

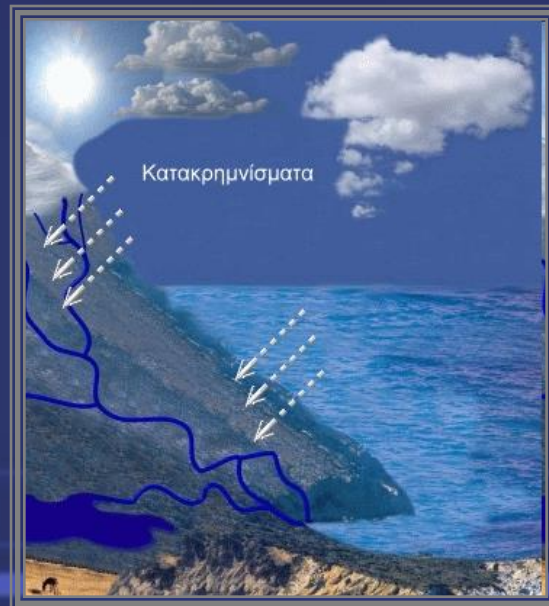


ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

Πολυτεχνική Σχολή
Τομέας Υδραυλικών Έργων
Εργαστήριο Υδρολογίας και Υδραυλικών Έργων

Τεχνική Υδρολογία (Ασκήσεις)

Κεφάλαιο 2^ο : Κατακρημνίσματα



Φώτιος Π. ΜΑΡΗΣ

Αναπλ. Καθηγητής

Παράδειγμα 2.1

- Μια λεκάνη απορροής διαθέτει δίκτυο 5 βροχογράφων, Η ετήσια βροχόπτωση που καταγράφηκε από αυτούς τους βροχογράφους, είναι:

Πίνακα 2.2 Ετήσια ύψη βροχής ανά βροχογράφο.

Βροχογράφος	1	2	3	4	5
Ετήσια βροχόπτωση (cm)	50	82	73	64	105

Υπολογίστε το βέλτιστο αριθμό βροχογράφων για αυτήν τη λεκάνη, για λάθος της τάξης του 10% στον υπολογισμό της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης.

Λύση

- Η μέση τιμή των ετήσιων βροχοπτώσεων είναι:

$$P = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m P_i = 74.8 \text{ cm}$$

- και η τυπική απόκλιση προκύπτει ίση με:

$$S = \left[\sum_{i=1}^m \frac{(x_i - \bar{x})^2}{m-1} \right]^{0.5} = 20.61 \text{ cm}$$

- Ο συντελεστής C_u λαμβάνει την τιμή:

$$C_u = \frac{100 \times 20.61}{74.8} = 27.55\%$$

- και ο βέλτιστος αριθμός βροχογράφων στην υπό εξέταση λεκάνη απορροής είναι:

$$N = \left(\frac{27.55}{10} \right)^2 = 7.59 \cong 8 \text{ βροχογράφοι}$$

- Συνεπώς, απαιτείται η εγκατάσταση 3 επιπλέον βροχογράφων.

Παράδειγμα 2.2

Η ετήσια βροχόπτωση του σταθμού X και η μέση βροχόπτωση 15 γειτονικών σταθμών δίνονται στον Πίνακα 2.3. Να προσδιοριστεί η ομοιογένεια των μετρήσεων του σταθμού X . Σε ποιο έτος επήλθε η αλλαγή; Να υπολογιστεί η μέση ετήσια βροχόπτωση στο σταθμό X για την περίοδο των 30 ετών χωρίς την ομοιογενοποίηση και με την ομοιογενοποίηση των τιμών.

Πίνακας 2.3 Ετήσιες βροχοπτώσεις σταθμού Χ και μέση τιμή 15 σταθμών.

Υδρολογικό έτος	Σταθμός Χ (cm)	Μέση τιμή 15 Σταθμών (cm)	Υδρολογικό έτος	Σταθμός Χ (cm)	Μέση τιμή 15 σταθμών (cm)
1950-51	47	29	1965-66	36	34
1951-52	24	21	1966-67	35	28
1952-53	42	36	1967-68	28	23
1953-54	27	26	1968-69	29	33
1954-55	25	23	1969-70	32	33
1955-56	35	30	1970-71	39	35
1956-57	29	26	1971-72	25	26
1957-58	36	26	1972-73	30	29
1958-59	37	26	1973-74	23	28
1959-60	35	28	1974-75	37	34
1960-61	58	40	1975-76	34	33
1961-62	41	26	1976-77	30	35
1962-63	34	24	1977-78	28	26
1963-64	20	22	1978-79	27	25
1964-65	26	25	1979-80	34	35

Λύση

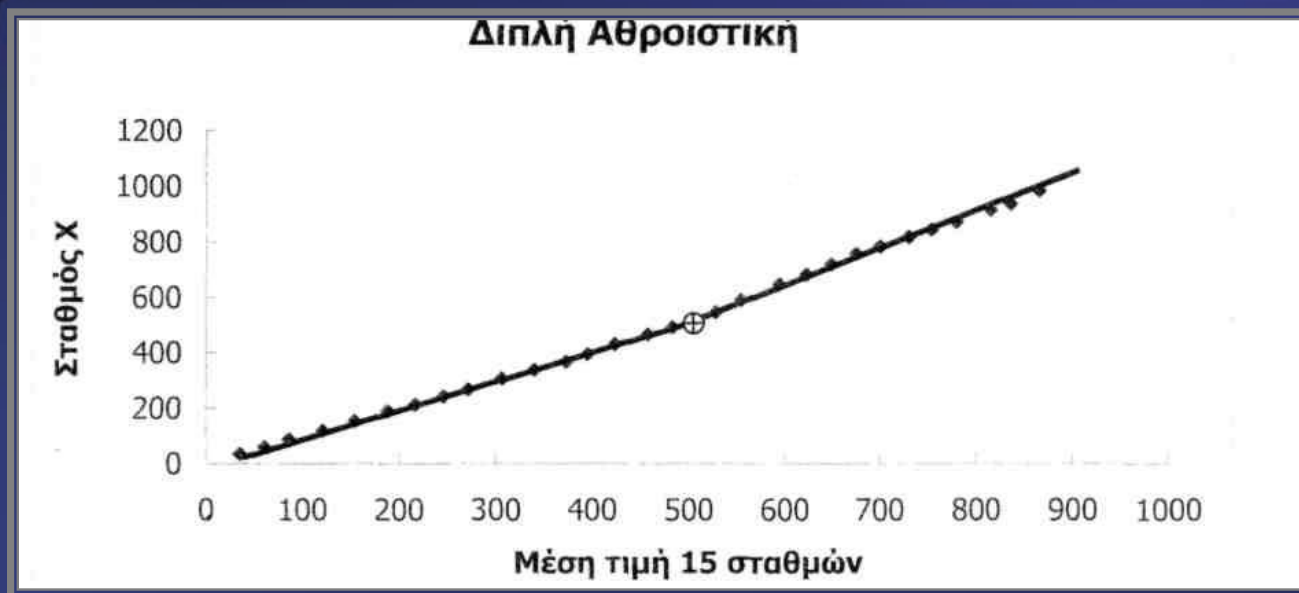
Γίνεται η παραδοχή ότι οι πιο πρόσφατα καταγεγραμμένες τιμές είναι ορθότερες από τις παλαιότερες τιμές, οι οποίες και θα διορθωθούν.

