

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΛΕΚΑΝΗΣ ΠΟΤΑΜΟΥ ΝΕΣΤΟΥ

Ι. Μποσκίδης, Γ. Γκίκας, Β. Πισινάρας, Γ. Συλαίος, Χ. Πεταλάς,
Α. Γκεμιτζή, Κ. Μουτσόπουλος, Χ. Ακράτος, Β.Α. Τσιχριντζής

Εργαστήριο Οικολογικής Μηχανικής & Τεχνολογίας
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Πολυτεχνική Σχολή
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
67100 Ξάνθη

Τηλ./Fax: 25410-79393

E-mail: tsihrin@otenet.gr

<http://www.env.duth.gr/eet>

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ
- ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
- ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ
- ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ
- ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ
- ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΟΡΕΙΑ

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



Έκταση λεκάνης απορροής: 2,000 km²

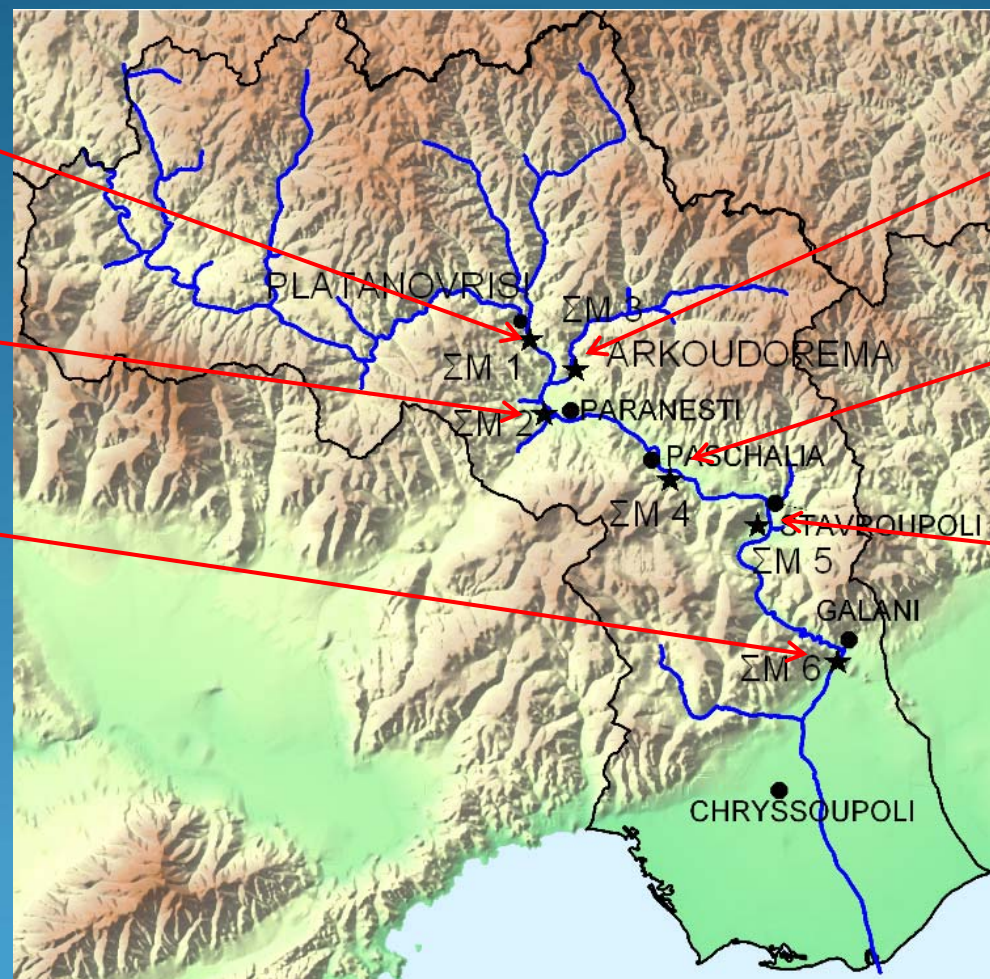
Μήκος ποταμού: 130 km

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΣΜ 1: Μετά το φράγμα
Πλατανόβρυσης

ΣΜ 2: Στη γέφυρα
Παρανεστίου

ΣΜ 6: Κοντά στο χωριό
Γαλάνη



ΣΜ 3: Στον
παραπόταμο
Αρκουδόρεμα

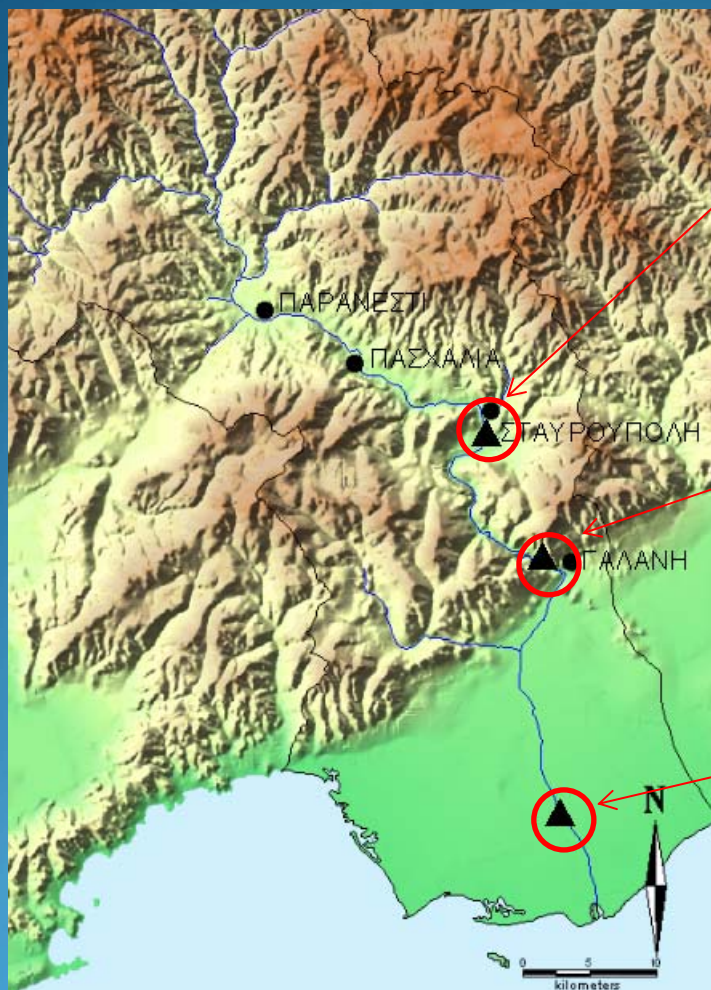
ΣΜ 4: Στη γέφυρα
Πασχαλιάς

ΣΜ 5: Στη γέφυρα
Σταυρούπολης

...ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Μετρήσεις - Δειγματοληψίες ανά δεκαπέντε ημέρες
- Μετρήσεις παροχής στους σταθμούς ΣΜ 2, ΣΜ 3, ΣΜ 4, ΣΜ 5, ΣΜ 6
- Επιτόπου μετρήσεις σε όλους τους σταθμούς των:
Θερμοκρασία, Αγωγιμότητα, pH και Διαλυμένο Οξυγόνο
- Συλλογή δειγμάτων για τον προσδιορισμό αιωρούμενων στερεών, BOD, COD, NO₃, NO₂, NH₄, TKN, PO₄, Ολικού Φωσφόρου, HCO₃, Cl, SO₄, Χλωροφύλλης-α

...ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (Δίκτυο αυτογραφικών σταθμών)



