από τον Οκτώβριο 1963 μέχρι τον Οκτώβριο 1968.

Οι μετρήσεις και των δύο σταθμών έχουν αξιολογηθεί από την Υδρομηχανική για την περίοδο της Μελέτης του φράγματος (1952-65) και προσεγγιστικά για την Περίοδο (65-68) από την μελέτη ενίσχυσης του υδατικού δυναμικού του Ταμιευτήρα Μόρνου (βλ. παράγ. 1.3).

- 3) Από την Μελέτη της Υδρομηχανικής κ.λπ. έχουμε δύο σειρές δεδομένων για τα υδρολογικά έτη 1951/52 μέχρι 1964/65 βάσει μετρήσεων παροχής από τα οποία τα έτη 1962/63 μέχρι και 1964/65 θεωρούνται σαν πιο αξιόπιστα λόγω της πληθώρας των μετρήσεων παροχής.

- 4) Από την ίδια παραπάνω μελέτη έχουμε και μια σειρά δεδομένων για την περίοδο 1912/13 έως 1934/35 με μετασχηματισμό βροχής - απορροής βάσει των παραμέτρων που εξήχθησαν από τα δεδομένα της προηγούμενης παραγράφου.
- 5) Από την Μελέτη των ΤΕΤΡΑΚΤΥΣ ΟΕ - Δ. ΚΟΜΗ έχουμε συμπλήρωση μόνο των τριών ετών 1965/66, 1966/67, 1967/68 για τα οποία υπήρχαν μετρήσεις στάθμης και παροχής.

Τα παραπάνω δεδομένα δίνονται στον πίνακα 6 που ακολουθεί:

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

ΥΠΟΛΟΓΙΣΘΕΙΣΕΣ ΑΠΟΡΡΟΕΣ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ
(Εκατ. M³)

Περίοδος 1913 - 1935	
Ετη	Απορροή
1912-13	274,0
1913-14	233,3
1914-15	673,5
1915-16	156,9
1916-17	247,6
1917-18	132,5
1918-19	455,2
1919-20	314,3
1920-21	311,5
1921-22	539,1
1922-23	387,9
1923-24	356,0
1924-25	58,5
1925-26	337,5
1926-27	247,4
1927-28	233,1
1928-29	485,6
1929-30	314,2
1930-31	652,2
1931-32	403,4
1932-33	245,1
1933-34	346,0
1934-35	305,8
Μέσος όρος	335,3

Περίοδος 1952 - 1968	
Ετη	Απορροή
1951-52	328,1
1952-53	267,6
1953-54	289,0
1954-55	191,0
1955-56	542,7
1956-57	204,0
1957-58	500,8
1958-59	247,2
1959-60	404,8
1960-61	334,1
1961-62	301,4
1962-63	834,7
1963-64	234,2
1964-65	319,5
1965-66	386,9
1966-67	309,1
1967-68	318,5
Μέσος όρος	375,4

2.3 Πρόσθετα Δεδομένα από τη Λειτουργία του Ταμιευτήρα Μόρνου

Στη διάθεση της ομάδας εργασίας τέθηκαν από την ΕΥΔΑΠ τα παρακάτω πρόσθετα δεδομένα:

1. Διαγράμματα της διακύμανσης του Ταμιευτήρα Μόρνου (από τον Νοέμβριο 1979).
2. Εκθέσεις πεπραγμένων με συνοπτικά υδρολογικά ισοζύγια του Ταμιευτήρα (για Ημερολογιακά έτη).
3. Αναλυτικός πίνακας με τις μηνιαίες παροχές στην έξοδο της Σήραγγας Γκιώνας από τον Απρίλιο 1984 μέχρι το τέλος 1987.
4. Φύλλα μετρήσεων παροχής στην έξοδο της σήραγγας Γκιώνας για την περίοδο 1981,82,83
5. Ιστορικά στοιχεία για την περίοδο της πλήρωσης του Ταμιευτήρα και των δοκιμών του Υδαταγωγού Μόρνου.

2.4 Αξιολόγηση Υδρολογικών Δεδομένων από την Λειτουργία του Ταμιευτήρα Μόρνου

2.4.1 Κριτική Ποιότητας Δεδομένων

Τα διατιθέμενα υδρολογικά δεδομένα (κυρίως 2,3,4 της προηγούμενης παραγράφου) παρουσιάζουν μεγάλες ασάφειες, κενά και πολλές ασυμβατότητες οι οποίες και αναλύονται στην συνέχεια:

- Όπως είχε ήδη επισημανθεί με την πρώτη Αναγνωριστική Έκθεση σχετικά με τις διαφυγές από τον Ταμιευτήρα και τον Υδαταγωγό Μόρνου υπάρχουν μεγάλες ασάφειες ως προς τον τρόπο υπολογισμού και τον όγκο των απωλειών. Ελλείψει άλλων δεδομένων θα πρέπει να δεχθούμε τους όγκους που δέχεται και η ΕΥΔΑΠ.

- Για τα τελευταία τρία χρόνια (1985-86-87) υπάρχει μια σημαντική διαφορά της τάξης των 30 εκ. M³ μεταξύ των απολήψεων από τη σήραγγα Γκιώνας και των παροχών για Υδρευση και Αδρευση για την οποία δεν μας δόθηκε καμία εξήγηση.

Στην σύντομη αυτή έκθεση οι εκροές από τον Ταμιευτήρα ελήφθησαν ίσες με τις ποσότητες που αναφέρονται στους αναλυτικούς πίνακες εκροών από τη σήραγγα Γκιώνας και όχι οι παροχές που αναφέρονται στα ισοζύγια της ΕΥΔΑΠ². Σε κάθε περίπτωση όμως θα πρέπει να επιταχυνθούν οι διαδικασίες για την υλοποίηση των προτάσεων της από 07/10/87 Εκθέσεως μας για τον προσδιορισμό των διαφυγών στον Υδαταγωγό.