Συνεπώς, κατατάσσονται καταρχήν οι τιμές σε αντίστροφη χρονική σειρά, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.4 (στήλες 4, 5 και 6).

Πίνακας 2.4 Κατάταξη τιμών σε αντίστροφη χρονική σειρά

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Αρχικά δεδομένα			Αντίστροφη χρονική σειρά		
Έτος	Σταθμός Χ	Μέση τιμή 15 σταθμών	Έτος	Σταθμός Χ	Μέση τιμή 15 σταθμών
50-51	47	29	79-80	34	35
51-52	24	21	78-79	27	25
52-53	42	36	77-78	28	26
53-54	27	26	76-77	30	35
54-55	25	23	75-76	34	33
55-56	35	30	74-75	37	34
56-57	29	26	73-74	23	28
57-58	36	26	72-73	30	29
58-59	37	26	71-72	25	26
59-60	35	28	70-71	39	35
60-61	58	40	69-70	32	33
61-62	41	26	68-69	29	33
62-63	34	24	67-68	28	23
63-64	20	22	66-67	35	28
64-65	26	25	65-66	36	34
65-66	36	34	64-65	26	25
66-67	35	28	63-64	20	22
67-68	28	23	62-63	34	24
68-69	29	33	61-62	41	26
69-70	32	33	60-61	58	40
70-71	39	35	59-60	35	28
71-72	25	26	58-59	37	26
72-73	30	29	57-58	36	26
73-74	23	28	56-57	29	26
74-75	37	34	55-56	35	30
75-76	34	33	54-55	25	23
76-77	30	35	53-54	27	26
77-78	28	26	52-53	42	36
78-79	27	25	51-52	24	21
79-80	34	35	50-51	47	29

- Στη συνέχεια, υπολογίζονται οι αθροιστικές τιμές των δύο σταθμών στον Πίνακα 2.5 (στήλες 7 και 8) και χαράσσεται η διπλή αθροιστική καμπύλη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.6.



- Παρατηρούμε γραφικά, ότι εμφανίζεται θλάση στη διπλή αθροιστική καμπύλη, στην τιμή που αντιστοιχεί στο έτος 1963-64. Κατά συνέπεια θα διορθωθούν οι τιμές του σταθμού Χ από τα έτη 1950-51 έως τα έτη 1962-63.

Πίνακας 2.5 Κατασκευή διπλής αθροιστικής καμπύλης.

	(7)	(8)
	Αθροιστικά	
Έτος	Σταθμός Χ	Μέση τιμή 15 σταθμών
79-80	34	35
78-79	61	60
77-78	89	86
76-77	119	121
75-76	153	154
74-75	190 ·	188
73-74	213	216
72-73	243	245
71-72	268	271
70-71	307	306
69-70	339	339
68-69	368	372
67-68	396	395
66-67	431	423
65-66	467	457
64-65	493	482
63-64	513	504
62-63	547	528
61-62	588	554
60-61	646	594
59-60	681	622
58-59	718	648
57-58	754	674
56-57	783	700
55-56	818	730

	(7)	(8)
	Αθροιστικά	
Έτος	Σταθμός Χ	Μέση τιμή 15 σταθμών
54-55	843	753
53-54	870	779
52-53	912	815
51-52	936	836
50-51	983	865

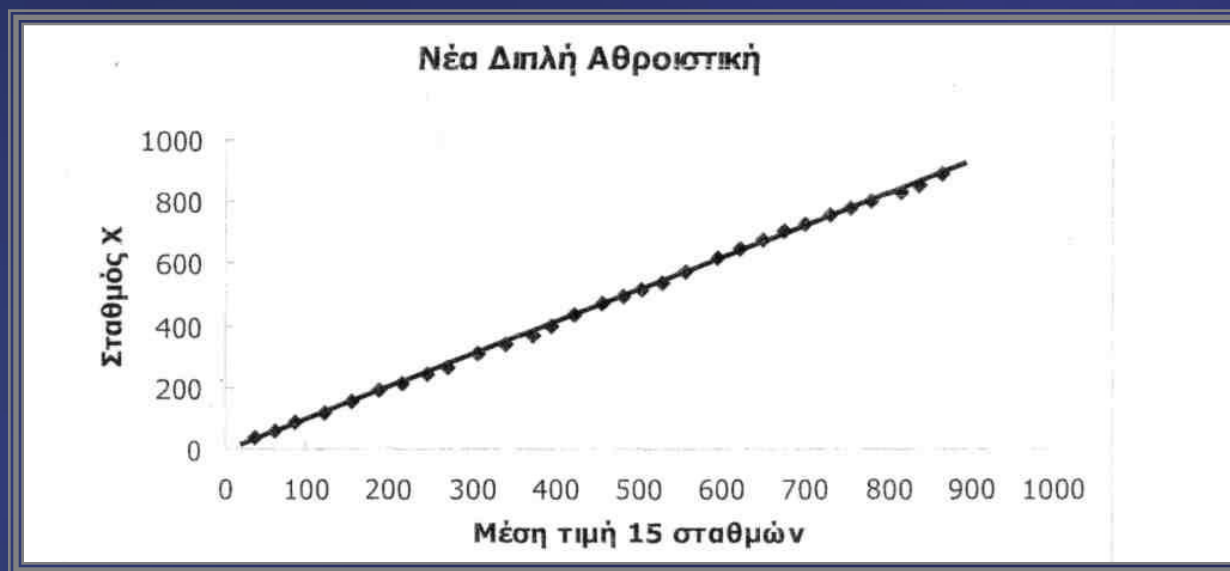
Με γραμμική συσχέτιση των στηλών 7 και 8, προκύπτει ότι η κλίση της καμπύλης για τα έτη 1979-80 ~ 1963-64 είναι $\lambda_1 = 1.0192$ και για τα έτη 1963-64 ~ 1950-51 είναι $\lambda_2 = 1.2669$. Ο λόγος των δύο κλίσεων είναι $\mu = \lambda_1 / \lambda_2 = 0.8046$. Με την τιμή αυτή θα πολλαπλασιαστούν οι τιμές της στήλης 5 από τα έτη 1950-51 έως τα έτη 1962-63, ώστε να προκύψουν οι νέες τιμές για το σταθμό Χ. Οι νέες τιμές βροχόπτωσης του σταθμού Χ δίνονται στον Πίνακα 2.6 (στήλη 9), όπου επίσης υπολογίζονται και οι νέες αθροιστικές τιμές του Σταθμού Χ (στήλη 10).

