

Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΙΚΡΩΝ ΟΙΚΙΣΜΩΝ



Καθηγητής Βασίλειος Α. Τσιχριντζής
Διευθυντής, Εργαστήριο Οικολογικής Μηχανικής και
Τεχνολογίας

Πρόεδρος, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Πολυτεχνική Σχολή

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
67100 Ξάνθη

Τηλ./Fax: 25410-78113, 6974-993867

E-mail: tsihrin@otenet.gr

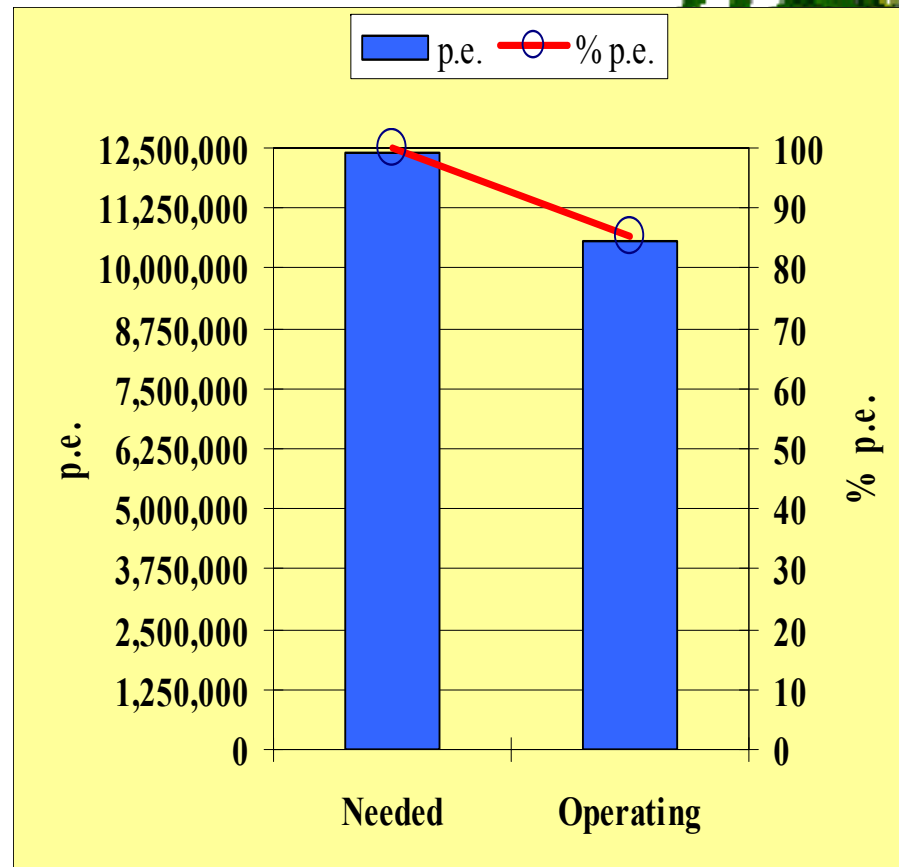
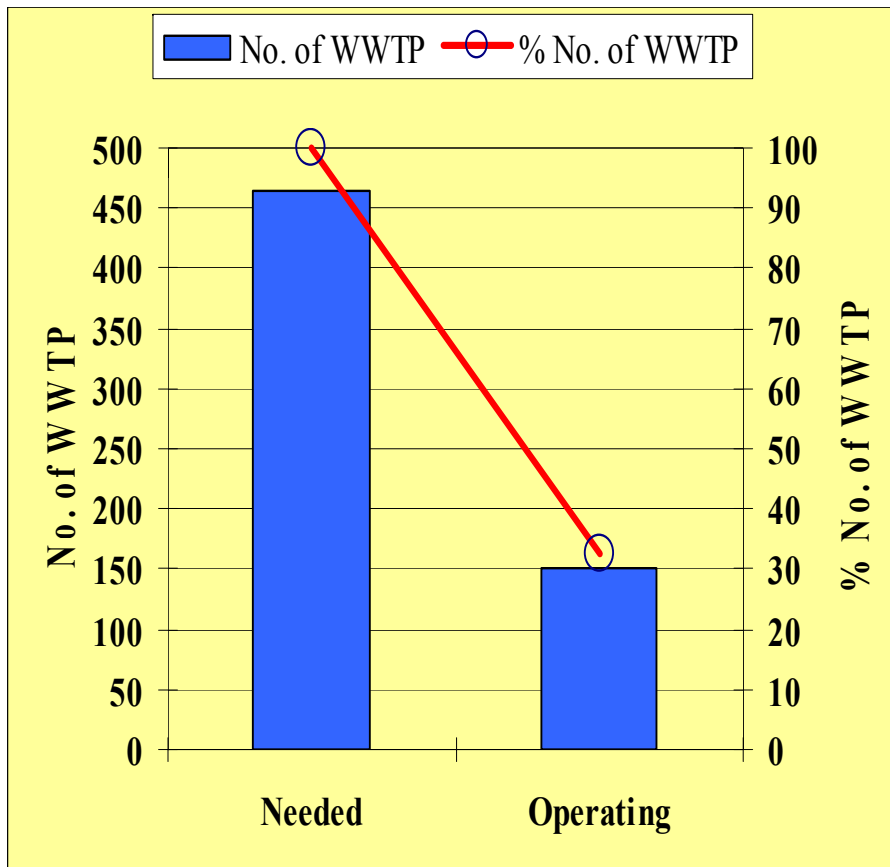
<http://www.env.duth.gr/eet>