Συγκεκριμένα οι διαφορές για τα έτη 1985-86-87 είναι³:

ΕΤΟΣ	1985	1986	1987
Σύνολο παροχών Ισοζυγίου ΕΥΔΑΠ	329.70	325.08	311.90
Εκροές από Σ. Γκιώνας	363.10	358.20	334.70
Διαφορά	33.40	33.12	22.80

■ Πολύ κακή είναι επίσης και η ποιότητα των μετρήσεων παροχής στην έξοδο της σήραγγας Γκιώνας και με μεγάλα ενδεχόμενα σφάλματα για το διάστημα των δοκιμών και τον πρώτο χρόνο λειτουργίας του (ημερολογιακά έτη 1981, 1982). Οι διαφορές στις μετρημένες εκροές από τις δικλίδες κοίλης φλεβός και τους υπερχειλιστές είναι για τα έτη 1981 και 1982 αντίστοιχα: (σε εκατομμύρια M³)

Ετος	Δικλίδες	- Υπερχειλιστές
1981	74.9	103.60
1982	177.6	239.80
ΣΥΝΟΛΟ	252.5	343.40

■ Περισσότερο ακριβείς θεωρούνται πάντως οι μετρήσεις παροχής στους υπερχειλιστές - η ΕΥΔΑΠ τις αποκαλεί "πραγματικές παροχές" στα έντυπα της - και αυτές

2. ΕΥΔΑΠ: Διεύθυνση Υδροληψίας και Επεξεργασίας Νερού - Έκθεση Πεπραχμένων Έτους 1987

3. σε εκατομμύρια M³

χρησιμοποιήθηκαν. Οι διαφορές στις μετρήσεις υπάρχουν ακόμη και σήμερα όπως είχαμε διαπιστώσει από μετάβαση μας στο κέντρο τηλελέγχου του υδαταγωγού στο Μενίδι, αλλά η ΕΥΔΑΠ θεωρεί τις μετρήσεις στις δικλίδες σαν αναξιόπιστες.

2.4.2 Επεξεργασία Δεδομένων (βλ. Πίνακα 7.1)

1. Στην επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν υδρολογικά έτη (αρχές Σεπτεμβρίου – τέλος Αυγούστου του επόμενου έτους) και όχι ημερολογιακά, για να έχουμε συμβατότητα με τα υπόλοιπα δεδομένα (υδρομετεωρολογικά – παλαιότερες μελέτες).

2. Όσον αφορά τις απώλειες θεωρήθηκε ότι:

α)– Οι ετήσιες απώλειες του υδραγωγού (Πύρνος και Σήραγγα Γκιώνας) έχουν σταθεροποιηθεί μετά τις επισκευές στα 10 εκατομμύρια M^3 και άρα αφαιρούνται για όλα τα χρόνια εκτός από τα:

1984–85, 1985–86, 1986–87, για τα οποία ήδη λήφθηκαν υπόψη, (Μετρήσεις στην έξοδο της Σ. Γκιώνας).

1980–81, όπου ο ταμιευτήρας ήταν πλήρης αλλά οι απώλειες από τον Πύρνο τις υπερκαλύπτουν ($12 > 10$)

β)– Οι συνολικές απώλειες που αναγράφονται στον συνοπτικό πίνακα υδρολογίας του φράγματος Μόρνου της ΕΥΔΑΠ για τα έτη 1982, 83, 84 μοιράζονται σε ίσα μέρη $[(64+70+60):3 \approx 63]$.

3. Για την συμπλήρωση των εισροών και εκροών του έτους 1979–80 χρησιμοποιήθηκαν ιστορικά στοιχεία που αναφέρουν ότι: Το καλοκαίρι του 1979 η στάθμη του Ταμιευτήρα ήταν 12 μέτρα κάτω από το κατώφλιο υδροληψίας (δεν φαίνεται στα διαγράμματα της ΕΥΔΑΠ) και αντλήθηκαν περίπου 10 εκατομμύρια M^3 .

4. Για την εκτίμηση των όγκων που υπερχειλίσαν

χρησιμοποιήθηκε ο προσεγγιστικός τύπος

$$V = 1.80 \cdot L \cdot H_m^{3/2} \cdot t$$

όπου $L \approx 50$ μέτρα

H_m = Μέσο ύψος υπερχείλησης για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα

t = 0 χρόνος υπερχείλησης

5. Η μέτρηση των απολήψιμων εισροών γίνεται στην έξοδο της σήραγγας Γκιώνας και κατά συνέπεια οι απώλειες από εξάτμιση του Ταμειευτήρα περιλαμβάνονται στις εκτιμώμενες απώλειες μέχρι την έξοδο.

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές και απλουστεύσεις και εν γνώσει της σχετικής ανακρίβειας λόγω της κακής ποιότητας των δεδομένων που έχουμε στη διάθεση μας συμπληρώθηκαν οι πίνακες που ακολουθούν. Το δείγμα των μέσων ετησίων εισροών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υδροληψία για την οκταετία 1979-87 διαμορφώνεται στον παρακάτω πίνακα 7.1, ενώ ο πίνακας 7.2 δίνει μια εικόνα της ποιότητας των δεδομένων:

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 7.1

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΙΣΡΟΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΜΟΡΝΟΥ (Σε εκατ. m^3)

α/α	Ετος	Απολή- ψεις	Απώ- λειες	Υπερχει- λίσσεις	Διαφορά Περλεκ/ κότητας	Εισροές	Απολή- ψιμες εισροές
1	1979-80	~10,0	0 + 8	0	+363,0	373,0	363
2	1980-81	~33,0	1 * +15	15,08	+327,0	375,0	375
3	1981-82	206,0	63	84 58	0,0	353,083	343
4	1982-83	245,4	63	0	- 86,7	221,722	211
5	1983-84	230,4	63	14,5	+ 24,7	332,6303	322
6	1984-85	345,0	* +12	0 13	-104,2	240,8	241
7	1985-86	361,0	* +12	0	- 64,1	246,9	297
8	1986-87	362,0	* +12	0	-130,0	232,0	232

* Περιλαμβάνονται

+60

-34

29
300
297
15
313

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 7.2

ΑΠΟΛΗΨΙΜΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ ΤΟΥ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΜΟΡΝΟΥ

ΕΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ (εκατ. m ³)	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
1979-80	363	Αξιόπιστο
1980-81	375	
1981-82	343	Σχετικά αξιόπιστο
1982-83	211	
1983-84	322	
1984-85	241	Αξιόπιστο
1985-86	297	
1986-87	232	

3. ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ

Ο Ταμιευτήρας Μόρνου είχε υπολογισθεί από τη μελέτη των Υδρομηχανικής κλπ. με χωρητικότητα τέτοια ώστε να εξασφαλίσει με πιθανότητα 99,4% καθαρή απόληψη (εκτός των 10 εκ. m³ που θεωρήθηκαν σαν μέση εξατμίσιο από τη λίμνη) 300 εκ. m³ ετησίως για μια σειρά 500 ετών και σε κάθε περίπτωση 289 εκ. m³.