Πίνακας 2.6 Νέες αθροιστικές τιμές.

	(9)	(10)	(11)
	Νέες τιμές	Αθροιστικά	
Έτος	Σταθμός Χ	Νέες αθροιστικές Σταθμού Χ	Μέση τιμή 15 σταθμών
79-80	34	34	35
78-79	27	61	60
77-78	28	89	86
76-77	30	119	121
75-76	34	153	154
74-75	37	190	188
73-74	23	213	216
72-73	30	243	245
71-72	25	268	271
70-71	39	307	306
69-70	32	339	339
68-69	29	368	372
67-68	28	396	395
66-67	35	431	423
65-66	36	467	457
64-65	26	493	482
63-64	20	513	504
62-63	27.4	540.4	528
61-62	33.0	573.3	554
60-61	46.7	620.0	594
59-60	28.2	648.2	622
58-59	29.8	677.9	648
57-58	29.0	706.9	674
56-57	23.3	730.2	700
55-56	28.2	758.4	730
54-55	20.1	778.5	753
53-54	21.7	800.2	779
52-53	33.8	834.0	815
51-52	19.3	853.3	836
50-51	37.8	891.1	865

Αν σχεδιαστεί η νέα διπλή αθροιστική καμπύλη, με τα δεδομένα των στηλών 10 και 11 του Πίνακα 2.6, παρατηρούμε ότι αυτή έχει ενιαία κλίση.

Σχήμα 2.7 Νέα διπλή αθροιστική καμπύλη.



- Η μέση ετήσια βροχόπτωση στο σταθμό Χ πριν την ομοιογενοποίηση των τιμών ήταν 32.8 cm και μετά την ομοιογενοποίηση έγινε 29.7 cm.

Παράδειγμα 2.3

- Βροχομετρικός σταθμός X βρέθηκε εκτός λειτουργίας για ένα χρονικό διάστημα του μήνα όπου σημειώθηκε βροχή. Οι μετρήσεις της βροχής για το εν λόγω επεισόδιο που καταγράφηκαν σε τρεις παρακείμενους (παρόμοιους μετεωρολογικά) σταθμούς A , B και C ήταν 107, 89 και 122 mm. Οι ετήσιες βροχοπτώσεις στους σταθμούς X , A , B και C είναι 978, 1120, 935 και 1200 mm αντίστοιχα. Να υπολογιστεί η βροχόπτωση για το σταθμό X .

Λύση

- Τα δεδομένα της άσκησης συνοψίζονται στον Πίνακα 2.7.

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ (mm)	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ (mm)
A	107	X	978
B	89	A	1120
C	122	B	935
		C	1200

- Η βροχόπτωση στο σταθμό X μπορεί να προσδιοριστεί με τη μέθοδο των κανονικών λόγων ως εξής:

- Η βροχόπτωση στο σταθμό Χ μπορεί να προσδιοριστεί με τη μέθοδο των κανονικών λόγων ως εξής:

$$P_X = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{N_X}{N_i} P_i = \frac{1}{3} \left(\frac{N_X}{N_A} P_A + \frac{N_X}{N_B} P_B + \frac{N_X}{N_C} P_C \right) \Rightarrow$$

$$P_X = \frac{1}{3} \left(\frac{978}{1120} 107 + \frac{978}{935} 89 + \frac{978}{1200} 122 \right) \text{ mm} \Rightarrow$$