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- * Με βάση την οδηγία 1991/271/ΕΕC, η Ελλάδα θα πρέπει να προσφέρει κατάλληλους τρόπους διαχείρισης και επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων για το μεγαλύτερο μέρος της χώρας (οικισμοί > 2000 ισοδ. κατοίκους)
- * Επιπλέον ΜΕΥΑ θα χρειαστούν για οικισμούς <2000 ι.κ.
- * Σήμερα:
 - Μόνο το 33% των απαιτούμενων ΜΕΥΑ είναι σε λειτουργία
 - Περίπου το 85% του πληθυσμού, κυρίως αυτού που διαμένει στα μεγάλα αστικά κέντρα, εξυπηρετείται με “συμβατικές” μονάδες επεξεργασίας

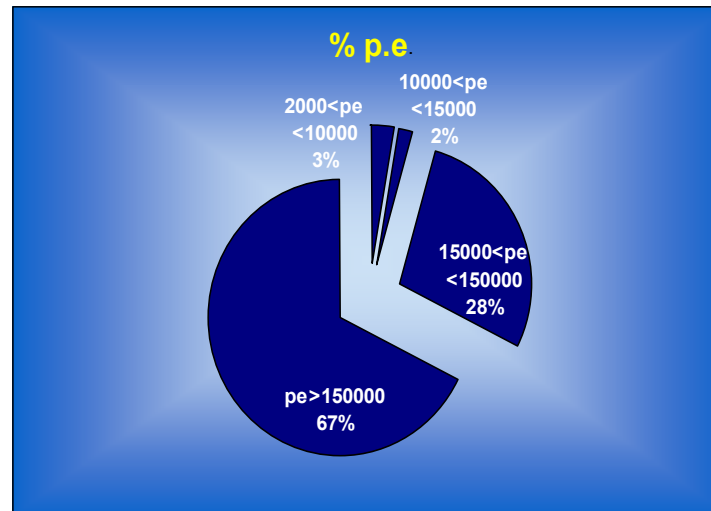
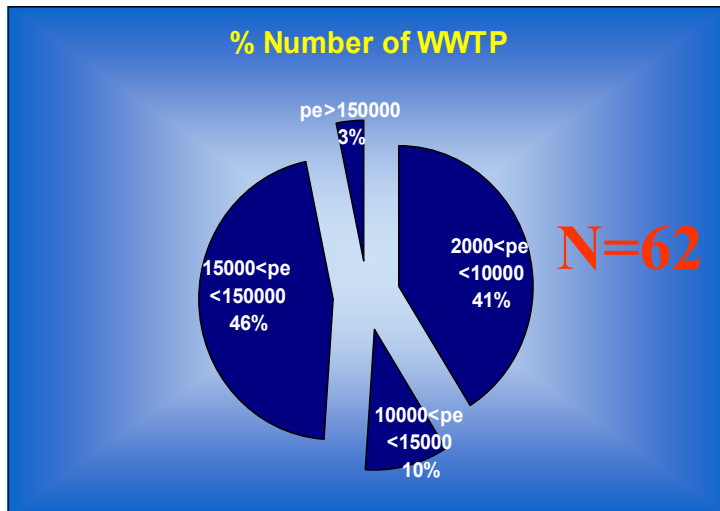
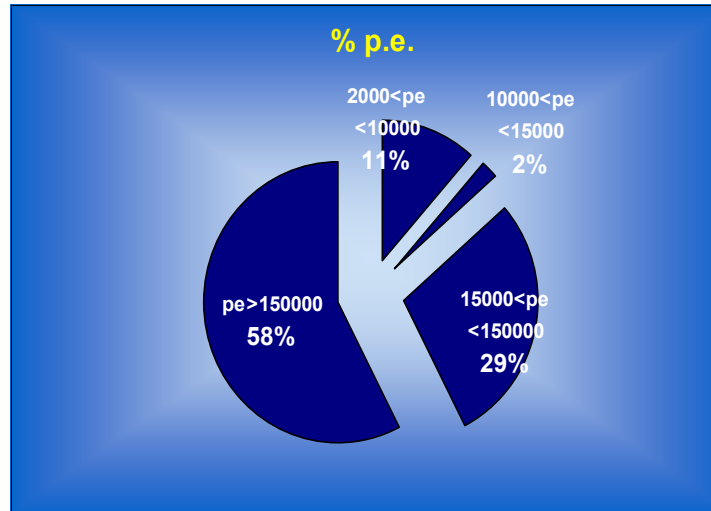
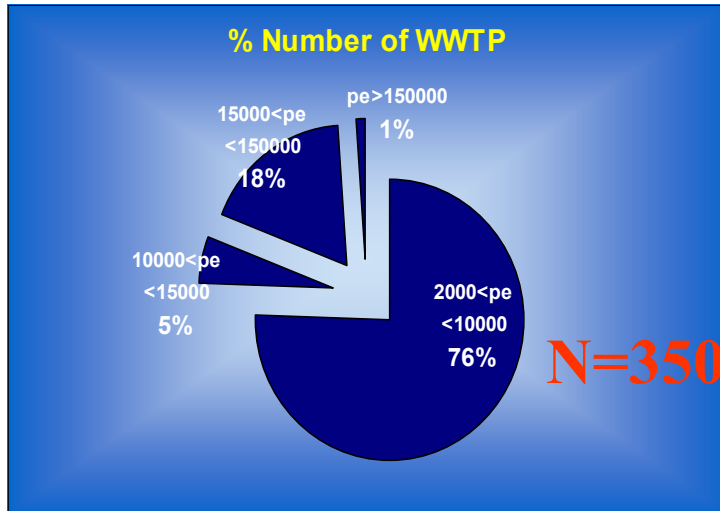