Σταθμός 1
Στη γέφυρα Σταυρούπολης

Σταθμός 2
Στο ύψος του οικισμού Γαλάνης

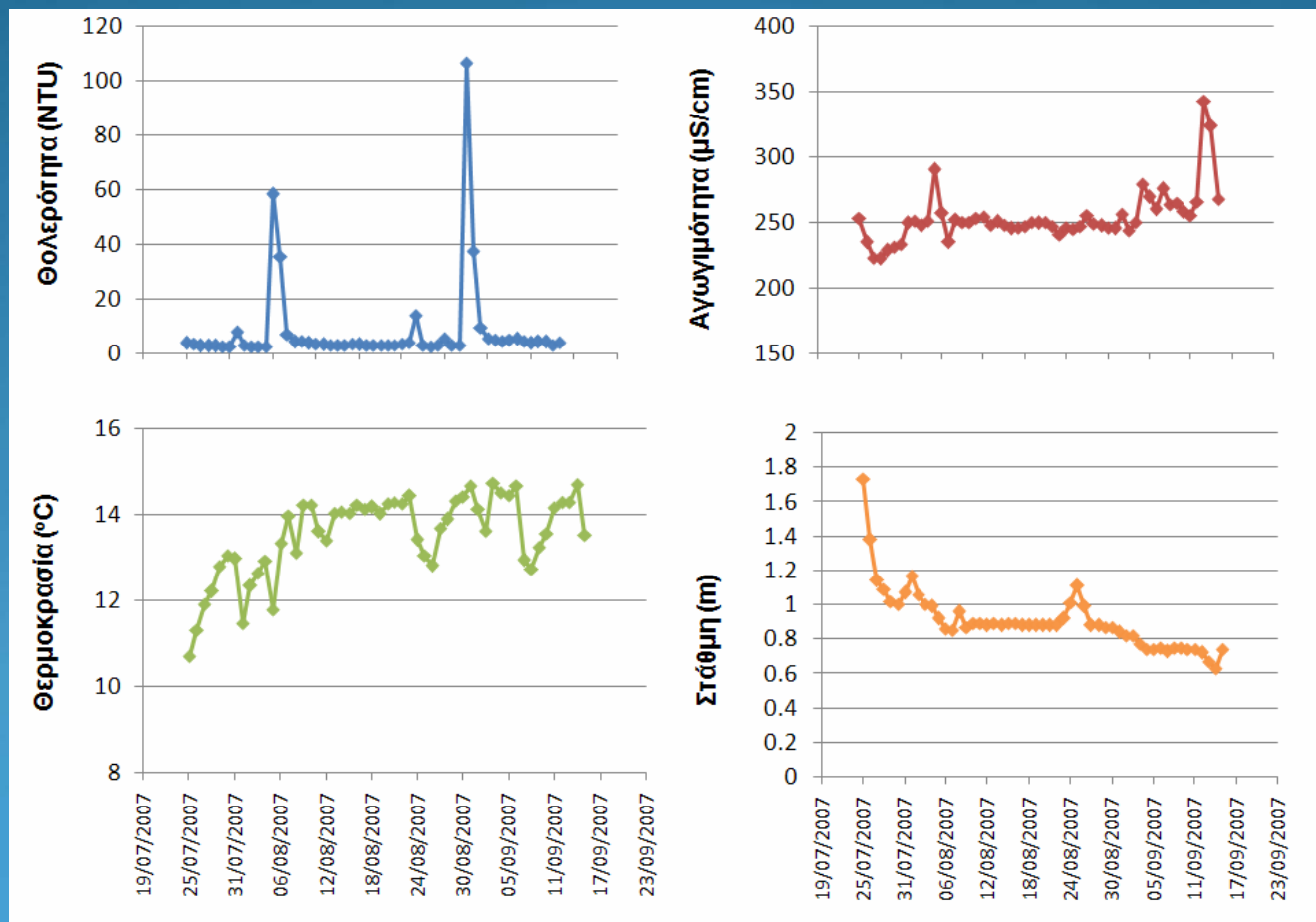
Σταθμός 3
11 km πριν την εκβολή του
ποταμού στη θάλασσα

...ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (Δίκτυο αυτογραφικών σταθμών)

	Σταθμός 1	Σταθμός 2	Σταθμός 3
Θερμοκρασία νερού	✓	✓	✓
pH	✓	✓	✓
Αγωγιμότητα	✓	✓	✓
Διαλυμένο Οξυγόνο	✓	✓	✓
Χλωροφύλλη	✓	✓	✓
Στάθμη νερού	✓	✓	✓
Ταχύτητα νερού			✓
Θολερότητα	✓	✓	✓
REDOX	✓	✓	

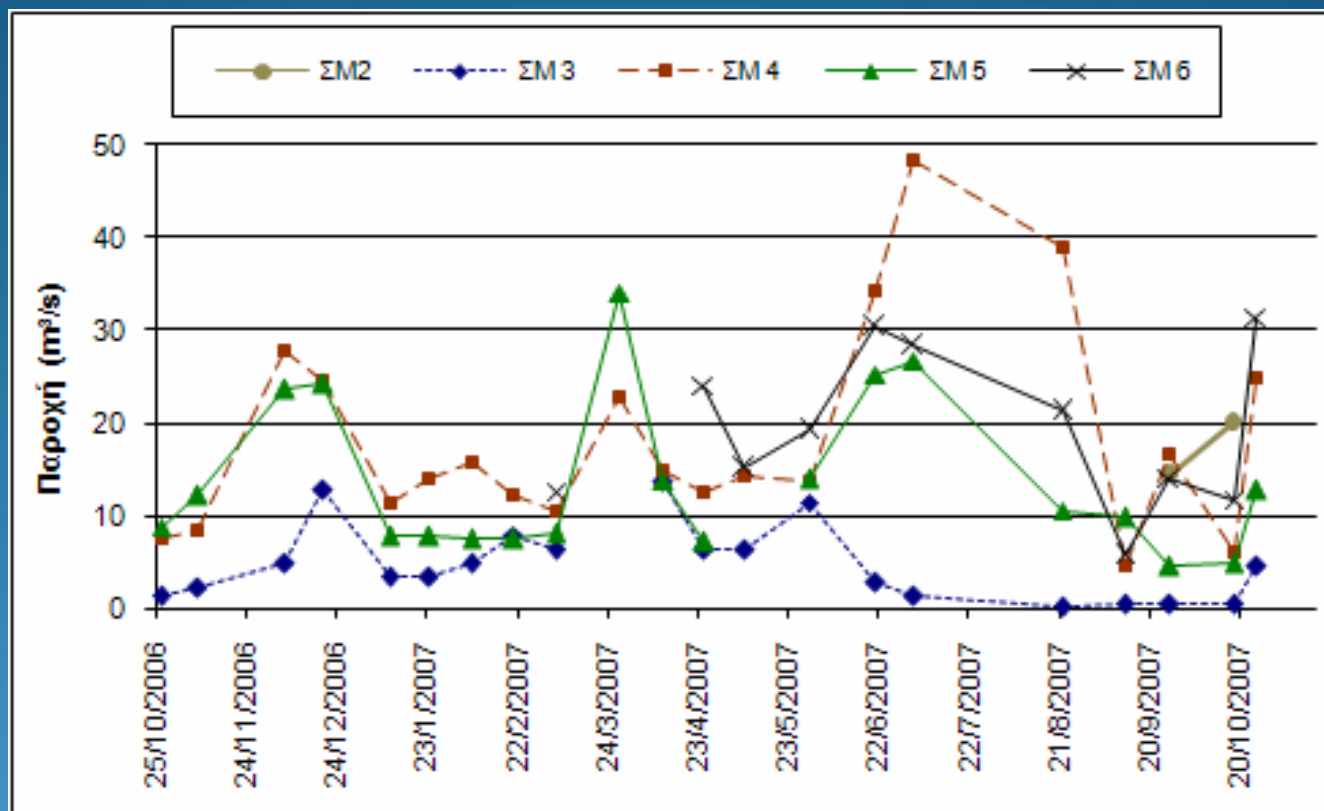
...ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (Δίκτυο αυτογραφικών σταθμών)

- Σταθμός 1



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

• Παροχή



Παράμετρος		Σημεία Μέτρησης				
		ΣΜ 2	ΣΜ 3	ΣΜ 4	ΣΜ 5	ΣΜ 6
Παροχή (m3/sec)	mean	17.3	4.9	18.4	13.7	19.5
	min	14.6	0.3	4.6	4.7	5.9
	max	20.1	13.7	48.3	34.1	31.5
	SD	3.9	4.1	11.4	8.4	8.4

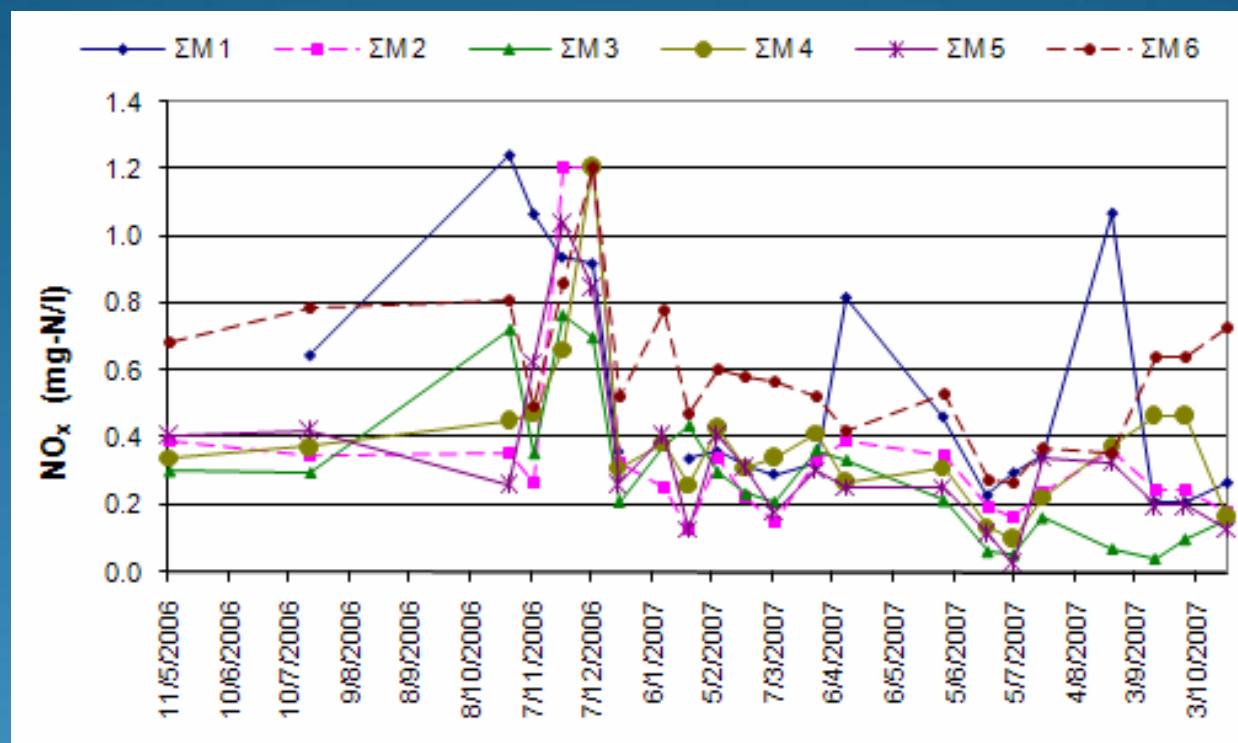
...ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