$$P_X = 95.32 \text{ mm} \cong 95 \text{ mm}$$

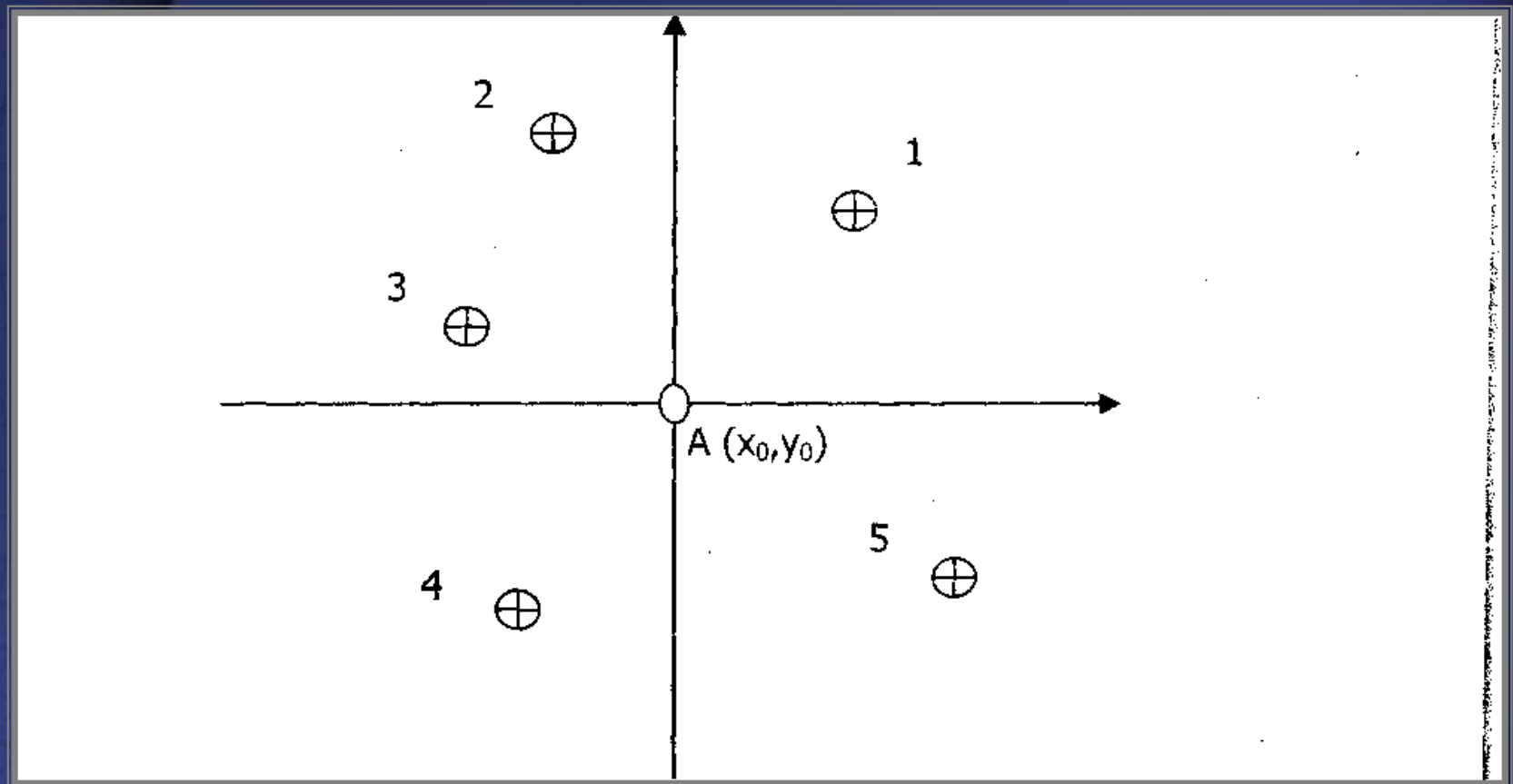
Παράδειγμα 2.4

Υπολογίστε τη βροχή στο σταθμό *A* του Σχήματος 2.8, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο αντίστροφων αποστάσεων. Στον Πίνακα 2.8 δίνονται οι τετμημένες και τεταγμένες πέντε γειτονικών σταθμών, σε σύστημα αναφοράς με αρχή των αξόνων το σημείο *A*. Στον ίδιο πίνακα δίνονται οι βροχοπτώσεις που καταγράφηκαν στους πέντε γειτονικούς σταθμούς.

Πίνακας 2.8 Τετμημένες και τεταγμένες γειτονικών σταθμών.

Σταθμός	$X_i - X_0$ (km)	$Y_i - Y_0$ (km)	Βροχή (cm)
1	1.2	0.9	2.5
2	0.5	1.1	3.4
3	0.8	0.3	1.5
4	0.5	1.2	2.2
5	1.1	0.8	1.8

Σχήμα 2.8 Διάταξη βροχομετρικών σταθμών.



Λύση

- Σύμφωνα με τη μέθοδο των αντίστροφων αποστάσεων, η βροχόπτωση στο σταθμό A , δίνεται από τη σχέση:

$$Pa = \sum (Pi \times Wi)$$

- όπου P_i το ύψος βροχόπτωσης σε κάθε γειτονικό σταθμό και w_i ο συντελεστής συμμετοχής του σταθμού, που δίνεται ως συνάρτηση της απόστασης του d_i από το σταθμό A , από τη σχέση:

$$w_i = \frac{\frac{1}{d_i^2}}{\sum_{j=1}^k \frac{1}{d_j^2}}$$

που $k = 5$. Τα γινόμενα $P_i \cdot w_i$ υπολογίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2.9 Διαδικασία μεθόδου αντίστροφων αποστάσεων.

Σταθμός	$P_i(\text{cm})$	$x_i - x_0(\text{km})$	$y_i - y_0(\text{km})$	$d_i^2(\text{km})$	$d_i^{-2}(\text{km})$	w_i	$P_i \cdot w_i(\text{cm})$
1	2,5	1,2	0,9	2,25	0,44	0,12	0,3
2	3,4	0,5	1,1	1,46	0,19	0,19	0,65
3	1,5	0,8	0,3	0,73	0,38	0,38	0,57
4	2,2	0,5	1,2	1,69	0,16	0,16	0,35
5	1,8	1,1	0,8	1,85	0,15	0,15	0,27

και το ζητούμενο ύψος βροχής θα είναι:

$$P_a = \sum(P_i \cdot w_i) = 2.14 \text{ cm}$$

Παράδειγμα 2.5

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα ετήσια ύψη βροχής δύο σταθμών σε mm για τη χρονική περίοδο 1970-71 μέχρι 1989-90 με ελλείψεις σε μερικά χρόνια λόγω προβλημάτων σε έναν από τους δύο σταθμούς. Ζητείται η συμπλήρωση των ελλείψεων στο σταθμό 2 με την εφαρμογή της στατιστικής μεθόδου της απλής γραμμικής παλινδρόμησης.

Πίνακας 2.10 Ετήσια ύψη βροχής σταθμών.

Υδρολογικό έτος	Σταθμός 1	Σταθμός 2
1970-71	1147.5	1372.9
1971-72	1322.4	1507.7
1972-73	1083.4	-
1973-74	1294.9	1485.3
1974-75	1252.5	1587.2
1975-76	1093.0	1377.2
1976-77	1180.5	1847.8
1977-78	979.5	1468.3

Υδρολογικό έτος	Σταθμός 1	Σταθμός 2
1978-79	1092.7	-
1979-80	963.6	1085.8
1980-81	1095.6	1208.3
1981-82	1301.8	-
1982-83	1327.3	1445.1
1983-84	1169.8	1671.3
1984-85	1328.8	1486.4
1985-86	944.9	-
1986-87	1130.6	1573.7
1987-88	978.4	1191.2
1988-89	1161.7	1549.8
1989-90	933.5	1229.1

Λύση

Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ των υψών βροχής των δύο σταθμών (μη λαμβάνοντας υπόψη τις χρονιές για τις οποίες δεν υπάρχουν στοιχεία για το Σταθμό 2), δίνει την ευθεία:

$$y = 0.8224x + 499.2$$

με συντελεστή γραμμικής συσχέτισης $r = 0.566$.