... ΕΙΣΑΓΩΓΗ



... ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΑΝΑΓΚΕΣ



ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ



... ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- * Υπάρχουν τα ακόλουθα προβλήματα στις συμβατικές ΜΕΥΑ:
 - Λειτουργικά προβλήματα και ανεπάρκεια επεξεργασίας
 - Υψηλό λειτουργικό κόστος και κόστος συντήρησης
 - Έλλειψη προσωπικού
- * Οι οικισμοί στις αγροτικές περιοχές (π.χ. Πρόγραμμα Καποδίστριας) εξυπηρετούνται κυρίως με βόθρους και σύντομα θα πρέπει επίσης να έχουν μονάδες επεξεργασίας:
 - Τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας είναι ιδανικά για τις περισσότερες από αυτές τις περιοχές
 - Εντούτοις, τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας δεν είναι διαδεδομένα στην Ελλάδα



ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

Για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων χρησιμοποιούν τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα και στο φυσικό περιβάλλον όταν το απόβλητο, το έδαφος, ορισμένα είδη φυτών, μικροοργανισμοί και η ατμόσφαιρα έρχονται σε επαφή:

- Υδατικά
- Χερσαία



ΕΙΔΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

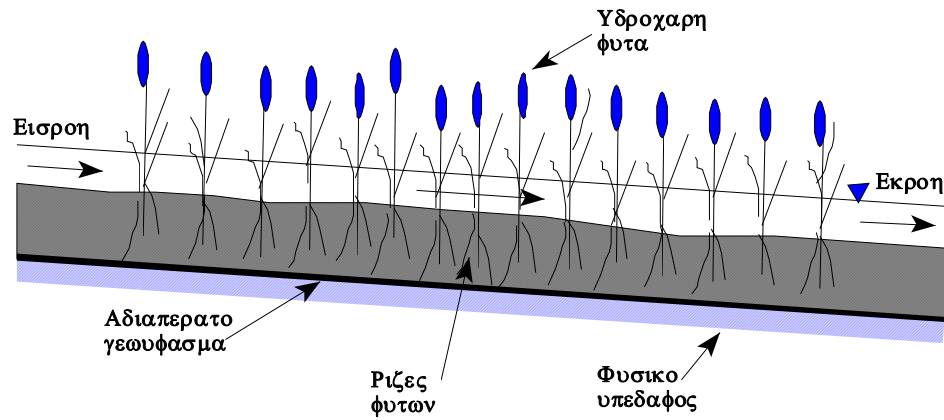
■ Λίμνες σταθεροποίησης ή οξειδωσης:

- ▶ Αναερόβιες λίμνες
- ▶ Επαμφοτερίζουσες λίμνες
- ▶ Λίμνες ωρίμανσης
- ▶ Αερόβιες λίμνες
- ▶ Αεριζόμενες λίμνες

■ Τεχνητοί Υγροβιότοποι:

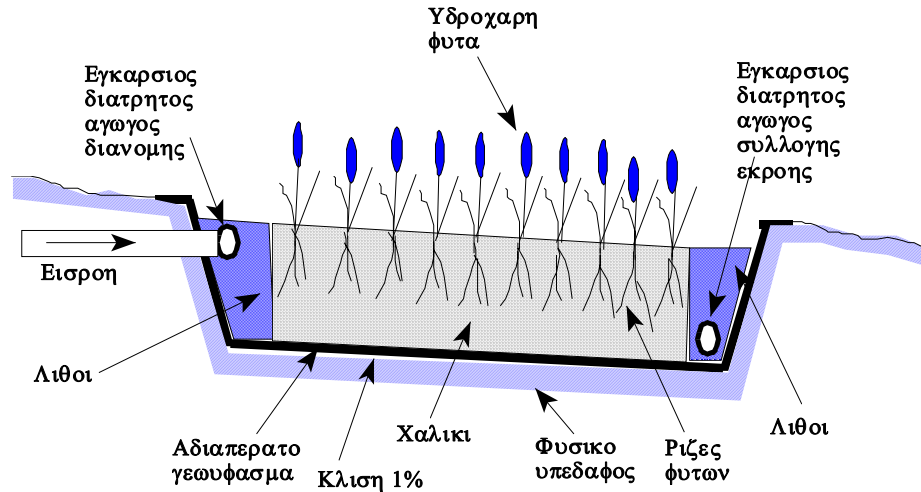
- ▶ Επιφανειακής Ροής
- ▶ Υπόγειας Ροής:
 - ▶ Οριζόντιας Υπόγειας Ροής
 - ▶ Κατακόρυφης Υπόγειας Ροής





(α) Τεχνητος Υδροβιοτοπος Επιφανειακης Ροης

**TYEP
(FWS)**



(β) Τεχνητος Υδροβιοτοπος Υποεπιφανειακης Ροης

**TYOYP
(HSF)**

Σημα 6.12. Ειδη Τεχνητων Υδροβιοτοπων



ΤΥ Κατακόρυφης Ροής (ΤΥΚΡ - VF)

