



**Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

**Ενότητα 7: Υδρομετρία – Μέτρηση Απορροών:
Ασκήσεις**

Καθ. Αθανάσιος Λουκάς

Εργαστήριο Υδρολογίας και Ανάλυσης Υδατικών Συστημάτων

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Πολυτεχνική Σχολή

Εκτίμηση Παροχής Ποταμού

Μετρήσεις στάθμης – παροχής

Παράδειγμα 1:

Σε υδρομετρικό σταθμό έχουν γίνει συστηματικές μετρήσεις στάθμης και παροχής ποταμού που φαίνονται στον Πίνακα, για διάρκεια που δεν υπήρχαν ουσιαστικές μεταβολές στη γεωμετρία και τα χαρακτηριστικά της διατομής. Με βάση τις μετρήσεις αυτές να καταρτιστεί η καμπύλη στάθμης παροχής του ποταμού για την υπόψη περίοδο. Χρησιμοποιώντας την καμπύλη στάθμης παροχής για τον εν λόγω σταθμό να εκτιμηθεί η παροχή του ποταμού, όταν η στάθμη του φθάσει τα 11 μέτρα.

A/A	Ημερομηνία	Στάθμη (m)	Παροχή (m ³ /s)
1	20/03/1974	7.80	804.24
2	29/04/1974	6.84	612.36
3	27/05/1974	6.12	504.24
4	23/06/1974	5.52	444.84
5	20/07/1974	4.68	343.74
6	25/08/1974	4.44	333.84
7	20/09/1974	4.80	362.76
8	15/10/1974	5.30	383.75
9	13/11/1974	6.40	546.76
10	29/11/1974	7.32	699.58
11	23/12/1974	7.75	781.08
12	12/01/1975	8.63	984.84
13	30/01/1975	9.00	1086.72
14	27/02/1975	9.29	1181.81
15	04/03/1975	9.66	1317.65
16	10/03/1975	10.16	1555.25
17	28/04/1975	6.24	528.24
18	17/05/1975	6.10	490.20
19	18/06/1975	4.50	350.00



Εκτίμηση Παροχής Ποταμού

Διαδικασία υπολογισμού καμπύλης στάθμης – παροχής

Παράδειγμα 1: Λύση

- Η παροχή συνδέεται με τη στάθμη με μια γενικότερη σχέση της μορφής $Q = A(h-h_0)^n$, συνεπώς οι λογάριθμοι των Q και h , συνδέονται με γραμμική σχέση.
- Η σχέση αυτή θα υπολογιστεί με γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ των λογαρίθμων της παροχής (y) και της στάθμης (x), που δίνει τελικά την εξίσωση:
 $y = 3.022 + 1.802 * x$ ή αλλιώς:

$$Q = 20.53 * h^{1.802}$$

- Για $h=11m$, προκύπτει από την παραπάνω καμπύλη:

$$Q=1545.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

A/A	Ημερομηνία	Στάθμη (m)	Παροχή (m ³ /s)	ln (H)	ln (Q)
1	20/03/1974	7.80	804.24	2.054	6.690
2	29/04/1974	6.84	612.36	1.923	6.417
3	27/05/1974	6.12	504.24	1.812	6.223
4	23/06/1974	5.52	444.84	1.708	6.098
5	20/07/1974	4.68	343.74	1.543	5.840
6	25/08/1974	4.44	333.84	1.491	5.811
7	20/09/1974	4.80	362.76	1.569	5.894
8	15/10/1974	5.30	383.75	1.668	5.950
9	13/11/1974	6.40	546.76	1.856	6.304
10	29/11/1974	7.32	699.58	1.991	6.550
11	23/12/1974	7.75	781.08	2.048	6.661
12	12/01/1975	8.63	984.84	2.155	6.892
13	30/01/1975	9.00	1086.72	2.197	6.991
14	27/02/1975	9.29	1181.81	2.229	7.075
15	04/03/1975	9.66	1317.65	2.268	7.184
16	10/03/1975	10.16	1555.25	2.318	7.349
17	28/04/1975	6.24	528.24	1.831	6.270
18	17/05/1975	6.10	490.20	1.808	6.195
19	18/06/1975	4.50	350.00	1.504	5.858



Παράδειγμα Στάθμης – Παροχής (*)

Σε υδρομετρικό σταθμό έχουν γίνει συστηματικές μετρήσεις στάθμης και παροχής ποταμού που φαίνονται στον Πίνακα 5.6, για διάρκεια που δεν υπήρχαν ουσιαστικές μεταβολές στη γεωμετρία και τα χαρακτηριστικά της διατομής. Με βάση τις μετρήσεις αυτές να καταρτιστεί η καμπύλη στάθμης παροχής του ποταμού για την υπόψη περίοδο. Χρησιμοποιώντας την καμπύλη στάθμης παροχής για τον εν λόγω σταθμό, καθώς και τα δεδομένα των μετρήσεων παροχής και τις μέσες ημερήσιες στάθμες για μία περίοδο που φαίνεται στον Πίνακα 5.7, να εκτιμηθεί η σειρά των μέσων ημερήσιων παροχών του σταθμού για την παραπάνω περίοδο.