- Φυσικοχημικές Παράμετροι

Παράμετροι		Σημεία Μέτρησης					
		ΣΜ 1	ΣΜ 2	ΣΜ 3	ΣΜ 4	ΣΜ 5	ΣΜ 6
T (°C)	mean	12.1	12.8	12.6	13.6	13.9	15.6
	min	7.8	5.5	1.4	4.8	5.1	10.0
	max	20.3	24.3	26.8	19.5	19.8	20.0
	SD	3.4	4.1	7.3	3.8	4.2	2.9
pH	mean	7.42	7.67	7.69	7.80	7.89	7.53
	min	6.88	7.28	7.34	7.46	7.15	7.21
	max	7.78	8.01	8.29	8.13	8.40	7.93
	SD	0.27	0.17	0.23	0.21	0.28	0.16
EC (μS/cm)	mean	206	199	151	204	206	281
	min	158	157	90	122	163	213
	max	247	224	212	234	226	343
	SD	21.2	23.6	39.0	29.0	21.3	48.3
DO (mg/L)	mean	9.0	9.3	9.4	8.8	9.1	9.5
	min	3.4	4.4	5.3	4.3	5.7	5.4
	max	13.8	14.5	13.4	13.1	13.6	13.8
	SD	2.9	2.6	2.2	2.5	2.2	2.3

...ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

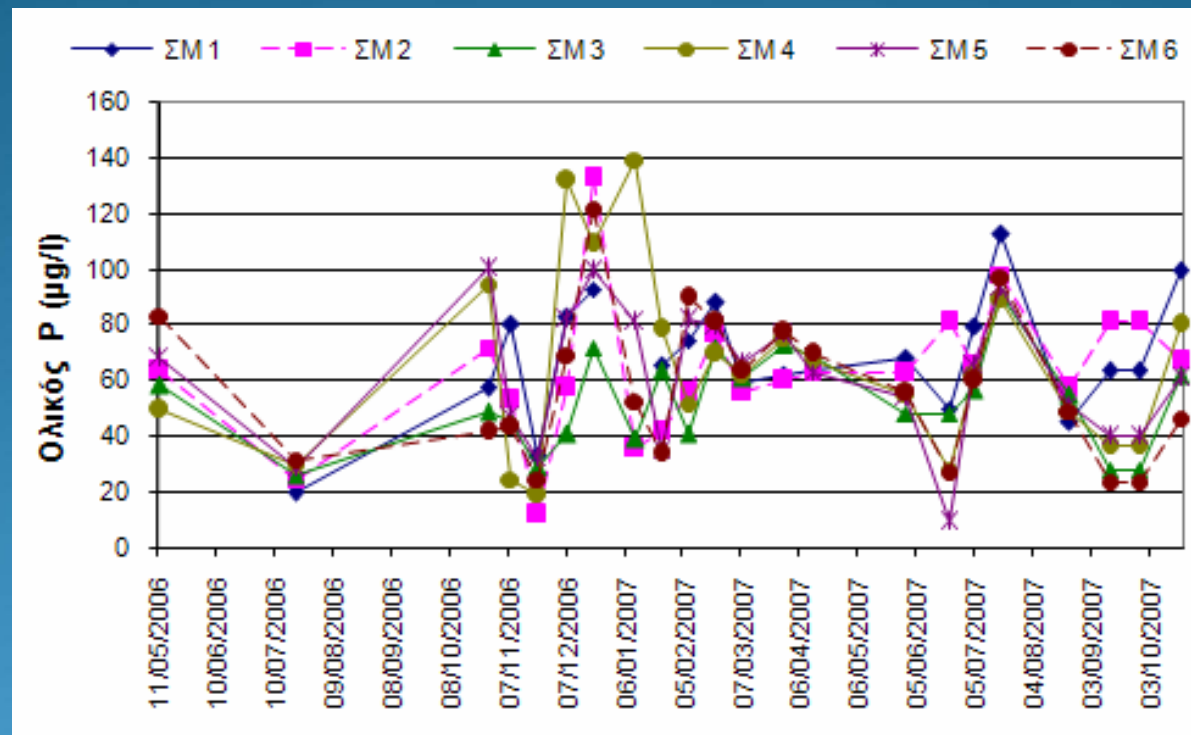
• NO_x



Παράμετροι		Σημεία Μέτρησης					
		ΣΜ 1	ΣΜ 2	ΣΜ 3	ΣΜ 4	ΣΜ 5	ΣΜ 6
NO ₃ (μg/L)	mean	534.18	358.33	293.66	388.90	334.14	590.47
	min	205.69	130.00	41.98	100.75	25.19	264.46
	max	1243.00	1204.45	763.04	1213.00	1042.00	1206.04
	SD	341.25	291.86	214.97	229.97	243.64	221.33
NO ₂ (μg/L)	mean	4.09	5.26	5.32	5.41	5.56	5.44
	min	0.69	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00
	max	12.41	9.66	10.34	12.41	13.10	13.79
	SD	3.05	2.86	2.79	3.17	3.53	4.38

...ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

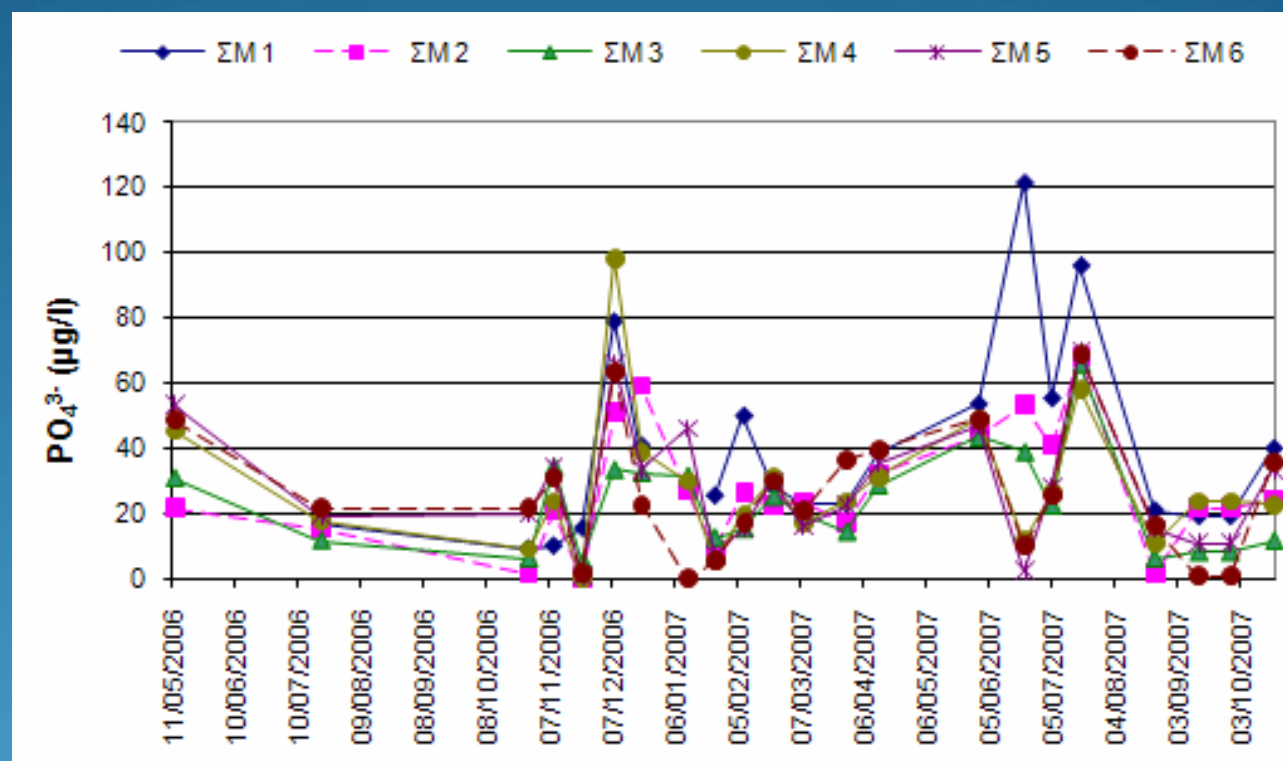
- Ολικός Φώσφορος



Παράμετρος		Σημεία Μέτρησης					
		ΣΜ 1	ΣΜ 2	ΣΜ 3	ΣΜ 4	ΣΜ 5	ΣΜ 6
TP (µg/L)	mean	68.02	63.47	52.19	66.09	61.21	56.35
	min	20.00	11.82	25.90	19.09	9.09	23.64
	max	112.73	132.73	90.91	139.09	100.00	121.82
	SD	21.99	25.44	17.57	33.47	24.93	26.66

...ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

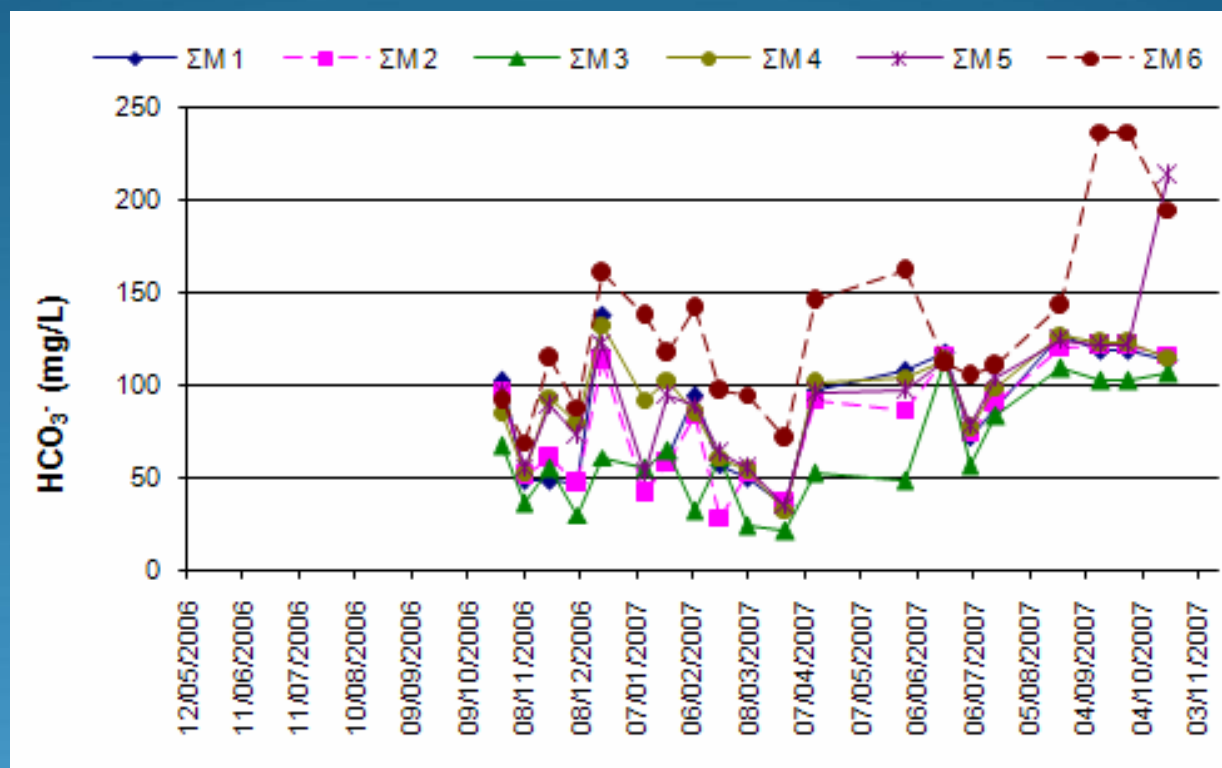
• PO_4^{3-}



Παράμετρος		Σημεία Μέτρησης					
		ΣΜ 1	ΣΜ 2	ΣΜ 3	ΣΜ 4	ΣΜ 5	ΣΜ 6
PO_4^{3-} (μg/L)	mean	39.28	27.81	22.85	27.29	27.04	24.73
	min	9.09	0.00	5.46	0.00	0.91	0.00
	max	121.82	68.18	66.36	98.60	70.00	69.09
	SD	29.99	18.97	15.52	21.30	18.84	19.54

...ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

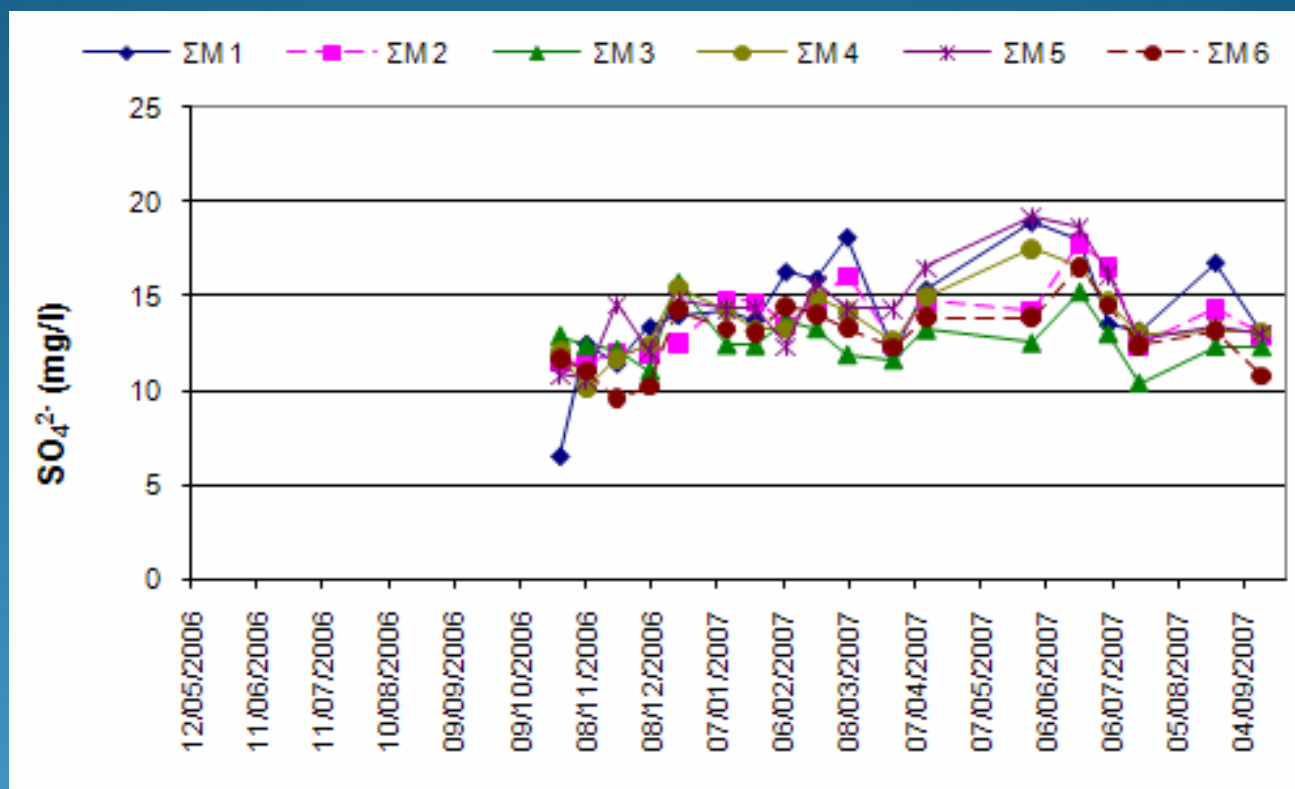
• HCO_3^-



Παράμετρος		Σημεία Μέτρησης					
		ΣΜ 1	ΣΜ 2	ΣΜ 3	ΣΜ 4	ΣΜ 5	ΣΜ 6
HCO_3^-	mean	87.73	81.03	65.51	95.41	96.82	137.00
(mg/L)	min	34.92	28.92	21.60	33.00	35.76	71.52
	max	137.03	121.20	113.64	132.70	212.40	236.40
	SD	32.94	32.27	30.34	26.80	38.96	47.05

...ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

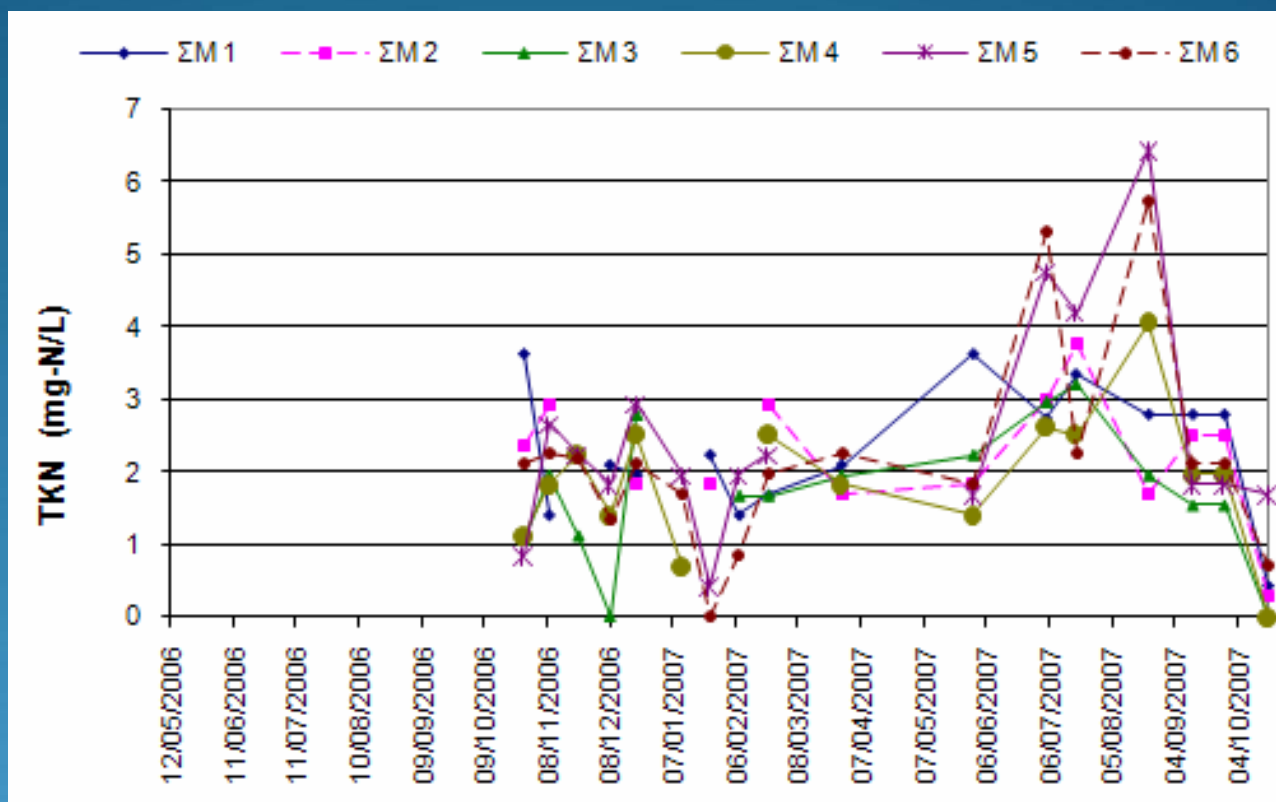
• SO_4



Παράμετρος		Σημεία Μέτρησης					
		ΣΜ 1	ΣΜ 2	ΣΜ 3	ΣΜ 4	ΣΜ 5	ΣΜ 6
SO_4 (mg/L)	mean	14.3	13.9	12.7	13.8	14.3	12.9
	min	6.5	11.5	10.4	10.1	10.6	9.6
	max	19.0	17.8	15.7	17.6	19.2	16.6
	SD	2.9	1.8	1.3	1.8	2.3	1.8

...ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

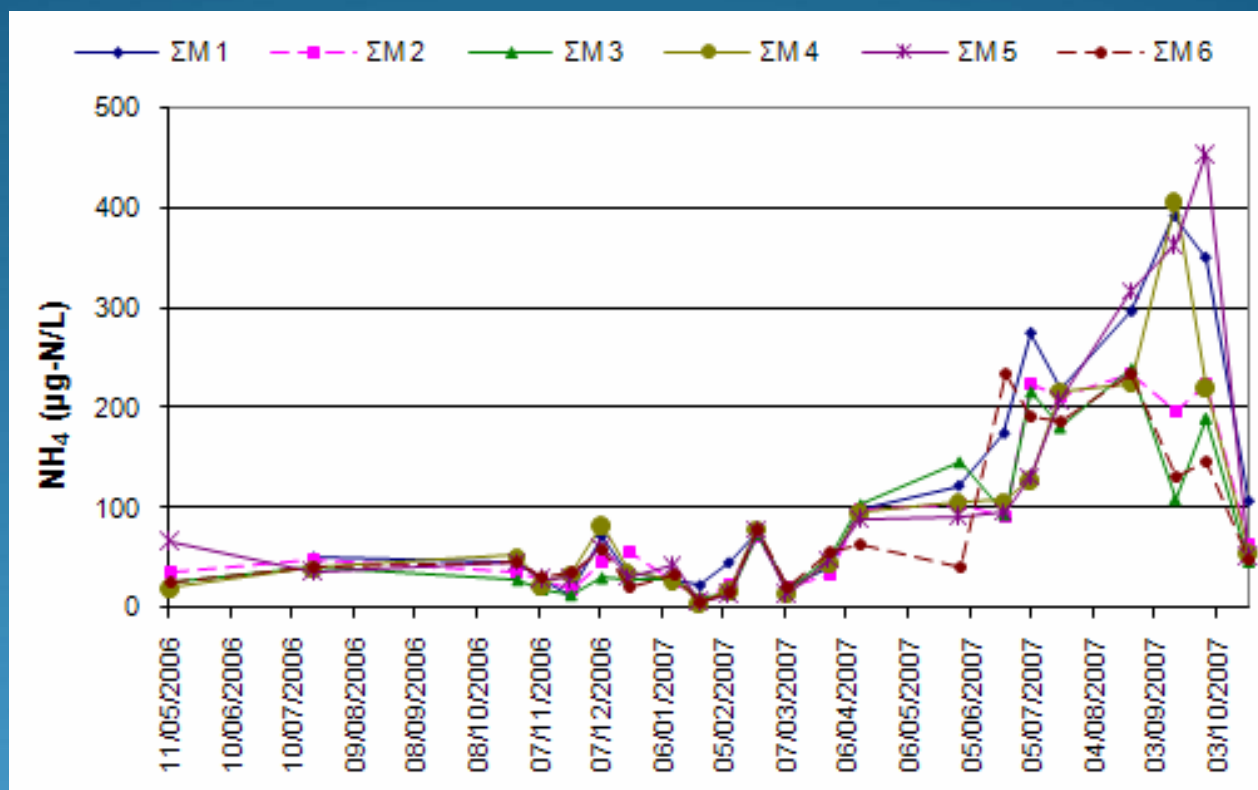
- TKN



Παράμετρος		Σημεία Μέτρησης					
		ΣΜ 1	ΣΜ 2	ΣΜ 3	ΣΜ 4	ΣΜ 5	ΣΜ 6
TKN (mg/L)	mean	2.31	2.17	1.80	1.96	2.60	2.16
	min	0.42	0.28	0.00	0.00	0.42	0.00
	max	3.64	3.78	3.22	4.06	6.44	5.74
	SD	0.86	0.92	0.99	1.00	1.55	1.52

...ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

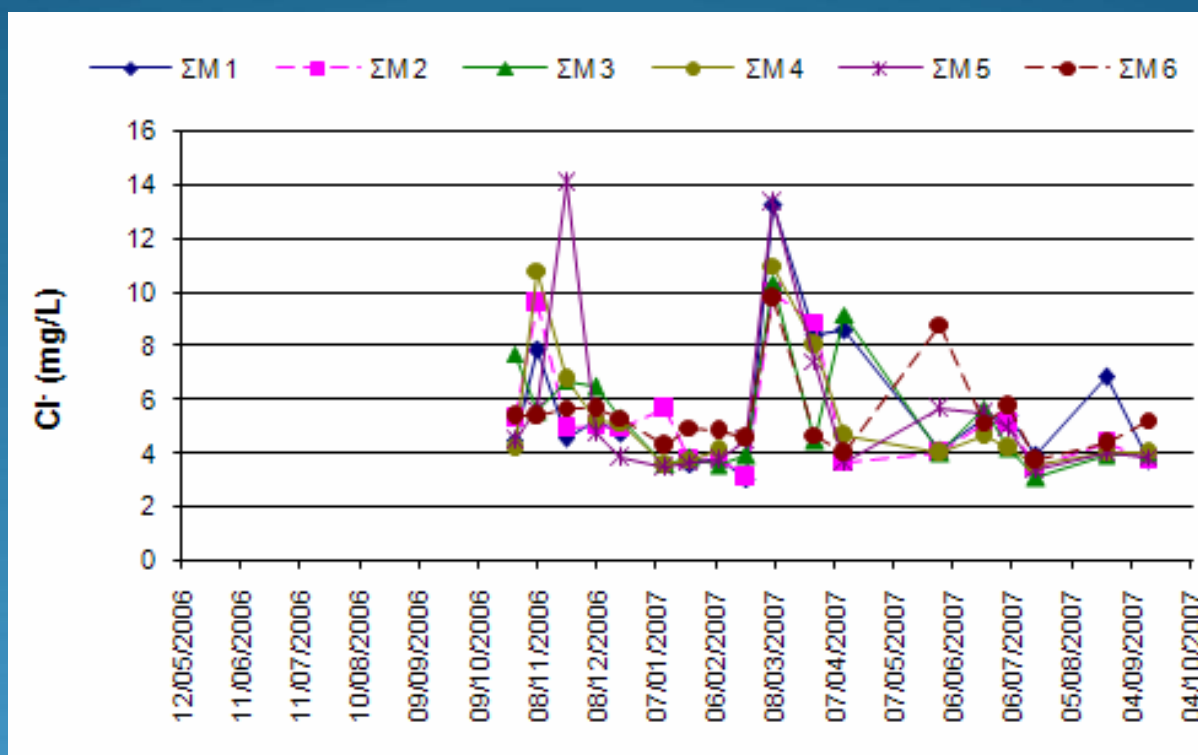
• NH_4



Παράμετρος		Σημεία Μέτρησης					
		ΣΜ 1	ΣΜ 2	ΣΜ 3	ΣΜ 4	ΣΜ 5	ΣΜ 6
NH4 ($\mu\text{g/L}$)	mean	120.70	88.79	80.30	96.19	107.02	81.51
	min	14.34	8.43	11.81	5.06	6.75	5.06
	max	392.50	233.61	238.67	406.40	454.30	233.61
	SD	117.45	78.29	72.78	98.02	124.17	73.15

...ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

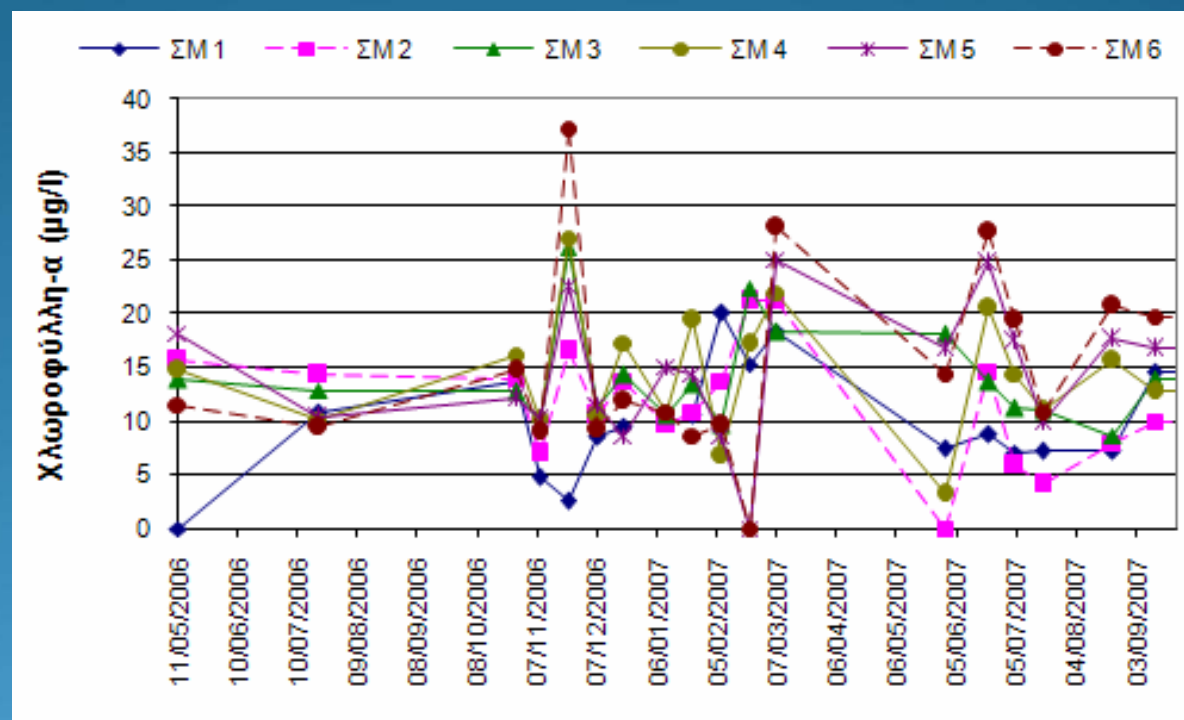
• Cl⁻



Παράμετρος		Σημεία Μέτρησης					
		ΣΜ 1	ΣΜ 2	ΣΜ 3	ΣΜ 4	ΣΜ 5	ΣΜ 6
Cl	mean	5.72	5.26	5.32	5.41	5.56	5.44
(mg/L)	min	3.05	3.09	3.09	3.54	3.43	3.77
	max	13.28	9.95	10.37	11.01	14.06	9.78
	SD	2.59	2.08	2.06	2.38	3.14	1.53

...ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

- Χλωροφύλλη - α



Παράμετρος		Σημεία Μέτρησης					
		ΣΜ 1	ΣΜ 2	ΣΜ 3	ΣΜ 4	ΣΜ 5	ΣΜ 6
Χλωρ. α (µg/L)	mean	9.81	11.75	14.03	14.47	14.48	15.20
	min	0.00	0.00	8.70	3.21	0.00	0.00
	max	20.08	21.30	26.23	27.08	25.07	37.34
	SD	5.32	5.56	4.61	5.75	6.31	8.92

...ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Παράμετροι		Σημεία Μέτρησης					
		ΣΜ 1	ΣΜ 2	ΣΜ 3	ΣΜ 4	ΣΜ 5	ΣΜ 6
BOD (mg/L)	mean	3.33	3.88	4.33	4.24	4.65	4.30
	min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	max	17.10	16.00	14.90	14.90	14.90	15.40
	SD	5.11	5.18	5.30	5.22	5.32	4.91
COD (mg/L)	mean	10.56	10.67	10.55	9.79	10.64	8.15
	min	1.20	0.00	0.96	1.30	2.40	1.44
	max	26.88	27.84	27.70	26.80	28.80	24.96
	SD	8.89	9.41	8.38	7.84	7.76	7.40

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

- Ο ποταμός Νέστος δεν παρουσιάζει προβλήματα ρύπανσης

Παράμετροι	Νέστος	Όρια πόσιμου νερού
NO ₃ (mg-N/L)	0.5	10
NO ₂ (mg-N/L)	0.004	0.15
SO ₄ (mg/L)	14	250
PO ₄ (mg/L)	0.03	0.1
(όριο ευτροφισμού)		



Η λεκάνη του Νέστου αποτελεί μια σύνθετη λεκάνη απορροής με πολλές ιδιαιτερότητες (έντονο ανάγλυφο, ύπαρξη μεγάλων φραγμάτων, καρστικά πεδία). Για την αποτελεσματικότερη διαχείρισή της είναι απαραίτητη η υιοθέτηση σύγχρονων πρακτικών και εργαλείων.

Ένα τέτοιο εργαλείο αποτελούν και τα μοντέλα προσομοίωσης. Τα μοντέλα αυτά έχουν την ικανότητα να προσομοιώνουν τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στη λεκάνη και να προβλέπουν διάφορες κρίσιμες καταστάσεις.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Για τις ανάγκες της εργασίας επιλέχθηκε το μοντέλο SWAT (Soil & Water Assessment Tool):

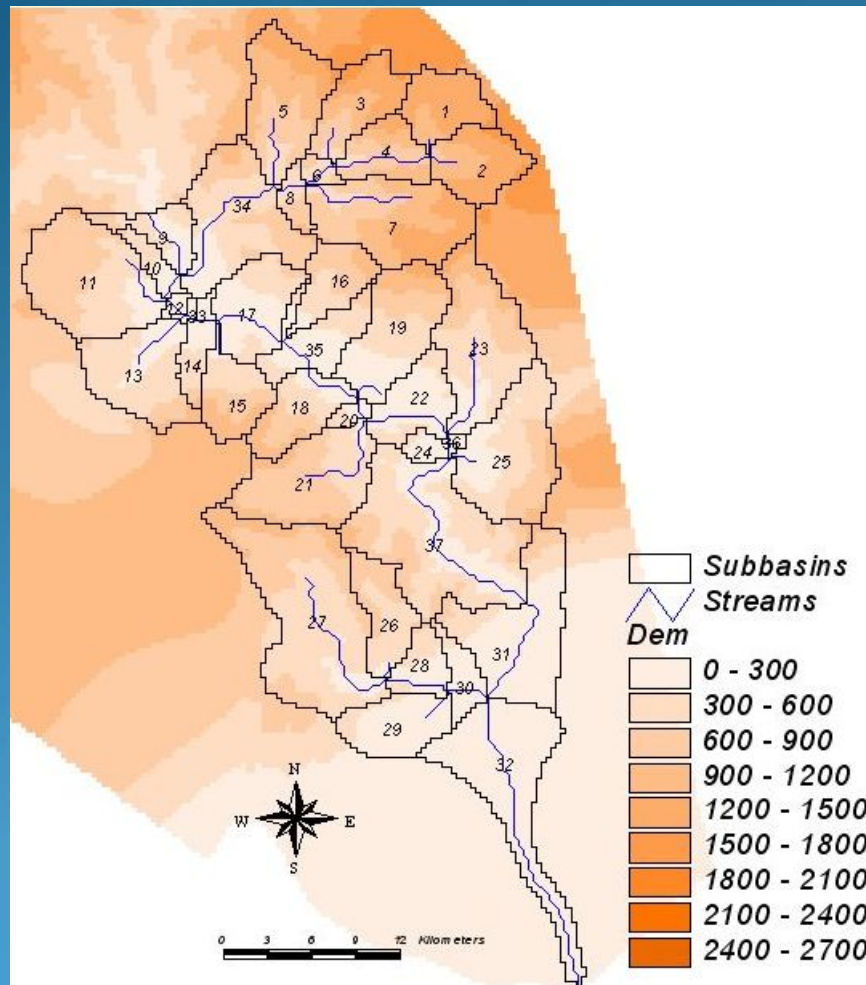
- Αναπτύχθηκε και υποστηρίζεται από το Agricultural Research Service (A.R.S.) του U.S. Department of Agriculture
- Δημιουργήθηκε ως εργαλείο για να προβλέπονται οι επιδράσεις διαφόρων μεθόδων διαχείρισης της λεκάνης απορροής, στην ποιότητα του νερού και στην ποσότητα των ιζημάτων
- Εφαρμόζεται κυρίως σε μεγάλες και σύνθετες λεκάνες απορροής για μεγάλες περιόδους χρόνου
- Χρησιμοποιείται ευρέως στη μοντελοποίηση λεκανών απορροής, τόσο στην Αμερική, όσο και στην Ευρώπη

...ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Απαραίτητα δεδομένα για την εφαρμογή του μοντέλου
SWAT:

- Ψηφιακός χάρτης αναγλύφου της περιοχής
- Χάρτης χρήσεων γης
- Χάρτης εδαφικών- στρωματογραφικών δεδομένων
- Μετεωρολογικά δεδομένα