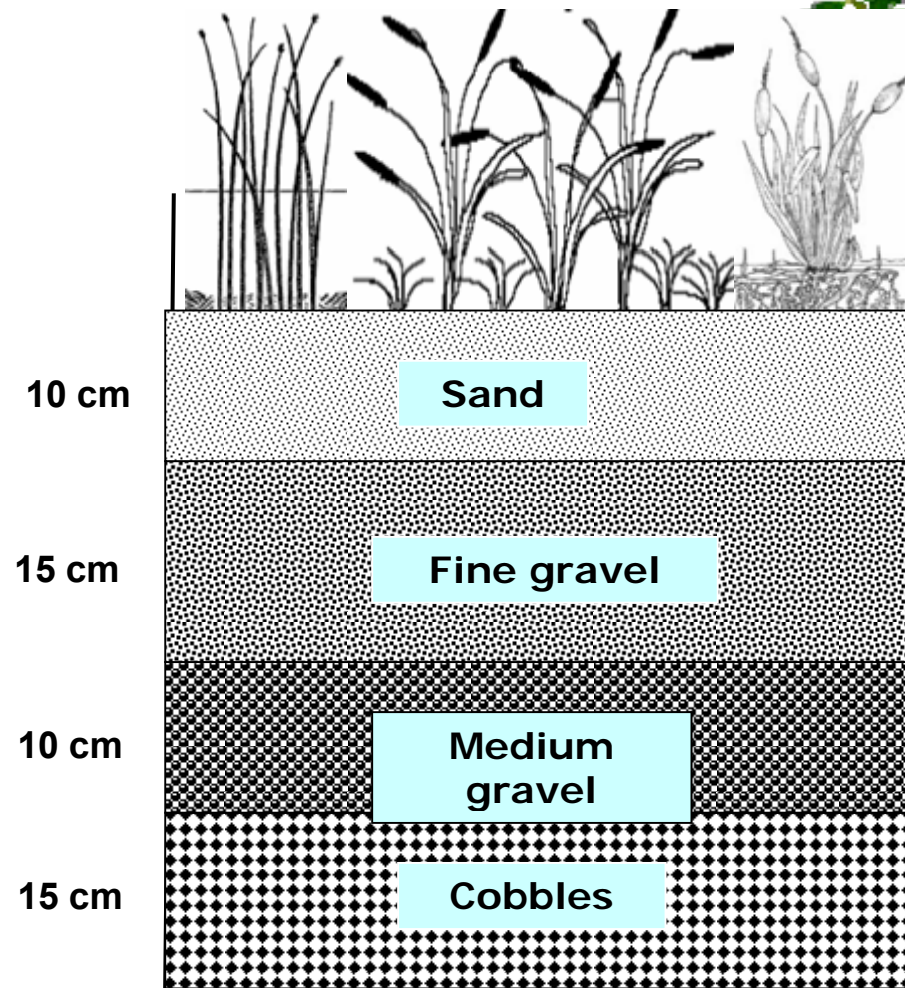
Ευρωπαϊκός τύπος

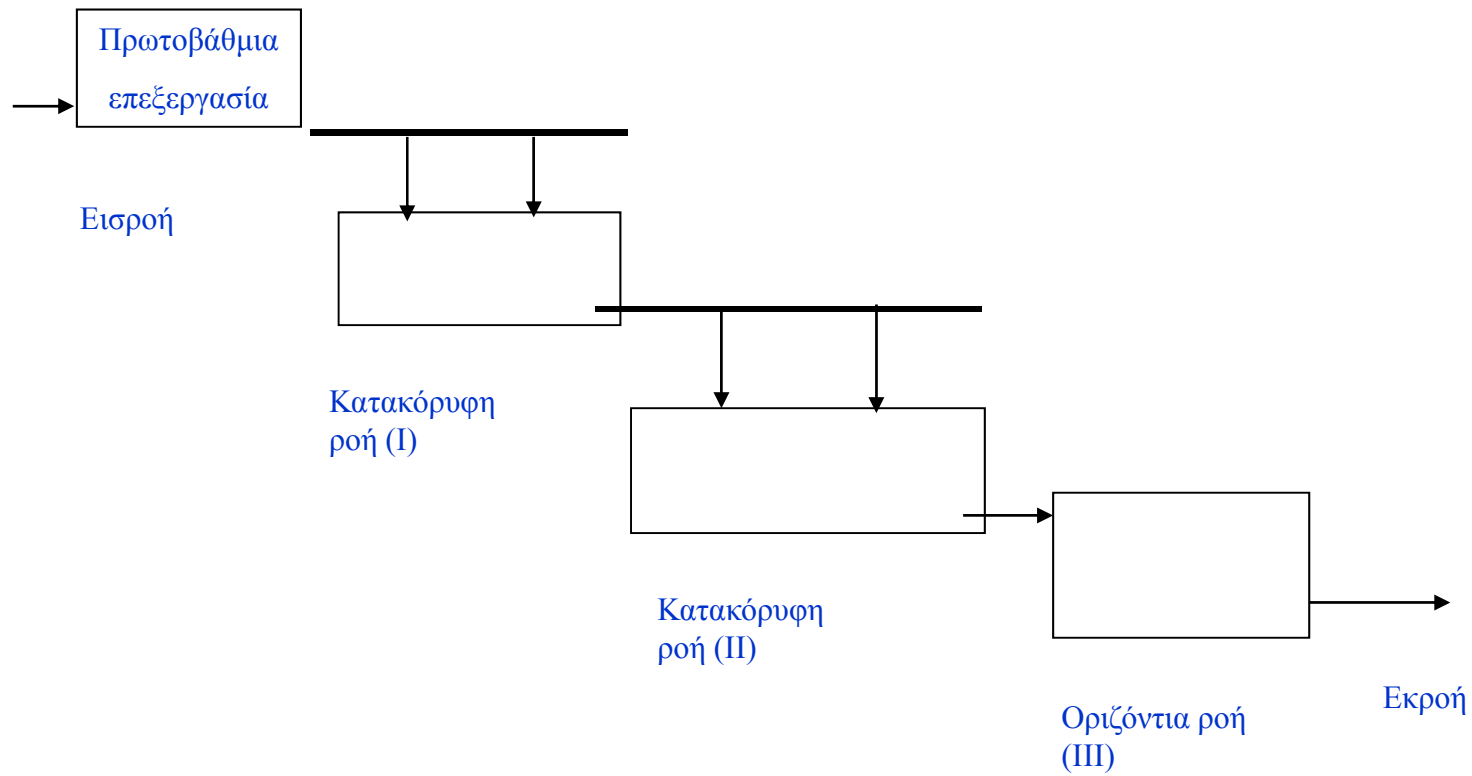
Sand: $d_{50} = 0.5 \text{ mm}$

Fine gravel: $d_{50} = 6 \text{ mm}$

Medium gravel: $d_{50} = 24.4 \text{ mm}$

Cobbles: $d_{50} = 90 \text{ mm}$





Τεχνητός Υγροβιότοπος Κατακόρυφης Υπόγειας Ροής – Υβριδικό Σύστημα



ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Μειονεκτήματα

- Χρήση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην κατασκευή (σκυρόδεμα, χάλυβας κ.λ.π.) και στην λειτουργία (ηλεκτρική ενέργεια, χημικά κ.λ.π.)
- Παραγωγή σημαντικών ποσοτήτων παραπροϊόντων, που απαιτούν περαιτέρω επεξεργασία (μεγάλες ποσότητες ιλύος)
- Έχουν πολλά μηχανικά μέρη
- Απαιτήσεις σε εξειδικευμένο προσωπικό
- Απαίτηση υψηλού κόστους κατασκευής και λειτουργίας

Πλεονέκτημα

- Σχετικά χαμηλή απαίτηση έκτασης

ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Πλεονεκτήματα

- Χρήση μόνο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακή, αιολική κ.λ.π.)
- Παραγωγή μηδαμινών ποσοτήτων παραπροϊόντων, που δεν χρειάζονται περαιτέρω επεξεργασία (φυτική βιομάζα)
- Δεν έχουν μηχανικά μέρη