(*) Μιμίκου, Μ.Α. και Ε.Α. Μπαλτάς. «Τεχνική Υδρολογία», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 5^η Έκδοση, 2012.



Παράδειγμα Στάθμης - Παροχής

Πίνακας 5.6 Μετρήσεις στάθμης – παροχής.

A/A	Ημερομηνία	Στάθμη (m)	Παροχή (m ³ /s)
1	20-3-84	6.50	670.20
2	29-4-84	5.70	510.30
3	27-5-84	5.10	420.20
4	23-6-84	4.60	370.70
5	20-7-84	3.90	286.45
6	25-8-84	3.70	278.20
7	20-9-84	4.00	302.30
8	15-10-84	4.42	319.79
9	13-11-84	5.33	455.63
10	29-11-84	6.10	582.98
11	23-12-84	6.46	650.90
12	12-1-85	7.19	820.70
13	30-1-85	7.50	905.60
14	27-2-85	7.74	984.84
15	4-3-85	8.05	1098.04
16	10-3-85	8.47	1296.04
17	28-4-85	5.20	440.20

Πίνακας 5.7 Μετρήσεις στάθμης.

A/A	Ημερομηνία	Στάθμη (m)
1	27-2-85	7.85
2	28-2-85	7.89
3	1-3-85	7.94
4	2-3-85	7.99
5	3-3-85	8.06
6	4-3-85	8.09
7	5-3-85	8.16
8	6-3-85	8.23
9	7-3-85	8.29
10	8-3-85	8.32
11	9-3-85	8.38
12	10-3-85	8.41



Παράδειγμα Στάθμης – Παροχής : Λύση

Κατάρτιση σχέσης στάθμης – παροχής

Για την κατάρτιση της σχέσης στάθμης-παροχής από τα στοιχεία υδρομετρήσεων, απαιτείται αρχικά ο υπολογισμός των λογαρίθμων των τιμών της στάθμης και παροχής, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.8 Διαδικασία υπολογισμού καμπύλης στάθμης – παροχής.

A/A	Ημερομηνία	Στάθμη (m)	Παροχή (m ³ /s)	ln (H)	ln (Q)
1	20/3/1984	6.5	670.20	1.871802	6.507576
2	29/4/1984	5.7	510.30	1.740466	6.234999
3	27/5/1984	5.1	420.20	1.629241	6.040731
4	23/6/1984	4.6	370.70	1.526056	5.915393
5	20/7/1984	3.9	286.45	1.360977	5.657564
6	25/8/1984	3.7	278.20	1.308333	5.62834
7	20/9/1984	4	302.30	1.386294	5.71142
8	15/10/1984	4.42	319.79	1.48614	5.767665
9	13/11/1984	5.33	455.63	1.673351	6.121681
10	29/11/1984	6.1	582.98	1.808289	6.368153
11	23/12/1984	6.46	650.90	1.865629	6.478356
12	12/1/1985	7.19	820.70	1.972691	6.710158



Παράδειγμα Στάθμης – Παροχής Λύση

A/A	Ημερομηνία	Στάθμη (m)	Παροχή (m ³ /s)	ln (H)	ln (Q)
13	30/1/1985	7.5	905.60	2.014903	6.808598
14	27/2/1985	7.74	984.84	2.046402	6.892479
15	4/3/1985	8.05	1098.04	2.085672	7.001282
16	10/3/1985	8.47	1296.04	2.136531	7.167069
17	28/4/1985	5.2	440.20	1.648659	6.087229