Φυσικά εδώ επισημαίνεται ότι δεν έχουν ληφθεί υπόψη οι εκ των υστέρων διαπιστωθείσες απώλειες από διαφυγές. Αν δεχθούμε τη σταθερή απώλεια των 10 εκ. m³/έτος από τη στοά του Πύρνου και τη σήραγγα Γκιώνας οι ποσότητες αυτές γίνονται 290 εκ. m³/έτος και 279 εκ. m³/έτος αντίστοιχα.

Για την παραπάνω μελέτη είχαν χρησιμοποιηθεί και τα δύο δείγματα του Πίνακα 6 των εισροών στον Ταμιευτήρα (1951/52 έως 1964/65 και 1912/13 έως 1934/35).

4. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΠΡΟΧΕΙΡΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΛΗΨΙΜΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

4.1 Καθορισμός δειγμάτων εισροών

Η εκτίμηση του απολήψιμου όγκου στην παρούσα φάση είναι σκόπιμο να βασιστεί αποκλειστικά στα υπάρχοντα υδρομετρικά δεδομένα. Τα βροχομετρικά δεδομένα, λόγω των προβλημάτων αξιοπιστίας τους που εξηγήθηκαν στην παράγραφο 2, δεν είναι προς το παρόν εύκολο να συνυπολογιστούν και βοηθούν μόνο στη γενικότερη εκτίμηση περιόδων ξηρασίας. Όπως αναλύθηκε στην παράγραφο 2 τα υδρομετρικά δεδομένα μπορούν να διακριθούν σε 3 περιόδους:

- α) Την περίοδο λειτουργίας του Ταμιευτήρα (1979-80 έως 1986-87) για την οποία διαθέτουμε στοιχεία με σχετική αξιοπιστία.
- β) Την περίοδο που είχαν πραγματοποιηθεί συστηματικές μετρήσεις παροχής (1962-63 έως 1967-68) για την οποία υπάρχουν αξιόπιστα δεδομένα.
- γ) Την περίοδο 1951-52 έως 1961-62, κατά την οποία υπήρχαν συστηματικές μετρήσεις στάθμης, αλλά σποραδικές μόνο μετρήσεις παροχής. Οι παροχές γι' αυτή την περίοδο εκτιμήθηκαν σε παλιότερες μελέτες (Υδρομηχανικής κλπ. και Τετρακτύς - Κόμη). Τα δεδομένα αυτά θεωρούνται μειωμένης αξιοπιστίας σε σύγκριση με τα δεδομένα των προηγούμενων περιόδων, λόγω του μικρού αριθμού των μετρήσεων παροχής.

Από τα παραπάνω συνολικά δεδομένα (αξιόπιστα και μη) προκύπτει ένα συνολικό δείγμα μεγέθους 25 ετών. Το δείγμα αυτό αναφέρεται παρακάτω ως "δείγμα Β". Ένα πιο αξιόπιστο αλλά μικρότερου μεγέθους (14 ετών) δείγμα σχηματίζεται με παράλειψη των δεδομένων της τρίτης περιόδου. Το δείγμα αυτό αναφέρεται παρακάτω ως "δείγμα Α".

Για λόγους ομογένειας των δεδομένων των τριών παραπάνω περιόδων, έγινε αναγωγή των ετήσιων όγκων των περιόδων (β) και (γ), έτσι ώστε και αυτοί να αναφέρονται σε καθαρές απολήψιμες εισροές. Στην παρούσα προκαταρκτική φάση, η αναγωγή αυτή έγινε με αφαίρεση ενός σταθερού ανά έτος όγκου

απωλειών. Ο όγκος αυτός εκτιμάται σε 20 εκ. m^3 , που αναλύεται σε 10 εκ. m^3 απωλειών εξάτμισης ανά έτος (εκτίμηση Υδρομηχανικής) και 10 εκ. m^3 απωλειών από τη στοά Πύρνου και τη σήραχγα Γκιώνας (εκτίμηση ΕΥΔΑΠ). Είναι προφανές ότι στην επόμενη κύρια φάση της έρευνας θα γίνει ακριβέστερος προσδιορισμός των παραπάνω απωλειών.

Συμπερασματικά και τα δύο παραπάνω δείγματα αναφέρονται σε καθαρές, δηλαδή απολήψιμες εισροές, αλλά πάντως περιλαμβάνουν και τις υπερχειλίσεις οι οποίες δεν μπορούν να θεωρηθούν αμελητέες. Η εκτίμηση του μέσου όγκου υπερχειλίσεων γίνεται στην παράγραφο 4.4. Τα παραπάνω δείγματα φαίνονται στους πίνακες 8 και 9 αντίστοιχα.

4.2 Επεξεργασία δειγμάτων

Τα στατιστικά χαρακτηριστικά των δύο δειγμάτων είναι τα εξής (σε εκατομύρια m^3):

	<u>Δείγμα Α</u>	<u>Δείγμα Β</u>
Μέση Τιμή	333,4	322,3
Τυπική Απόκλιση	149,2	132,5
Συντελεστής Διασποράς	0,45	0,40

Παρατηρούμε ότι τα παραπάνω στατιστικά χαρακτηριστικά των δύο δειγμάτων είναι παραπλήσια. Η στατιστική αυτή συγγένεια δίνει μια πρώτη ενθαρρυντική ένδειξη για τη σχετική αξιοπιστία των δεδομένων και της περιόδου (γ).