Η συμπλήρωση των ζητούμενων τιμών γίνεται με εφαρμογή της τελευταίας σχέσης για τις αντίστοιχες τιμές του x . Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 2.11 Συμπλήρωση τιμών με γραμμική παλινδρόμηση.

Υδρολογικό έτος	Σταθμός 1 (x)	Σταθμός 2	Σταθμός 2 (y)
1970-71	1147.5	1372.9	
1971-72	1322.4	1507.7	
1972-73	1083.4	-	1390.2
1973-74	1294.9	1485.3	
1974-75	1252.5	1587.2	
1975-76	1093.0	1377.2	
1976-77	1180.5	1847.8	
1977-78	979.5	1468.3	
1978-79	1092.7	-	1397.9

Υδρολογικό έτος	Σταθμός 1 (x)	Σταθμός 2	Σταθμός 2 (y)
1979-80	963.6	1085.8	
1980-81	1095.6	1208.3	
1981-82	1301.8	-	1569.9
1982-83	1327.3	1445.1	
1983-84	1159.8	1671.3	
1984-85	1328.8	1486.4	
1985-86	944.9	-	1276.3
1986-87	1130.6	1573.7	
1987-88	978.4	1191.2	
1988-89	1161.7	1549.8	
1989-90	933.5	1229.1	

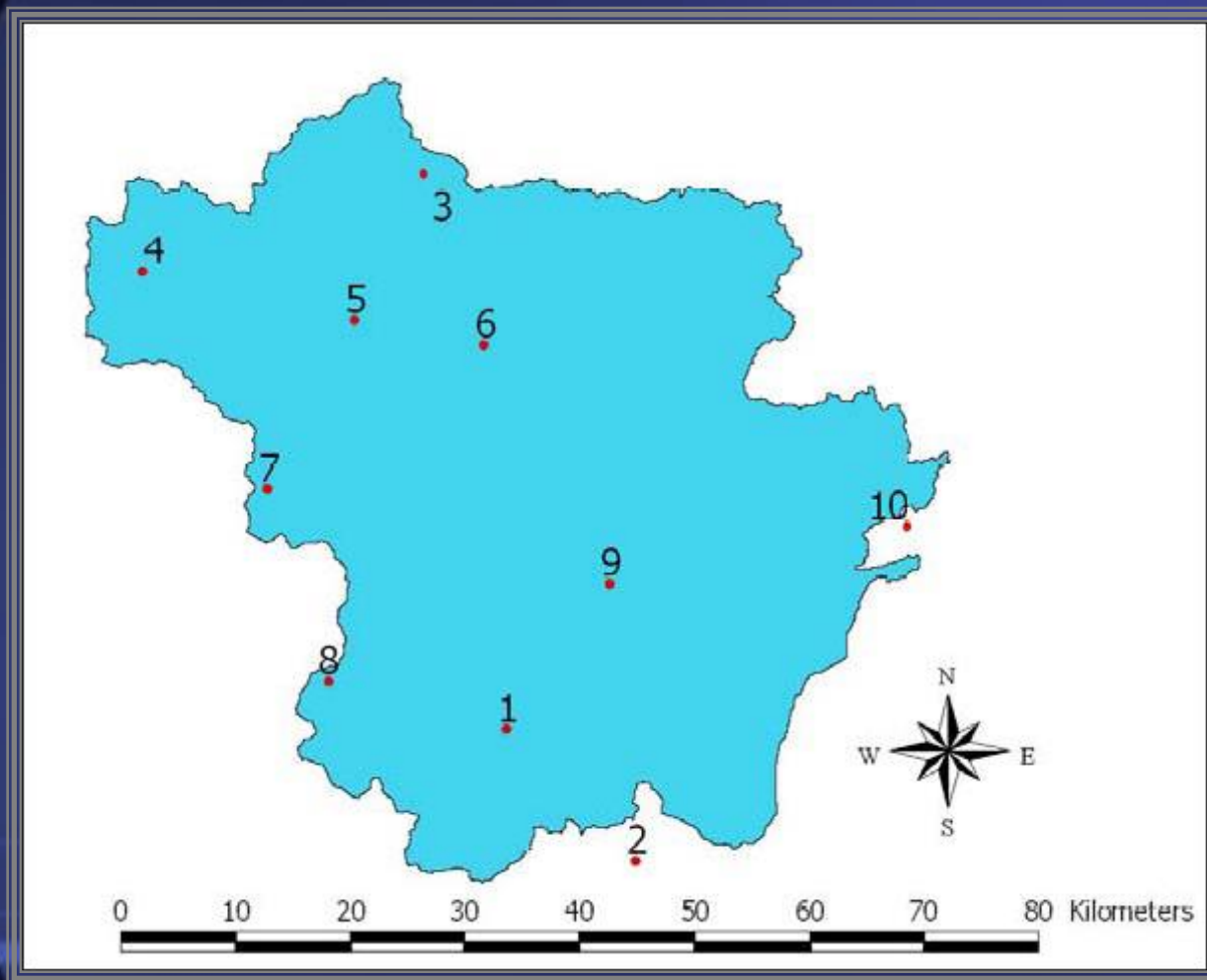
Παράδειγμα 2.6

Στον Πίνακα 2.12 δίνονται τα μηνιαία δεδομένα βροχής και τα αντίστοιχα υψόμετρα για δέκα βροχομετρικούς σταθμούς μιας υπολεκάνης του ποταμού Πηνειού στη Θεσσαλία, που φαίνεται Σχήμα 2.11. Να υπολογιστεί η μέση επιφανειακή βροχόπτωση με τη μέθοδο του αριθμητικού μέσου, Thiessen και ισοϋέτιων. Επιπλέον να γίνει αναγωγή της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης που υπολογίστηκε με τη μέθοδο Thiessen, στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης. Δίνεται η έκταση της λεκάνης ίση με 2940 km^2 και το μέσο υψόμετρο της λεκάνης ίσο με 532 m .