Η παροχή συνδέεται με τη στάθμη με μια γενικότερη σχέση της μορφής $Q = A(h-h_0)^n$, συνεπώς οι λογάριθμοι των Q και h , συνδέονται με γραμμική σχέση. Η σχέση αυτή θα υπολογιστεί με γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ των λογαρίθμων της παροχής (y) και της στάθμης (x), που δίνει τελικά την εξίσωση:

$$y = 3.100 + 1.840 \cdot x \Rightarrow Q = 22.20 \cdot h^{1.840}$$



Παράδειγμα Στάθμης – Παροχής : Λύση

Εκτίμηση μέσω ημερήσιων παροχών

Η εκτίμηση των ημερήσιων παροχών θα γίνει με τη βοήθεια της καμπύλης στάθμης - παροχής. Αν δοκιμάσουμε να εφαρμόσουμε τη σχέση του προηγούμενου ερωτήματος, παρατηρούμε ότι για τις 3 ημέρες για τις οποίες υπάρχουν δεδομένα υδρομετρήσεων (27/2, 4/3 και 10/3), οι προκύπτουσες παροχές διαφέρουν από τις καταμετρημένες. Για να αποφευχθεί αυτό το φαινόμενο, εφαρμόζουμε τη διόρθωση Stout, διορθώνουμε, δηλαδή, τις καταμετρημένες στάθμες, έτσι ώστε με εφαρμογή της σχέσης στάθμης παροχής, η υπολογισμένη παροχή για τις ημέρες που υπάρχουν μετρήσεις να είναι ίδια με την καταμετρημένη, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.9 Διόρθωση Stout.

Α/Α	Δεδομένα		Υδρομέτρηση		Q _{ΕΚΤ}	h _{ΕΚΤ}	Δh	h _{διορθ}	Q _{διορθ}
	Ημερομηνία	Στάθμη	Στάθμη	Παροχή					
1	27/2/1985	7.85	7.74	984.84	983.81	7.855	-0.005	7.85	984.93
2	28/2/1985	7.89			993.06		-0.053	7.94	1005.26
3	1/3/1985	7.94			1004.67		-0.100	8.04	1028.13
4	2/3/1985	7.99			1016.34		-0.148	8.14	1051.23
5	3/3/1985	8.06			1032.78		-0.196	8.26	1079.38
6	4/3/1985	8.09	8.05	1098.04	1039.87	8.333	-0.243	8.33	1098.14
7	5/3/1985	8.16			1056.48		-0.321	8.48	1134.20
8	6/3/1985	8.23			1073.22		-0.399	8.63	1170.79



Παράδειγμα Στάθμης – Παροχής: Λύση

Α/Α	Δεδομένα		Υδρομέτρηση			$Q_{εκτ}$	$h_{εκτ}$	Δh	$h_{διορθ}$	$Q_{διορθ}$
	Ημερομηνία	Στάθμη	Στάθμη	Παροχή						
9	7/3/1985	8.29			1087.66		-0.476	8.77	1205.38	
10	8/3/1985	8.32			1094.91		-0.554	8.87	1232.75	
11	9/3/1985	8.38			1109.49		-0.631	9.01	1268.15	
12	10/3/1985	8.41	8.47	1296.04	1116.81	9.119	-0.709	9.12	1296.16	

Στη στήλη των υδρομετρήσεων, τοποθετούνται τα γνωστά σημεία στάθμης και παροχής, για τις 3 ημερομηνίες που υπάρχουν μετρήσεις. Το $Q_{εκτ}$ είναι η παροχή που προκύπτει με εφαρμογή της σχέσης στάθμης-παροχής, για τα δεδομένα της σταθμημετρίας. Το $h_{εκτ}$ είναι η στάθμη που προκύπτει από την καταμετρημένη παροχή, με αντιστροφή της σχέσης στάθμης παροχής, δηλαδή:

$$Q = 22.20h^{1.840} \Rightarrow h = e^{\frac{1}{1.840}(\ln Q - 3.1)}$$

Το Δh , είναι η διαφορά της καταμετρημένης στάθμης των δεδομένων σταθμημετρίας και του $h_{εκτ}$. Στα σημεία στα οποία δεν έχουμε τιμές του $h_{εκτ}$, το Δh προκύπτει με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των γνωστών τιμών. Το $h_{διορθ}$ προκύπτει ως διαφορά της στάθμης και του Δh (στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι τιμές είναι αρνητικές και προστίθενται). Το $Q_{διορθ}$ τέλος, προκύπτει με εφαρμογή της καμπύλης στάθμης παροχής, για στάθμη ίση με το $h_{διορθ}$. Παρατηρούμε ότι για τις τρεις ημερομηνίες για τις οποίες υπάρχουν στοιχεία παροχής, αυτή είναι σχεδόν ίση με τη διορθωμένη τιμή που υπολογίστηκε.



Βιβλιογραφία

Μιμίκου, Μ.Α. και Ε.Α. Μπαλτάς. «Τεχνική Υδρολογία», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 5^η Έκδοση, 2012.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