Οι σχετικά μεγάλες τιμές των συντελεστών διασποράς δείχνουν ότι οι εισροές δεν πρέπει να ακολουθούν κατανομή Gauss (βλ. βιβλίο Θ. Ξανθόπουλου, "Εισαγωγή στην Τεχνική Υδρολογία", Αθήνα 1984, σελ. 7.9 έως 7.18). Αυτό ήταν αναμενόμενο, λόγω της χειμαρρώδους δόλαιας του υδατορεύματος Μόρνου. Έτσι για το "ντύσιμο" των παραπάνω δειγμάτων δοκιμάστηκε η λογαριθμοκανονική κατανομή (του Galton). Όπως φαίνεται στα σχήματα 1 (δείγμα Α) και 2 (δείγμα Β) η κατανομή αυτή είναι κατάλληλη, αφού προσαρμόζεται πολύ ικανοποιητικά στα σημειοσύνολα των δειγμάτων.

Η λογαριθμοκανονική κατανομή περιγράφεται από τις εξισώσεις:

$$w = a \log (X - x_0) + b \quad (x_0 \leq X < +\infty)$$

$$F(X) = F(w) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^w e^{-w^2/2} dw$$

Εν προκειμένω η μεταβλητή W είναι η τυποποιημένη μεταβλητή της κανονικής κατανομής $(0,1)$. Η κατανομή αυτή έχει τρεις παραμέτρους τις a , b και x_0 . Η βέλτιστη προσαρμογή της κατανομής στο δείγμα πραγματοποιείται με την κατάλληλη τιμή της x_0 που υπολογίζεται με διαδοχικές προσεγγίσεις. Στην προκειμένη περίπτωση θεωρήθηκε $x_0 = 0$. Οι άλλες δύο παράμετροι υπολογίζονται είτε:

α) από τις εξισώσεις

$$\alpha = \frac{1,517}{\sqrt{\log \left[1 + \frac{\sigma_x^2}{(\mu_x - x_0)^2} \right]}}$$

$$b = \frac{1,513}{\alpha} - \alpha \log (\mu_x - x_0)$$

όπου: μ_x και σ_x^2 οι εκτιμήσεις της μέσης τιμής και διασποράς της υπό μελέτη μεταβλητής (εδώ του όγκου εισροής), υπολογισμένες από το δείγμα.

β) είτε από τις εξισώσεις

$$\alpha = \frac{1}{\sigma_y} \quad b = -\frac{\mu_y}{\sigma_y}$$

όπου: μ_y και σ_y οι εκτιμήσεις της μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης της μεταβλητής

$$y = \log (x - x_0)$$

υπολογισμένες από το δείγμα.

Η διαφορά των δύο μεθόδων είναι ότι στην πρώτη ο υπολογισμός των παραμέτρων βασίζεται στα στατιστικά χαρακτηριστικά της υπό μελέτη μεταβλητής, ενώ στη δεύτερη, βασίζεται στα στατιστικά χαρακτηριστικά του λογαριθμού της μεταβλητής.

Εφαρμόστηκαν και οι δύο παραπάνω μέθοδοι και υπολογίστηκαν οι εξής τιμές των παραμέτρων, που φαίνονται στο πίνακα που ακολουθεί:

	α	b	α	b
ΔΕΙΓΜΑ Α	5.388	-13.38	6.836	-17.06
ΔΕΙΓΜΑ Β	5.824	-14.41	6.766	-16.79

Οι αντίστοιχες συναρτήσεις που προέκυψαν έχουν χαρακτεί σε χαρτί κατανομής Galton (με διακεκομμένες γραμμές φαίνονται οι συναρτήσεις που αντιστοιχούν στην πρώτη μέθοδο υπολογισμού των παραμέτρων και με συνεχείς γραμμές οι αντίστοιχες συναρτήσεις της δεύτερης μεθόδου). Από τα σχήματα προκύπτουν τα ακόλουθα:

- α) Η επιλεγείσα λογαριθμοκανονική κατανομή είναι κατάλληλη για τα υπόψη δείγματα.
- β) Οι συναρτήσεις που προκύπτουν από την δεύτερη μέθοδο υπολογισμού των παραμέτρων υπερτερούν σαφώς ως προς την προσαρμογή της κατανομής στα δείγματα, από τις αντίστοιχες συναρτήσεις της πρώτης μεθόδου. Κατά συνέπεια επιλέγονται για τους περαιτέρω υπολογισμούς οι παράμετροι της δεύτερης μεθόδου.
- γ) Οι συναρτήσεις κατανομής της δεύτερης μεθόδου που αναφέρονται στο δείγμα Α και στο δείγμα Β πρακτικά ταυτίζονται. Αυτό είναι μια ακόμα σαφής ένδειξη ότι τα δεδομένα της περιόδου (γ) είναι αξιόπιστα, αφού ανήκουν στον ίδιο στατιστικό πληθυσμό με τα δεδομένα των δύο άλλων περιόδων. Κατά συνέπεια είναι δυνατόν να βασίσουμε τα συμπεράσματά μας στο δείγμα Β.

4.3 Εκτίμηση Μέσης Απολήψιμης Εισροής και Αξιοπιστία της.

Θεωρώντας το συνολικό δείγμα της 25ετίας (δείγμα Β) σαν αρκετά αξιόπιστο, μετά από την προηγούμενη διερεύνηση, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η μέση απολήψιμη εισροή είναι 322,3 εκατομμύρια M^3 .

Προκειμένου να υπολογίσουμε τα όρια εμπιστοσύνης της παραπάνω τιμής, ακολουθούμε την σχετική μεθοδολογία που εφαρμόζεται για μεταβλητές με λογαριθμοκανονική κατανομή (βλ. Ξανθόπουλος "Εισαγωγή στην Τεχνική Υδρολογία" Αθήνα 1984, σελ. 7.15). Οι σχετικοί υπολογισμοί φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα 10. Έτσι προκύπτει ότι για βαθμό εμπιστοσύνης 80% τα όρια εμπιστοσύνης είναι 294,4 και 352,9 εκατομμύρια M^3 , ενώ για βαθμό εμπιστοσύνης 95% τα αντιστοιχα όρια είναι 279,8 και 371,3 εκατομμύρια M^3 .