Πίνακας 2.12 Υψόμετρο και μηνιαία βροχόπτωση σταθμών.

α/α	Σταθμός	Υψόμετρο (m)	Βροχόπτωση (mm)
1	ΜΟΥΖΑΚΙ	226	74
2	ΤΑΥΡΩΠΟΣ	220	73
3	ΑΓΙΟΦΥΛΛΟ	581	92
4	ΜΑΛΑΚΑΣΙΟ	842	101
5	ΜΕΓΑΛΗ ΚΕΡΑΣΙΑ	500	83
6	ΜΕΤΕΩΡΑ	596	87
7	ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΙ	1050	110
8	ΣΤΟΥΡΝΑΡΕΪΚΑ	860	103
9	ΤΡΙΚΑΛΑ	116	82
10	ΦΑΡΚΑΔΩΝΑ	87	70

Σχήμα 2.11 Θέσεις σταθμών στη λεκάνη.



Λύση

α) Μέθοδος αριθμητικού μέσου

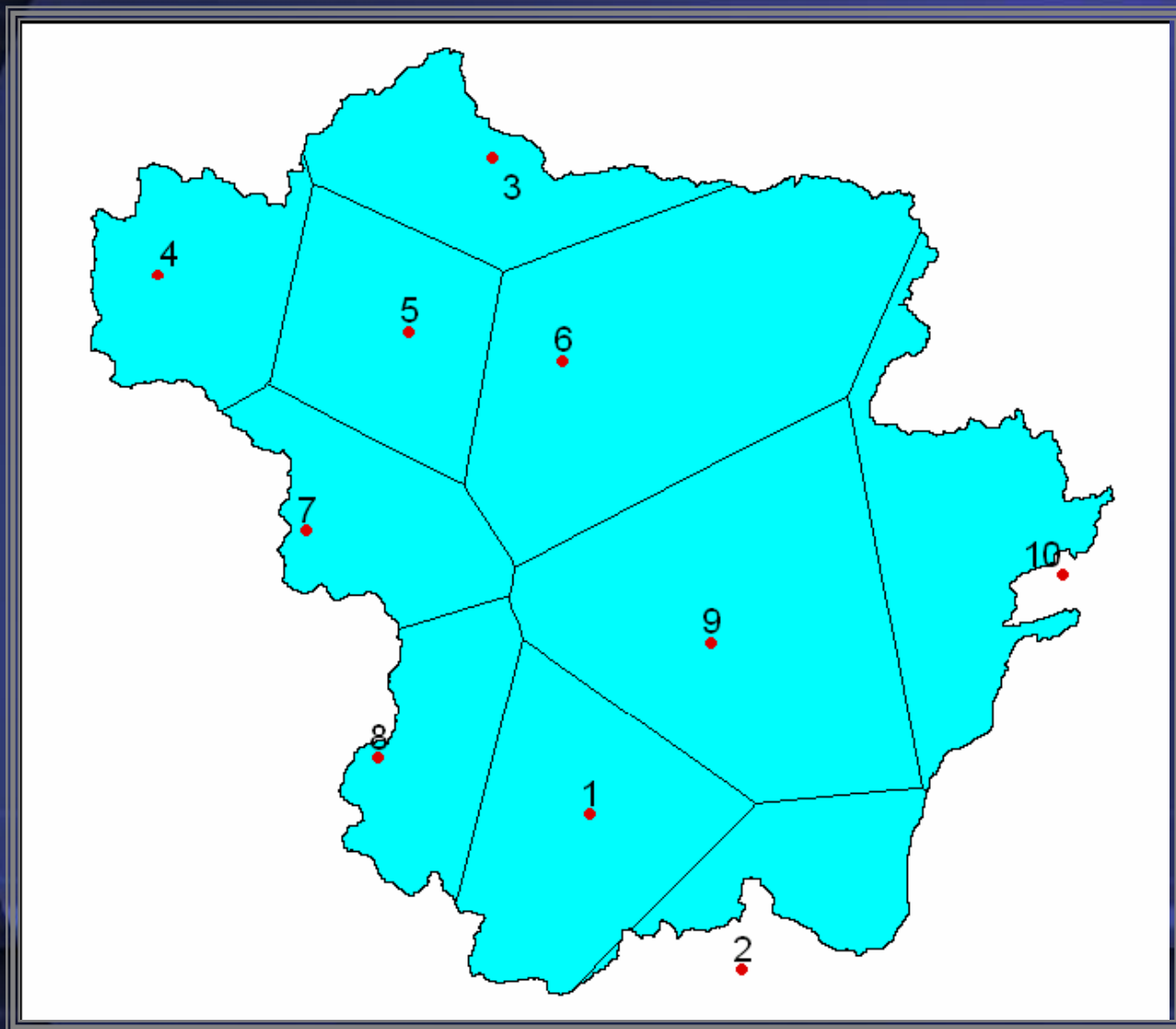
Η μέθοδος του αριθμητικού μέσου δίνει επιφανειακό ύψος βροχής, ίσο με το μέσο όρο των σημειακών βροχοπτώσεων των 10 σταθμών:

$$P = (74 + 73 + 92 + 101 + 83 + 87 + 110 + 103 + 82 + 70) / 10 = 88 \text{ mm}$$

β) Μέθοδος Thiessen

- Η σχεδίαση των πολυγώνων Thiessen γίνεται με χάραξη των μεσοκαθέτων στα ευθύγραμμα τμήματα που ενώνουν τους σταθμούς ανά δύο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.12. Να σημειωθεί ότι τα πολύγωνα Thiessen ορίζονται κατά μοναδικό τρόπο σε ένα συγκεκριμένο δίκτυο βροχογράφων λεκάνης απορροής
- Η διαδικασία υπολογισμού της επιφανειακής βροχόπτωσης με τη μέθοδο Thiessen συνοψίζεται στον πίνακα που ακολουθεί. Σε αυτόν, το ποσοστό w που αντιστοιχεί σε κάθε σταθμό, προκύπτει ως πηλίκο της έκτασης του πολυγώνου Thiessen προς τη συνολική έκταση της λεκάνης απορροής.