- Δεν έχουν απαιτήσεις σε εξειδικευμένο προσωπικό
- Χαμηλό κόστος κατασκευής (αν υπάρχουν διαθέσιμες εκτάσεις), μηδαμινό λειτουργικό κόστος
- Είναι συμβατά με τα συμβατικά συστήματα (μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επέκταση υπάρχουσας εγκατάστασης)

Μειονέκτημα

- Σχετικά μεγάλη απαίτηση έκτασης



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

- * Συμβατικό σύστημα - Βιολογικός σταθμός Παροικιάς, Πάρου



... ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

- * Λίμνες σταθεροποίησης και τεχνητοί υγροβιότοποι - Πιλοτικές εγκαταστάσεις του ΕΘΙΑΓΕ στον Γαλλικό Ποταμό, Θεσσαλονίκη



... ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

- * Άρδευση με λύμα - Πιλοτικές Εγκαταστάσεις του ΕΘΙΑΓΕ στο Ηράκλειο Κρήτης



... ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

- * Επεξεργασία κασίγαρου (υγρά ελαιοτριβείων) - Πιλοτικές Εγκαταστάσεις του ΕΘΙΑΓΕ στο Ηράκλειο, Κρήτη



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ



ΓΑΛΛΙΑ - Alba la Romaine



ΓΑΛΛΙΑ - Saint Thome

- * Τεχνητός υγροβιότοπος κατακόρυφης ροής (400 capita)