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

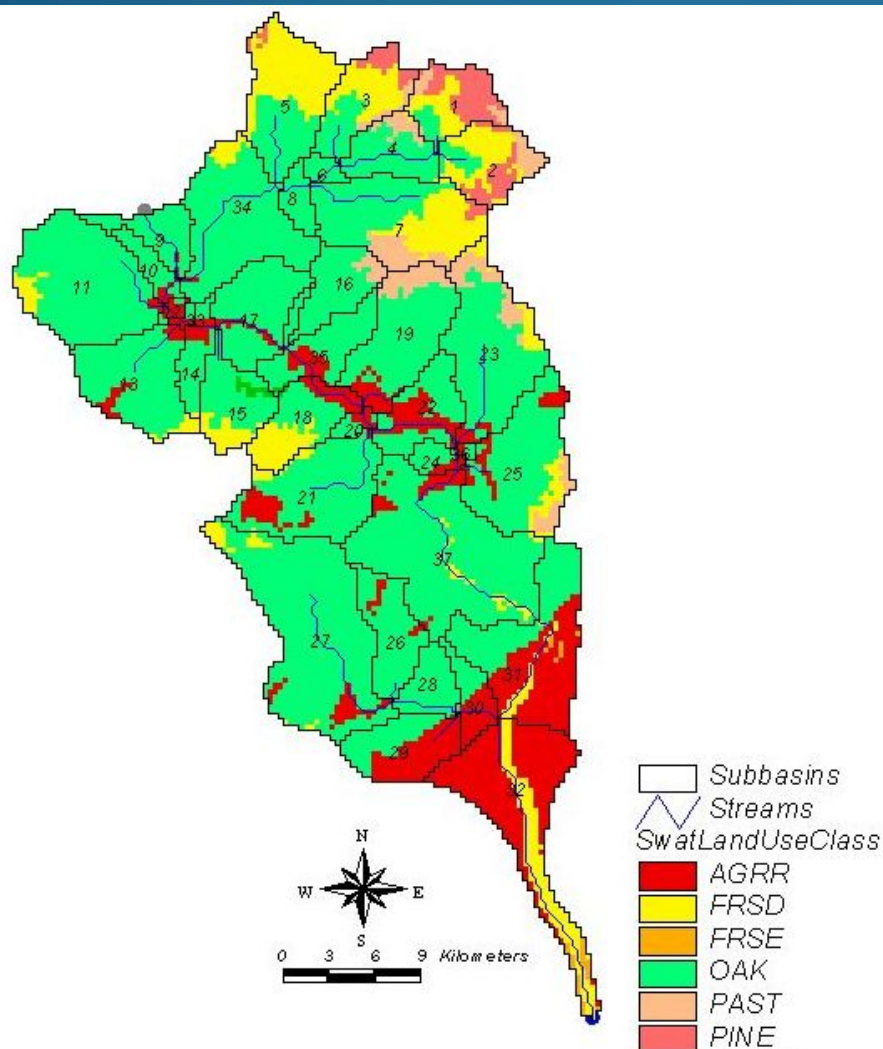


1. Ψηφιακός Χάρτης Αναγλύφου και διαχωρισμός της λεκάνης απορροής σε υπολεκάνες.

Το μοντέλο διαιρεί τη λεκάνη σε υπολεκάνες, ανάλογα με την τοπογραφία και το φυσικό δίκτυο των ρεμάτων της περιοχής (34 υπολεκάνες)

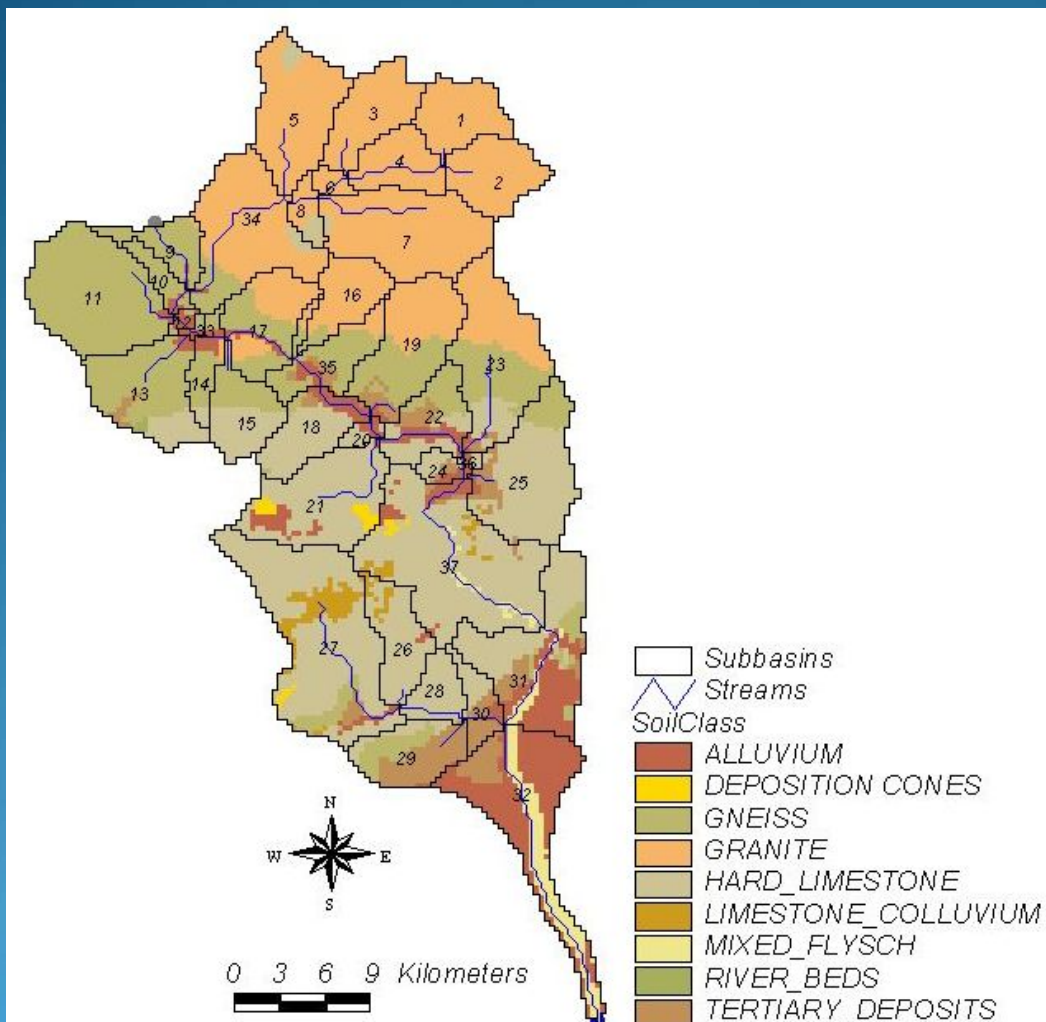
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

2. Χάρτης δεδομένων χρήσεων γης



Χρήσεις γης		% Έκταση λεκάνης
Δρυς --> OAK		68.38
Καλλιεργούμενες εκτάσεις --> AGRR		13.41
Δάσος φυλλοβόλων --> FRSD		12.08
Λιβάδι --> PAST		3.43
Πεύκο --> PINE		2.2
Δάσος αειθαλλών --> FRSE		0.31

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ

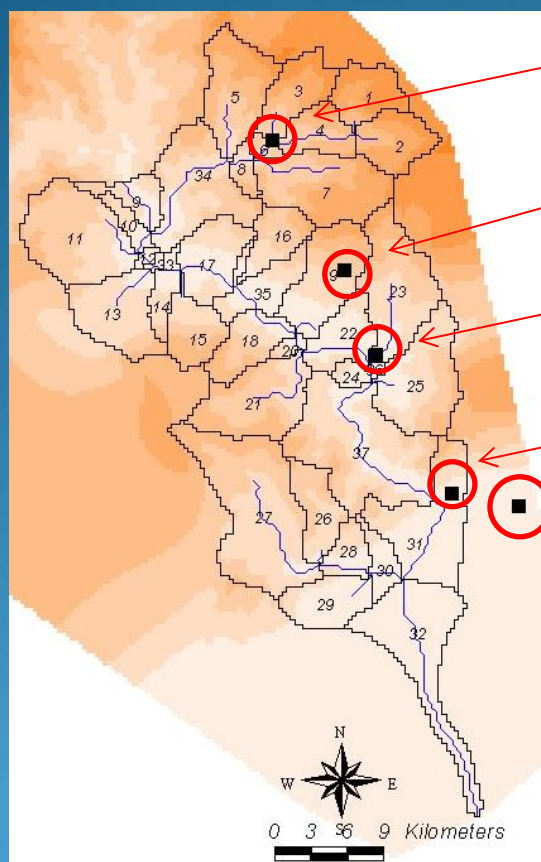


3. Χάρτης εδαφικών- στρωματογραφικών δεδομένων

Εδάφη		% Έκταση λεκάνης
Ασβεστόλιθοι		32.59
Γρανίτες		28.94
Γνεύσιοι		21.09
Αλλούβια		8.62
Τριτογενείς αποθέσεις		4.62
Φλύσχοι		2.17
Πλευρικοί Ασβεστόλιθοι		1.47
Κώννοι απόθεσης		0.44