Αντίστοιχοι υπολογισμοί έγιναν για ενδεικτικούς λόγους και με το δείγμα Α. Με μέση δειγματική τιμή 333,4 εκατομμύρια M^3 τα όρια εμπιστοσύνης προέκυψαν 293,6% και 378,5% εκατομμύρια M^3 για βαθμό εμπιστοσύνης 80% και 272,0 και 408,5 για βαθμό εμπιστοσύνης 95%.

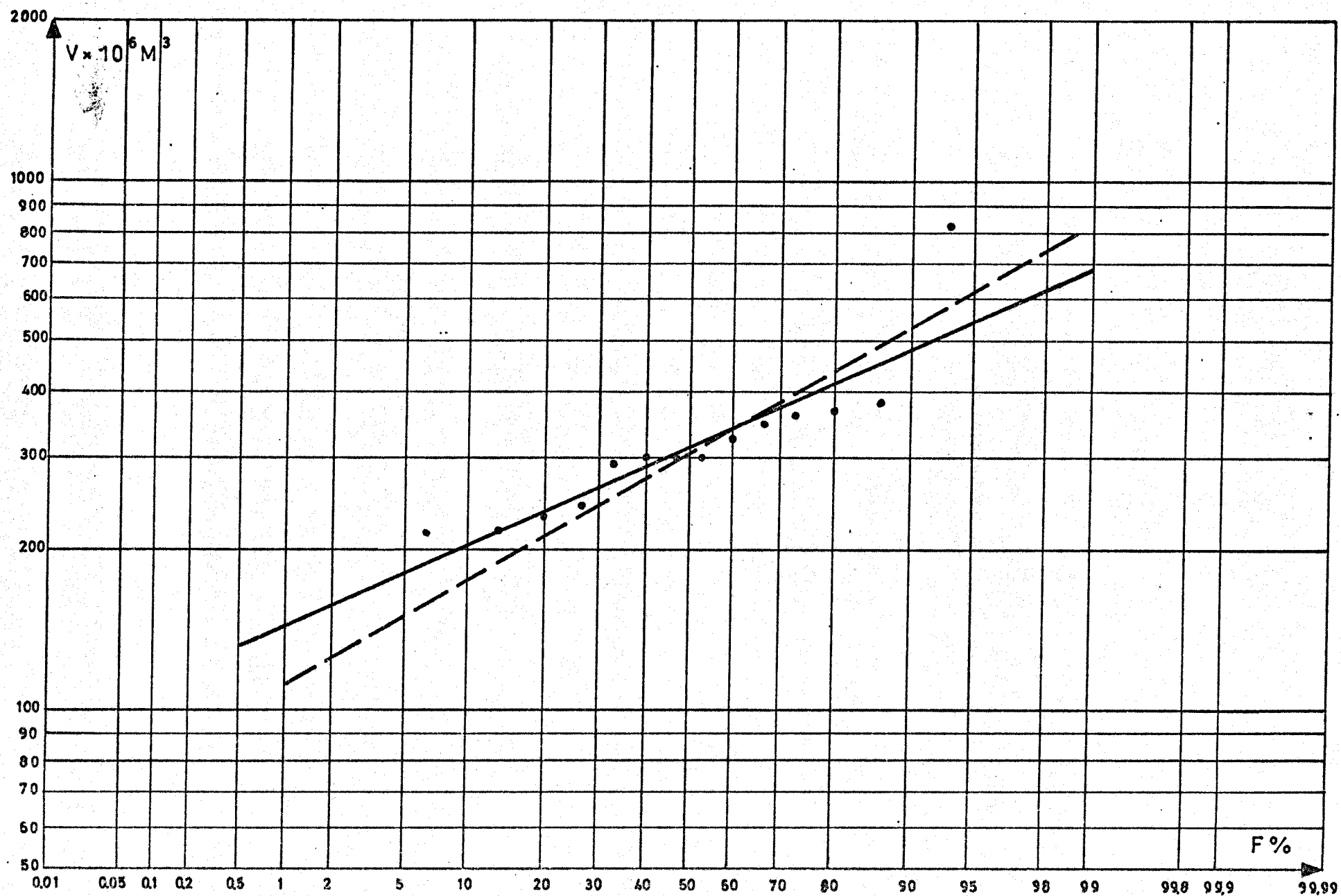
Π Ι Ν Α Κ Α Σ 8

ΔΕΙΓΜΑ Α - ΕΤΗ 1962-63 έως 1967-68
& 1979-80 έως 1986-87

ΕΤΟΣ	ΕΙΣΡΟΕΣ V*10 ⁶ Μ ³	ΑΠΟΛΗΨΙΜΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ V*10 ⁶ Μ ³	ν	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΥΠΕΡΒΑΣΗΣ ν' /15	ΑΠΟΛΗΨΙΜΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ V*10 ⁶ Μ ³
1962-63	834,7	814,7	1	0,067	814,7
1963-64	234,2	214,2	2	0,133	375,0
1964-65	319,5	299,5	3	0,200	366,9
1965-66	386,9	366,9	4	0,267	363,0
1966-67	309,1	289,1	5	0,333	343,0
1967-68	318,5	298,5	6	0,400	322,0
1979-80	363,0	363,0	7	0,467	299,5
1980-81	375,0	375,0	8	0,533	298,5
1981-82	343,0	343,0	9	0,600	297,0
1982-83	211,0	211,0	10	0,667	289,1
1983-84	322,0	322,0	11	0,733	241,0
1984-85	241,0	241,0	12	0,800	232,0
1985-86	297,0	297,0	13	0,867	214,2
1986-87	232,0	232,0	14	0,933	211,0
Μέσος όρος	-	333,4			