Σχήμα 2.12 Χάραξη πολυγώνων Thiessen.



Πίνακας 2.13 Διαδικασία μεθόδου Thiessen.

Σταθμός	Έκταση (km ²)	Ποσοστό w	Βροχόπτωσ η P (mm)	w x P
1	316	0.107	74	7.955
2	153	0.052	73	3.800
3	216	0.073	92	6.760
4	212	0.072	101	7.270
5	238	0.081	83	6.720
6	582	0.198	87	17.225

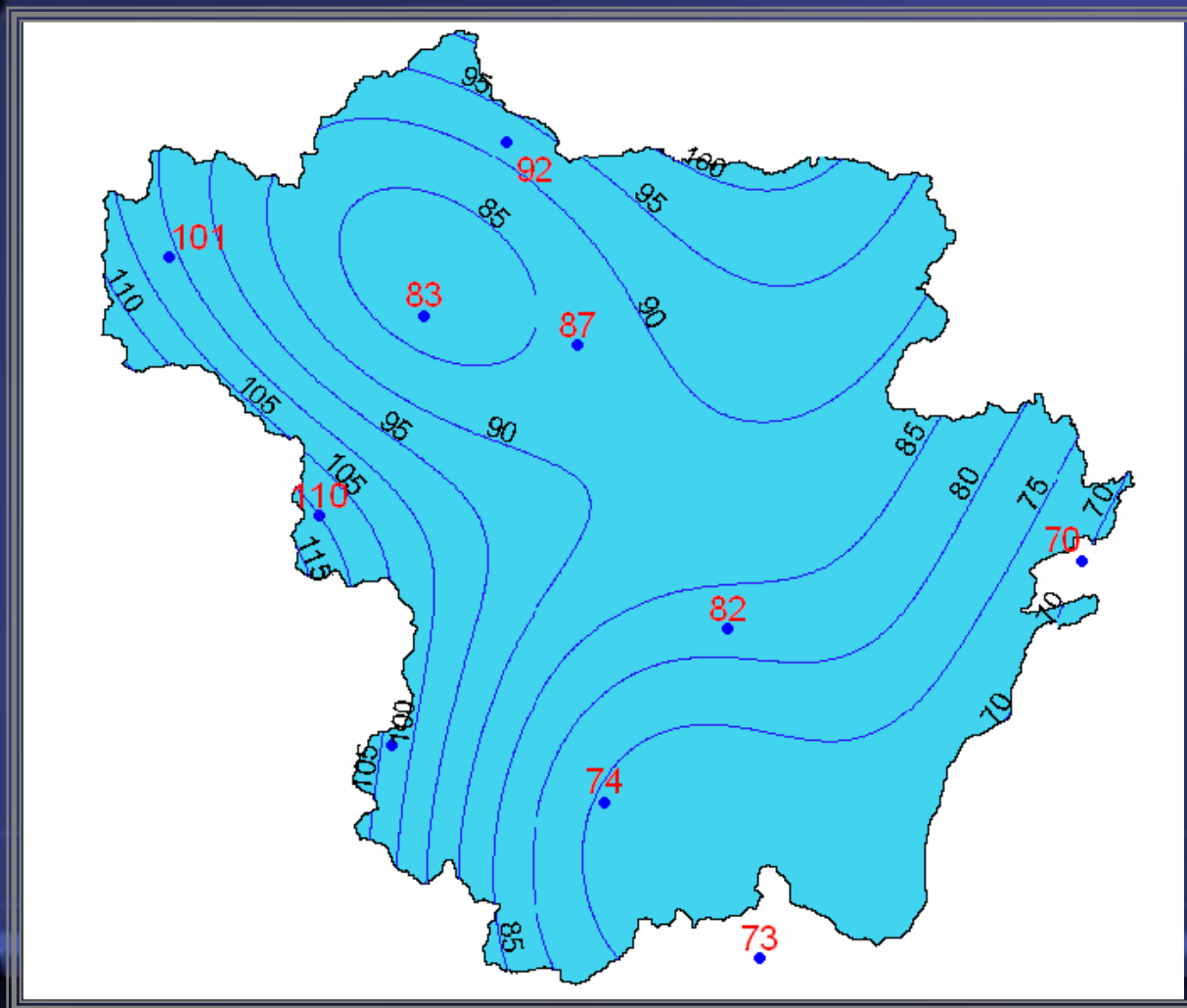
Η επιφανειακή βροχόπτωση κατά Thiessen, προκύπτει ίση με 86 mm.

Σταθμός	Έκταση (km ²)	Ποσοστό w	Βροχό- πτωση P(mm)	W*P
7	194	0.066	110	7.260
8	177	0.060	103	6.202
9	550	0.187	82	15.342
10	302	0.103	70	7.191
Σύνολο	2940	1		86

γ) Μέθοδος Ισοϋέτιων

- Στο Σχήμα 2.13 έχουν χαραχθεί οι ισοϋέτιες με βήμα 5 mm. Σχηματίζονται συνολικά 10 διαστήματα τιμών.
- Η χάραξη των ισοϋέτιων, δεν γίνεται κατά μοναδικό τρόπο, όπως στη μέθοδο Thiessen, αλλά εξαρτάται από τη μέθοδο παρεμβολής των ισοϋέτιων καμπυλών που επιλέγεται. Ο πιο απλός τρόπος είναι η γραφική χάραξη των καμπυλών, στην οποία υπεισέρχεται η κρίση του μελετητή, ενώ στα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος αντίστροφων αποστάσεων ή του πλησιέστερου γείτονα
- Στον Πίνακα 2.14 δίνεται η διαδικασία υπολογισμού της επιφανειακής βροχόπτωσης με τη μέθοδο των ισοϋέτιων.