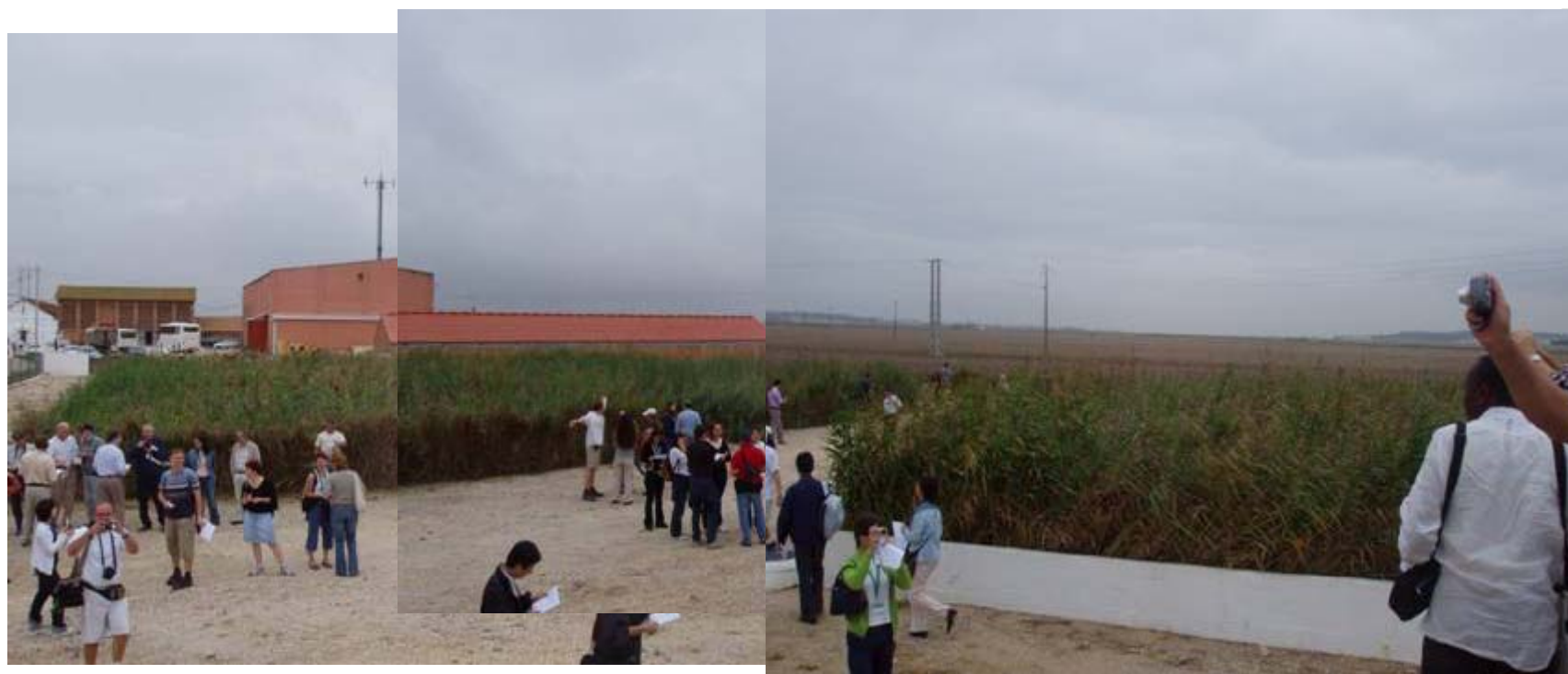


ΓΑΛΛΙΑ - Roussillon

- * Τεχνητός υδροβιότοπος κατακόρυφης ροής (1250 capita)



ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ: ALCOCHETE (500 Ι.Κ.)





ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ: ΒΕЈА-SADO (23435 Ι.Κ.)



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ, ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΔΠΘ

Έρευνα σε τεχνητούς υγροβιοτόπους:

1. Πειράματα σε πιλοτικές μονάδες για την μελέτη και βελτιστοποίηση των παραμέτρων σχεδιασμού (φυσικά μοντέλα)
2. Παρακολούθηση λειτουργίας εγκαταστάσεων πλήρους κλίμακας
3. Σχεδιασμός – μελέτη – επίβλεψη κατασκευής – παρακολούθηση λειτουργίας νέων μονάδων
4. Ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων και συστημάτων λήψης απόφασης (DSS)



1. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΣΕ ΠΙΛΟΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ



ΠΙΛΟΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

- * Πιλοτικές μονάδες ΤΥΟΥΡ για την Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων (5)
- * Πιλοτικές μονάδες ΤΥΕΡ για την Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων (5)
- * Πιλοτικές μονάδες ΤΥΚΡ για την Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων (10)
- * Πιλοτικές μονάδες ΤΥΚΡ για την διαχείριση της λυματολάσπης (11 + 2)
- * Πιλοτικές μονάδες (Λυσίμετρα) για την Μελέτη/ Ποσοτικοποίηση της Εξατμισοδιαπνοής σε Τεχνητούς Υγροβιοτόπους Επιφανειακής και Υπόγειας Ροής (10)

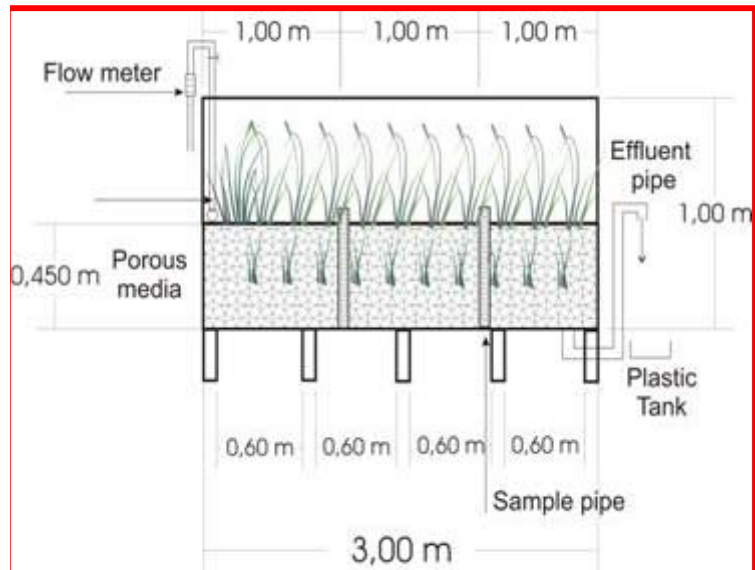


Πιλοτικές Μονάδες ΤΥΟΥΡ για την Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων

- * 5 Δεξαμενές ορθογωνικής διατομής διαστάσεων 3m μήκος, 0,75 m πλάτος και 1 m βάθος ($A=2.25 \text{ m}^2$)
 - 3 Δεξαμενές είναι γεμισμένες με μέσο χαλίκι:
 - * 1 δεξαμενή δεν είναι φυτεμένη και χρησιμοποιείται ως control
 - * Οι άλλες δύο είναι φυτεμένες η μία με *Typha* (ψαθί) και η άλλη με *Phragmites* (λεπτό καλάμι)
 - 2 Δεξαμενές είναι γεμισμένες η μία με λεπτό χαλίκι και η άλλη με κροκάλες. Και οι δύο είναι φυτεμένες με *Phragmites* (λεπτό καλάμι)
 - Παράλληλα πειράματα για σύγκριση επίδρασης παραγόντων, όπως:
 - * είδους βλάστησης, μεγέθους κόκκου πορώδους υλικού
 - * παροχής, οργανικού φορτίου, χρόνου παραμονής
 - * θερμοκρασίας
 - * επανακυκλοφορίας αποβλήτου