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

4. Μετεωρολογικοί σταθμοί



Πρασινάδα (1)

Καρυόφυτο (2)

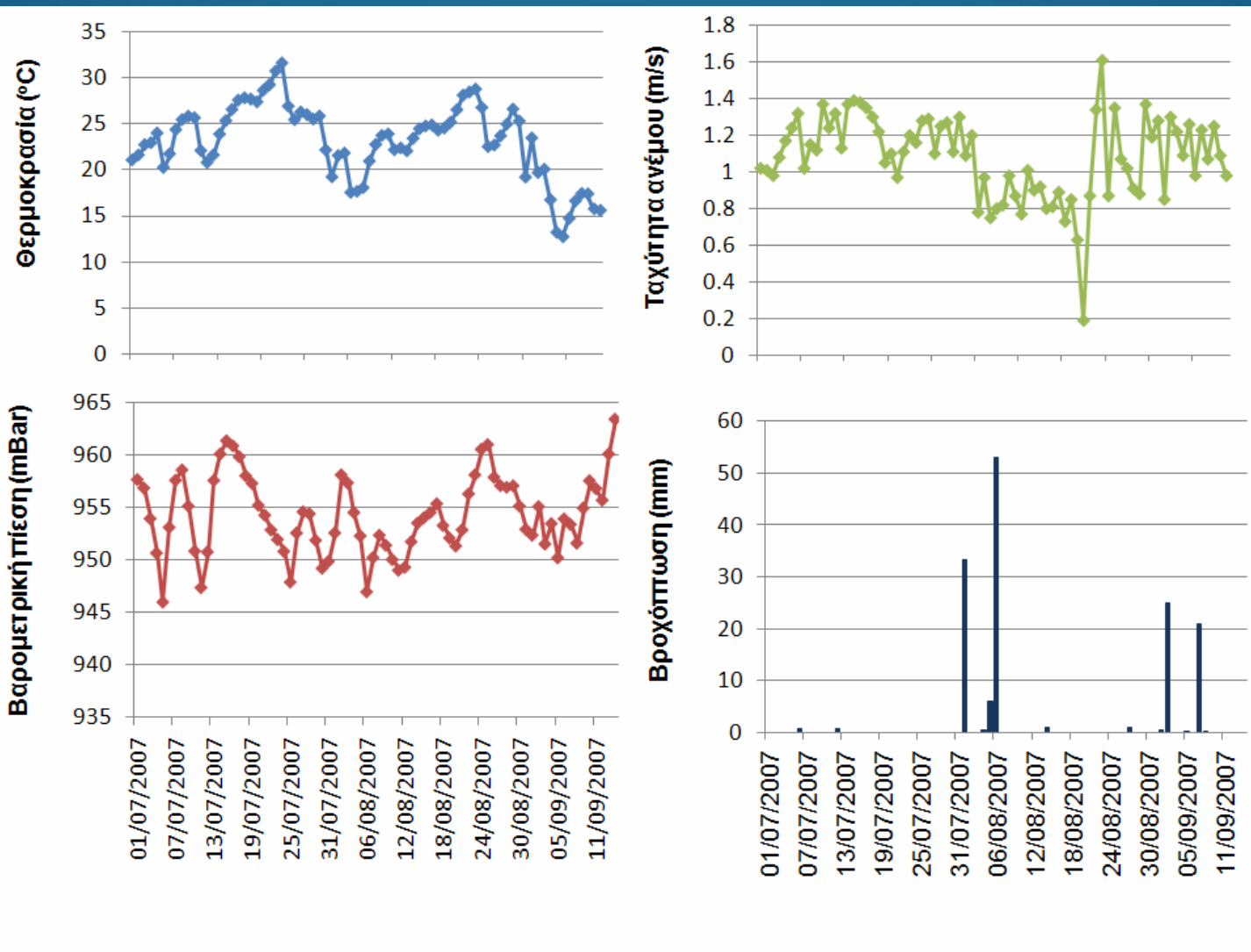
Σταυρούπολη (3)

Γαλάνη (4)

Πετροχώρι (5)

	1	2	3	4	5
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	✓	✓	✓	✓	✓
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	✓	✓	✓	✓	✓
ΠΙΕΣΗ	✓	✓	✓	✓	
ΥΓΡΑΣΙΑ	✓	✓	✓	✓	✓
ΤΑΧ. ΑΝΕΜΟΥ	✓	✓	✓	✓	
ΔΙΕΥΘ. ΑΝΕΜΟΥ	✓	✓	✓	✓	

Μετεωρολογικός σταθμός Καρυοφύτου

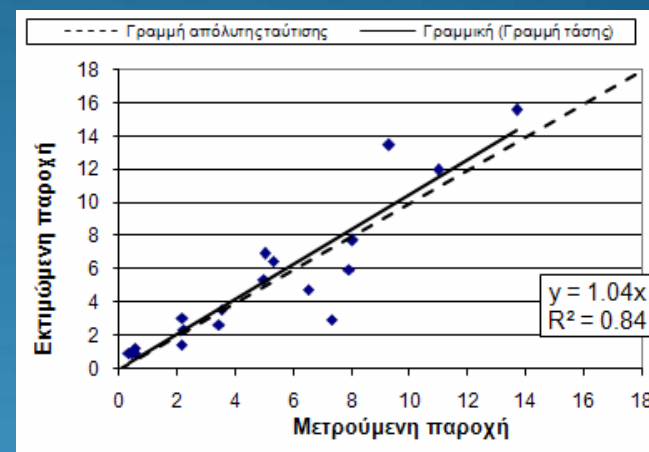
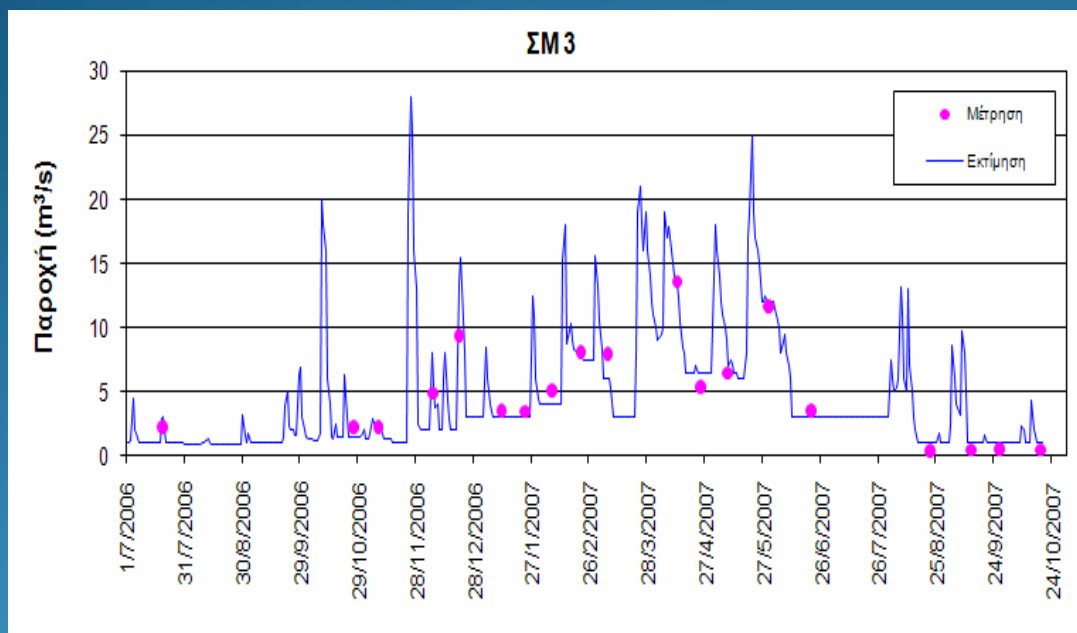


ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

- ❖ Για τη βαθμονόμηση του μοντέλου χρησιμοποιούνται τα δεδομένα πεδίου (παροχή, θρεπτικά), καθώς και τα δεδομένα των αυτογραφικών σταθμών
- ❖ Η επιθυμητή ταύτιση μεταξύ των προβλεφθησών από το μοντέλο τιμών και των μετρήσεων πεδίου ελέγχεται με τους ακόλουθους τρόπους:
 1. Οι μετρούμενες και προβλεφθήσες από το μοντέλο τιμές μπαίνουν σε διαγράμματα, όπου γίνεται οπτικός έλεγχος και σύγκριση
 2. Με τη χρήση διαγραμμάτων διασποράς μεταξύ των μετρούμενων και των προβλεφθησών τιμών
 3. Με τη χρήση της παραμέτρου NOF (Normalized Objective Function)

$$NOF = \frac{RMSE}{X_{\alpha}} \quad RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}}$$

ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ (ΓΙΑ ΠΑΡΟΧΗ ΣΤΗΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΑΡΚΟΥΔΟΡΕΜΑΤΟΣ)



ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΟΡΕΙΑ

- Συνέχιση του προγράμματος επιτόπου μετρήσεων στον ποταμό
- Ολοκλήρωση βαθμονόμησης μοντέλου
- Επαλήθευση του μοντέλου
- Έλεγχος εναλλακτικών μεθόδων διαχείρισης της λεκάνης με τη χρήση του επικυρωμένου μοντέλου

Ευχαριστώ για την
προσοχή σας