Σχήμα 2.13 Χάραξη ισοϋέτιων καμπυλών



Πίνακας 2.14 Διαδικασία μεθόδου ισουέτιων καμπυλών

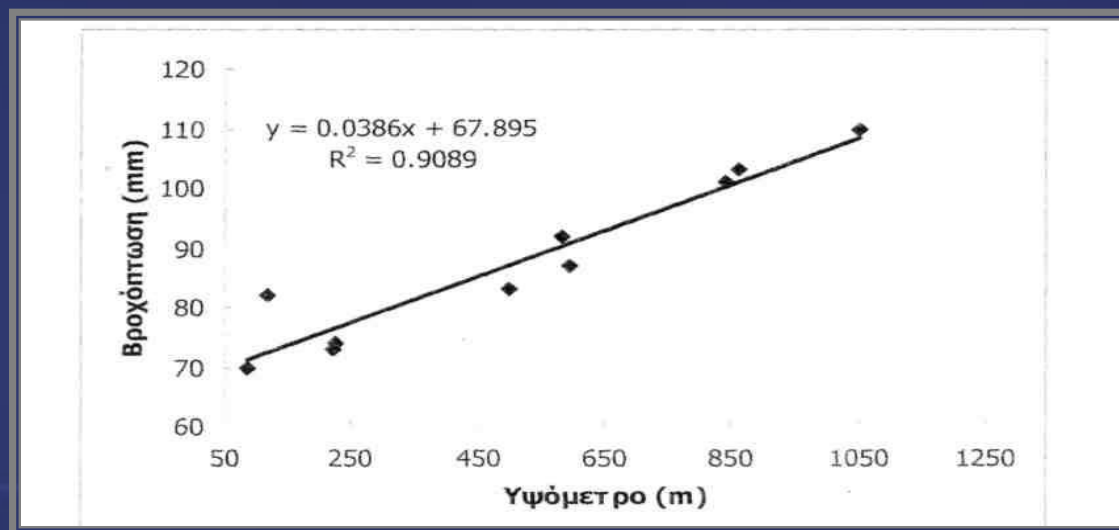
Διάστημα τιμών {mm}	Έκταση (km ²)	Ποσοστό w	Βροχόπτωση P (mm)	W*P
65-70	8	0.003	67.5	0.180
70-75	444	0.151	72.5	10.960
75-80	295	0.100	77.5	7.783
80-85	405	0.138	82.5	11.370
85-90	729	0.248	87.5	21.688
90-95	506	0.172	92.5	15.911
95-100	327	0.111	97.5	10.833
100-105	149	0.051	102.1	5.179
105-110	55	0.019	107.5	2.010
110-115	22	0.007	112.5	0.841
Σύνολο	2940	1		87

Η επιφανειακή βροχόπτωση με τη μέθοδο των ισουέτιων καμπυλών, προκύπτει ίση με 87 mm.

δ) Αναγωγή στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης

- Το επιφανειακό ύψος βροχής που υπολογίστηκε με τη μέθοδο Thiessen, δε λαμβάνει υπόψη το πραγματικό μέσο υψόμετρο της λεκάνης, αλλά το υψόμετρο των σταθμών. Συνεπώς, σε μια λεκάνη απορροής που οι περισσότεροι σταθμοί έχουν εγκατασταθεί στα πεδινά, η μέθοδος Thiessen υποεκτιμά την πραγματική επιφανειακή βροχόπτωση και αντίστροφα. Για το λόγο αυτό, απαιτείται η διόρθωση της επιφανειακής βροχόπτωσης που προκύπτει από τη μέθοδο Thiessen με βάση το πραγματικό μέσο υψόμετρο της λεκάνης, το οποίο εδώ δίνεται ίσο με 532 m. Η διόρθωση προϋποθέτει την εκτίμηση της βροχοβαθμίδας και της διαφοράς του μέσου σταθμισμένου υψομέτρου των σταθμών (που χρησιμοποιεί η μέθοδος Thiessen) από το πραγματικό μέσο υψόμετρο της λεκάνης.

- Για την εύρεση της μηνιαίας βροχοβαθμίδας, συσχετίζεται γραμμικά η βροχόπτωση των σταθμών και το υψόμετρο τους, σύμφωνα με το Σχήμα 2.14.
- Η κλίση της ευθείας που σχηματίζεται ($\lambda=0.039$) είναι η μηνιαία βροχοβαθμίδα, δίνει δηλαδή, την αύξηση του μηνιαίου ύψους βροχόπτωσης με το υψόμετρο. Συνήθως η βροχοβαθμίδα εκφράζεται σε γιγπι ύψους βροχής ανά 100 μέτρα μεταβολής του υψομέτρου, δηλαδή, εδώ είναι Ίση με 3.86.



Σχήμα 2.14 Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ βροχόπτωσης και υψομέτρου.

Το μέσο σταθμισμένο υψόμετρο των σταθμών μπορεί να προκύψει χρησιμοποιώντας τους συντελεστές Thiessen που υπολογίστηκαν στο προηγούμενο βήμα, σύμφωνα με τη διαδικασία του Πίνακα 2.15.

Πίνακας 2.15 Υπολογισμός του σταθμισμένου υψομέτρου των σταθμών.

Σταθμός	Ποσοστό Thiessen w	Υψόμετρο H (m)	W*H
1	0.107	226	24.29
2	0.052	220	11.45
3	0.073	581	42.69
4	0.072	842	60.61
5	0.081	500	40.48
6	0.198	596	118.00
7	0.066	1050	69.30
8	0.060	860	51.78
9	0.187	116	21.70
10	0.103	87	8.94
Σύνολο	1		449

Το ανηγμένο επιφανειακό ύψος βροχής δίνεται από την εξίσωση:

$$\bar{P}_t = P_t + \lambda \cdot \Delta h$$

όπου:

$P_t = 86 \text{ mm}$ η βροχόπτωση που προέκυψε από τη μέθοδο Thiessen,
 $\lambda = 0.039 \text{ (mm/m)}$ η βροχοβαθμίδα και

$$\Delta h = H_{\text{KB επιφάνειας}} - H_{\text{σταθμισμένο, σταθμών}} = 532 - 449 = 83 \text{ m}$$

Με αντικατάσταση των τιμών προκύπτει ότι το ανηγμένο επιφανειακό ύψος βροχής είναι ίσο με:

$$\bar{P}_t = 86 + 0.039 \cdot 83 = 89.24 \text{ mm} \approx 89 \text{ mm}$$

διαφοροποιείται δηλαδή, κατά 3 mm περίπου από αυτό που προέκυψε αρχικά με τη μέθοδο Thiessen.