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1

ΔΕΙΓΜΑ Α 1962-63 ΕΩΣ 1967-68
ΚΑΙ 1979-80 " 1986-87



Π Ι Ν Α Κ Α Σ 9

ΛΕΙΓΜΑ Β - ΕΤΗ 1951-52 έως 1967-68
& 1979-80 έως 1986-87

ΕΤΟΣ	ΕΙΣΡΟΕΣ $V \cdot 10^6 \text{ M}^3$	ΑΠΟΛΗΨΙΜΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ $V \cdot 10^6 \text{ M}^3$
1951-52	328,1	308,1
1952-53	267,6	247,6
1953-54	289,0	269,0
1954-55	191,0	171,0
1955-56	542,7	522,7
1956-57	204,0	184,0
1957-58	500,8	480,8
1958-59	247,2	227,2
1959-60	404,8	384,8
1960-61	334,1	314,1
1961-62	301,4	281,4
1962-63	834,7	814,7
1963-64	234,2	214,2
1964-65	319,5	299,5
1965-66	386,9	366,9
1966-67	309,1	289,1
1967-68	318,5	298,5
1979-80	363,0	363,0
1980-81	375,0	375,0
1981-82	343,0	343,0
1982-83	211,0	211,0
1983-84	322,0	322,0
1984-85	241,0	241,0
1985-86	297,0	297,0
1986-87	232,0	232,0
Μέσος όρος	-	322,3

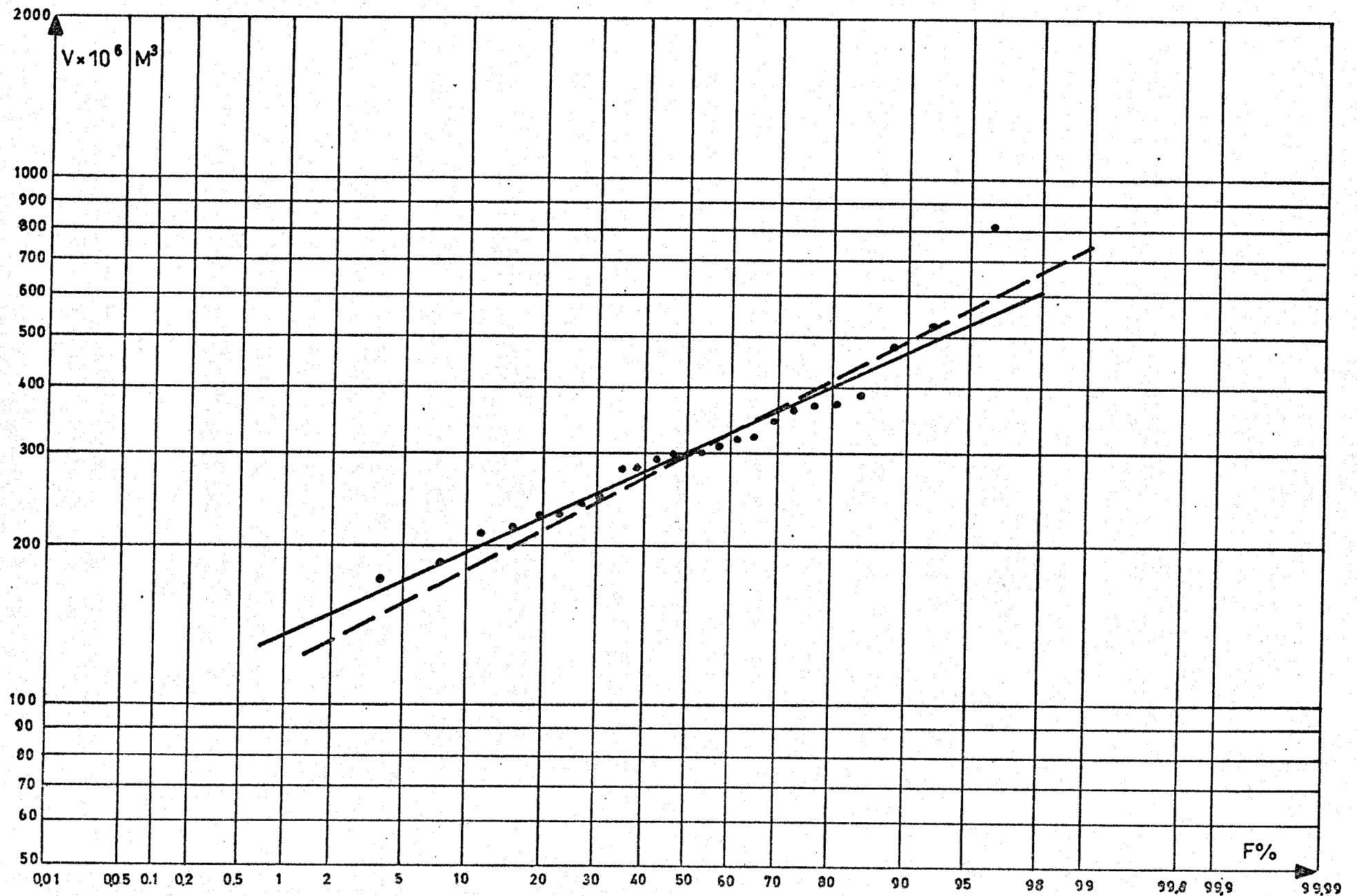
v	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΥΠΕΡΒΑΣΗΣ $v' / 15$	ΑΠΟΛΗΨΙΜΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ $V \cdot 10^6 \text{ M}^3$
1	0,038	814,7
2	0,077	522,7
3	0,115	480,8
4	0,154	384,8
5	0,192	375,0
6	0,231	366,9
7	0,269	363,0
8	0,308	343,0
9	0,346	322,0
10	0,385	314,1
11	0,423	308,1
12	0,462	299,5
13	0,500	298,5
14	0,538	297,0
15	0,577	289,1
16	0,615	281,4
17	0,654	269,0
18	0,692	247,6
19	0,731	241,0
20	0,769	232,0
21	0,808	227,2
22	0,846	214,2
23	0,885	211,0
24	0,923	184,0
25	0,962	171,0