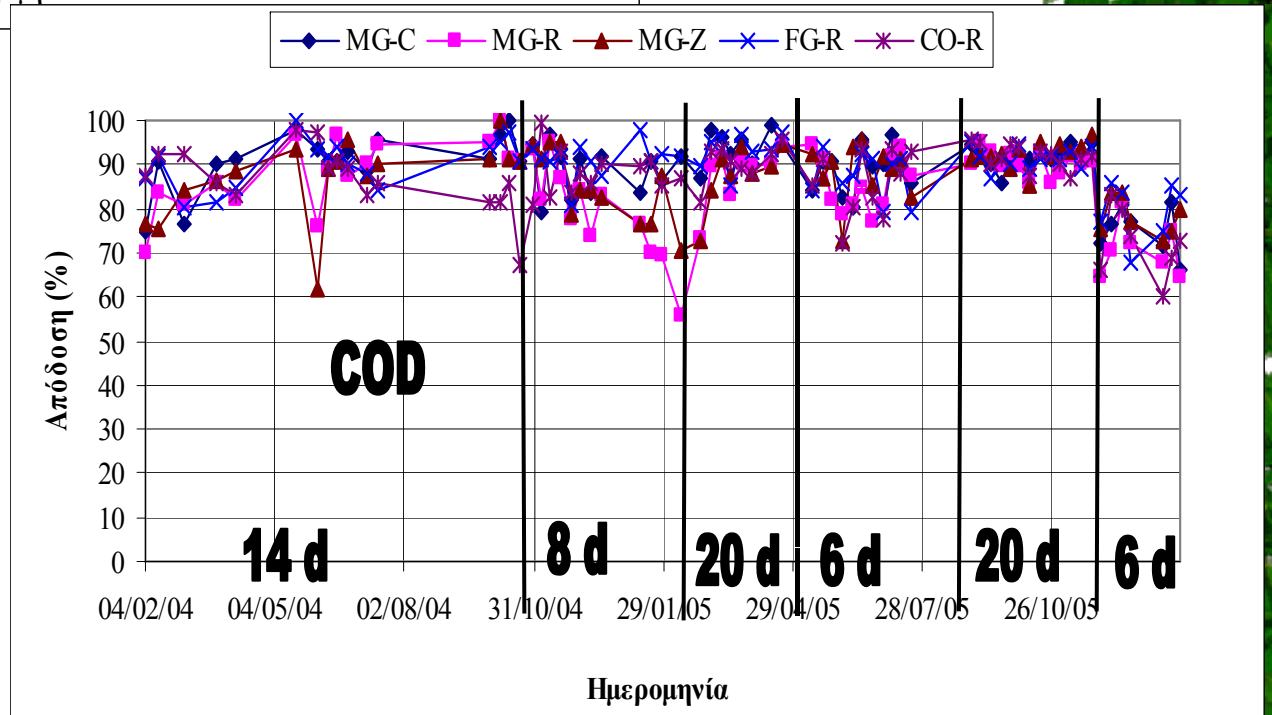
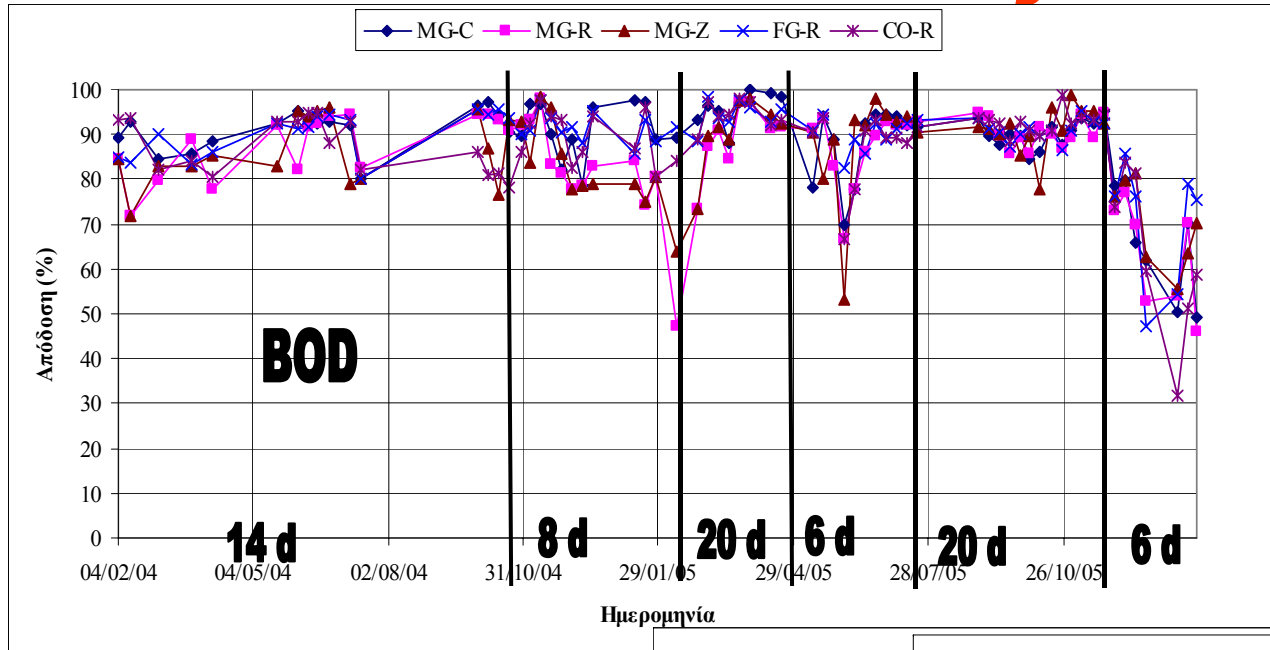