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2

ΔΕΙΓΜΑ Β

1951-52 ΕΩΣ 1967-68

ΚΑΙ 1979-80 " 1986-87



Π Ι Ν Α Κ Α Σ 10

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ

ΔΕΙΓΜΑ Α (14 έτη)		ΔΕΙΓΜΑ Β (25 έτη)	
Μέση Τιμή	V=333,35	Μέση Τιμή	$\bar{V}=322,3$
Τυπική Απόκλιση	$\sigma=149,17$	Τυπική Απόκλιση	$\sigma=132,54$
$\bar{X}_{\log V}=2,4957$ $\sigma_{\log V}=0,1463$	$a=6,8362$ $b=-17,0611$	$\bar{X}_{\log V}=2,4815$ $\sigma_{\log V}=0,1478$	$a=6,7659$ $b=-16,7896$
$\log V = \log 333,35 = 2,5229$		$\log V = \log 322,30 = 2,5083$	
$w = a \log V + b = 6,8362 * 2,5229 - 17,0611 = 0,1860$		$w = a \log V + b = 6,7659 * 2,5083 - 16,7896 = 0,1813$	
$\sigma_y = \frac{\sigma_{\log V}}{\sqrt{2n}} * \sqrt{w^2 + 2} = \frac{0,1463}{\sqrt{28}} * \sqrt{0,1860^2 + 2}$		$\sigma_y = \frac{\sigma_{\log V}}{\sqrt{2n}} * \sqrt{w^2 + 2} = \frac{0,1478}{\sqrt{50}} * \sqrt{0,1813^2 + 2}$	
$= 0,0409$		$= 0,0298$	
Από τη κατανομή Student για $v=13$ Βαθμός εμπιστοσύνης $\alpha=95\%$ $t \left[\frac{1-\alpha}{2} \right] = 2,16$		Από τη κατανομή Student για $v=24$ Βαθμός εμπιστοσύνης $\alpha=95\%$ $t \left[\frac{1-\alpha}{2} \right] = 2,06$	
$\alpha=80\%$ $t \left[\frac{1-\alpha}{2} \right] = 1,35$		$\alpha=80\%$ $t \left[\frac{1-\alpha}{2} \right] = 1,32$	
$\sigma_{yw} = \pm t \left[\frac{1-\alpha}{2} \right] * \sigma_y$		$\sigma_{yw} = \pm t \left[\frac{1-\alpha}{2} \right] * \sigma_y$	
$\lim V = 10^{2,5229 \pm \sigma_{yw}}$		$\lim V = 10^{2,5083 \pm \sigma_{yw}}$	
Οπότε για βαθμό εμπιστοσύνης α τα διαστήματα εμπιστοσύνης είναι:		Οπότε για βαθμό εμπιστοσύνης α τα διαστήματα εμπιστοσύνης είναι:	
1. $\alpha = 95\%$ $272,0 < V < 408,5$		1. $\alpha = 95\%$ $279,8 < V < 371,3$	
2. $\alpha = 80\%$ $293,6 < V < 378,5$		2. $\alpha = 80\%$ $294,4 < V < 352,9$	

4.4 Υπολογισμός της Ρυθμισμένης Παροχής Απόληψης

Η ρυθμισμένη παροχή απόληψης είναι ίση με την απολήψιμη εισροή μείον τις απώλειες υπερχειλίσσης. Το μέγεθος αυτό έχει στοχαστικό χαρακτήρα και συναρτάται με την "πιθανότητα εκκένωσης του Ταμιευτήρα". Για τις εκτιμήσεις μας θα χρησιμοποιήσουμε τη σύγχρονη στοχαστική μεθοδολογία του Pegram. (On reservoir reliability - βλ. περιοδικό Journal of Hydrology, Τόμος 47, 1980).

Στη μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιείται η πιθανότητα εκκένωσης του Ταμιευτήρα και η μέση περίοδος εκκένωσης, αντιστοιχία με την περίοδο επαναφοράς, που είναι ο μέσος χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών εκκενώσεων του Ταμιευτήρα.

Εννοείται ότι όταν συμβαίνει εκκένωση του Ταμιευτήρα τότε η απολήψιμη παροχή είναι αναγκαστικά μικρότερη από την επιθυμητή απόληψη, αλλά πάντως όχι μηδενική. Η μέση περίοδος εκκένωσης (m_b) είναι συνάρτηση:

- της παραμέτρου $C = \frac{V}{\sigma}$
- της παραμέτρου $E = \frac{\mu - B}{\sigma}$
- του τύπου της στατιστικής κατανομής των εισροών και της αυτοσυσχέτισης των τελευταίων,

όπου: V ο ωφέλιμος όγκος του Ταμιευτήρα

B η ρυθμισμένη παροχή απόληψης

μ η μέση τιμή των καθαρών εισροών

σ η τυπική απόκλιση των καθαρών εισροών

Ο ωφέλιμος όγκος του Ταμιευτήρα είναι $V_b = 640 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Ένα ποσοστό του όγκου αυτού διατίθεται για την ετήσια εξίσωση και το υπόλοιπο για την υπερετήσια. Από το υπόλοιπο της μέχρι τώρα λειτουργίας του Ταμιευτήρα, συνάχεται ότι ο όγκος που χρειάζεται για την ετήσια εξίσωση είναι περίπου ίσος με το 50% της πραγματικής παροχής απόληψης. Συνεπώς ο όγκος που διατίθεται για υπερετήσια εξίσωση, που στην πραγματικότητα και χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς της παρακάτω μεθόδου, είναι: $V = V_b - 0,5B$

Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση των καθαρών εισροών θεωρούνται κατ' αρχήν ίσες με τις αντίστοιχες δειγματικές τιμές (δείγμα Β), ήτοι $322 \cdot 10^6$ και $133 \cdot 10^6$ m^3 ανά έτος. Με βάση τις τιμές αυτές, στον πίνακα 11 γίνονται οι σχετικοί υπολογισμοί για διάφορες τιμές της απόληψης. Στους υπολογισμούς αυτούς χρησιμοποιείται σαν βάση το διάγραμμα του Pegram, που δίνει την παράμετρο m_{∞} , με την υπόθεση ότι οι ετήσιες εισροές είναι ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές με κανονική κατανομή (δυστυχώς δεν διατίθεται διάγραμμα για τη λογαριθμοκανονική κατανομή, αλλά πάντως η απόκλιση δεν πρέπει να είναι μεγάλη).

Τα αποτελέσματα φαίνονται παραστατικά στο διάγραμμα 3.

Λόγω της μείζονος σημασίας του έργου είναι επιτακτικό να επιλέξουμε μια αρκετά μεγάλη περίοδο εκκένωσης. Θα θεωρήσουμε ικανοποιητική την περίοδο των 25 ετών, που αντιστοιχεί σε πιθανότητα εκκένωσης 4%. Για αυτή την περίοδο, η ρυθμιζόμενη παροχή μπορεί να καθοριστεί στο 90% της μέσης καθαρής εισροής όπου το υπόλοιπο 10% αντιστοιχεί στις υπερχειλίσεις.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 11

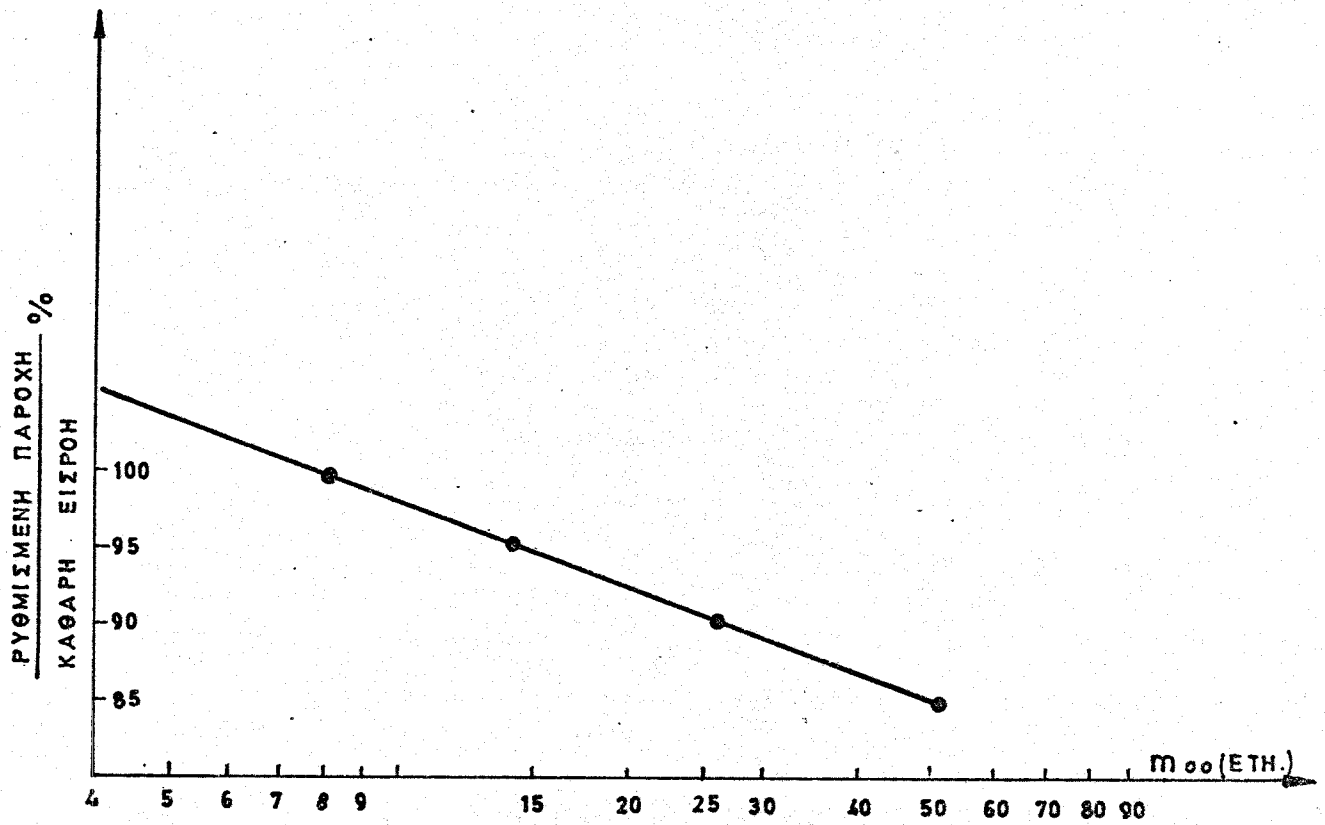
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΜΕΣΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

Όγκοι σε εκατομμύρια M^3

ΠΟΣΟΣΤΟ ΡΥΘΜΙΣΜΕΝΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ *	ΡΥΘΜΙΣΜΕΝΗ ΠΑΡΟΧΗ **	ΟΓΚΟΣ ΥΠΕΡΕΤΗΣΙΑΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ $V=V_0-0,5B$	ΑΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ		ΜΕΣΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ m_{∞} (έτη)
			$C = V/\sigma$	$\varepsilon = (\mu - B) / \sigma$	
100	322	479	3,60	0	8
95	306	487	3,66	0,12	14
90	290	495	3,72	0,24	25
85	274	503	3,78	0,36	50

(*) : Ποσοστό της ρυθμιζόμενης παροχής προς την μέση απολήψιμη εισροή.

(**) : Πραγματική δυνατότητα απόληψης.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3

Μέσος χρόνος εκκένωσης του ταμειυτήρα
συναρτήσει του ποσοστού της ρυθμισμένης
παροχής προς την μέση αποθήκευση εισροή

5. Σ Υ Μ Π Ε Ρ Α Σ Μ Α Τ Α

Η αναμενόμενη καθαρή εισροή στον Ταμιευτήρα Μόρνου εκτιμάται προσεγγιστικά κατά μέσο όρο σε 320 εκατομμύρια $M^{\$}$ περίπου. Οι διάφορες αβεβαιότητες και η κακή ποιότητα ορισμένων δεδομένων επιβάλλουν πάντως μία συντηρητικότερη εκτίμηση και σαν τέτοια μπορεί να θεωρηθεί το κάτω όριο της μέσης τιμής για βαθμό εμπιστοσύνης 80% (δηλαδή 90% για το κάτω όριο) που εκτιμήθηκε σε $295 \cdot 10^6 M^{\$}/\text{έτος}$.

Η ρυθμισμένη παροχή απόληψης (πραγματική δυνατότητα απόληψης), για ανεκτή μέση περίοδο εκκένωσης 25 χρόνων εκτιμήθηκε στο 90% της εισρέουσας παροχής δηλαδή σε

$$90\% \cdot 295 \cdot 10^6 = 265 \cdot 10^6 M^{\$}/\text{έτος}$$

Αθήνα Μάρτιος 1988