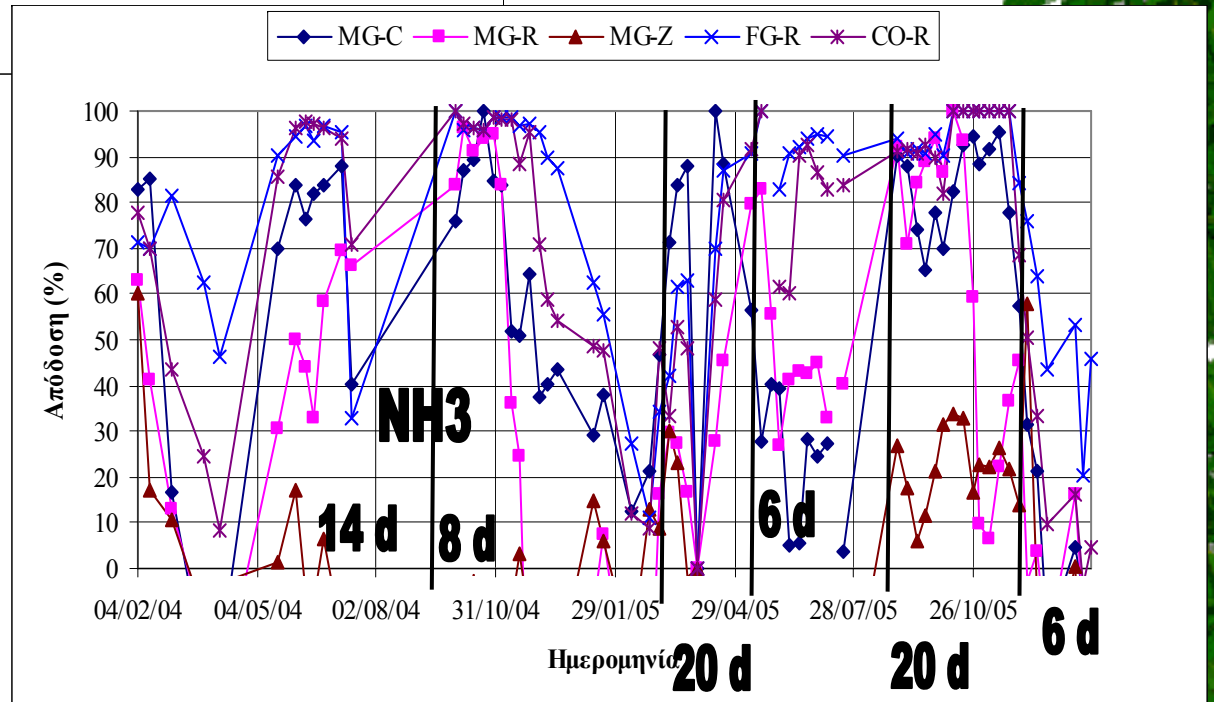
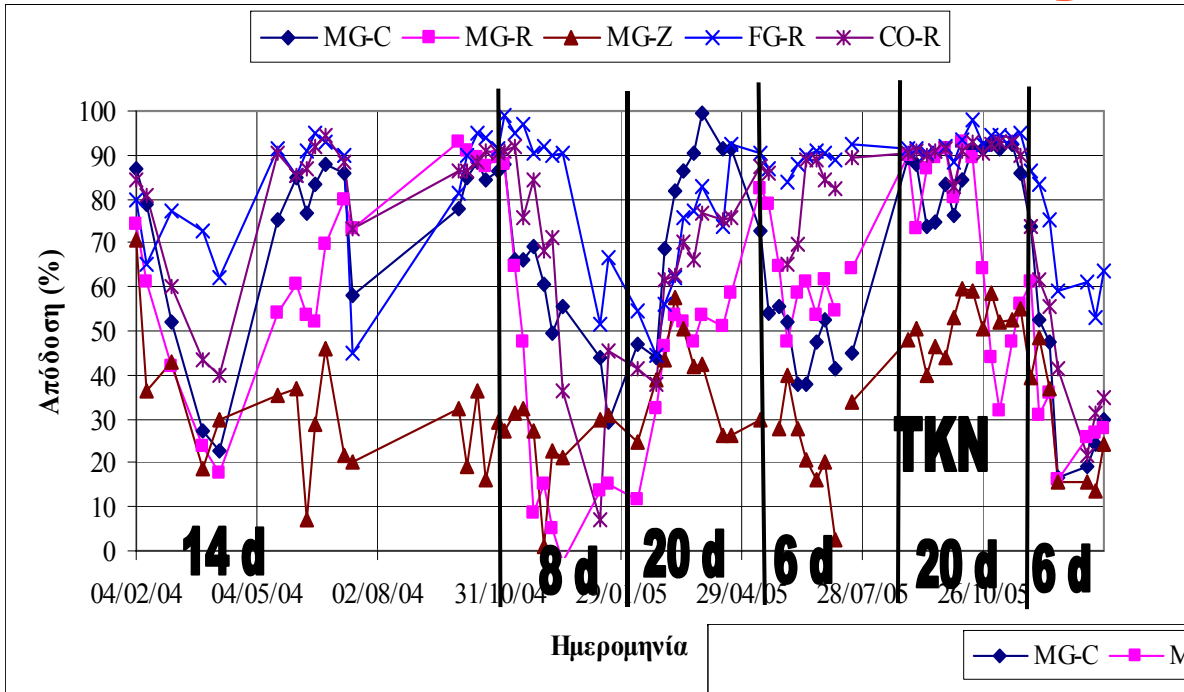




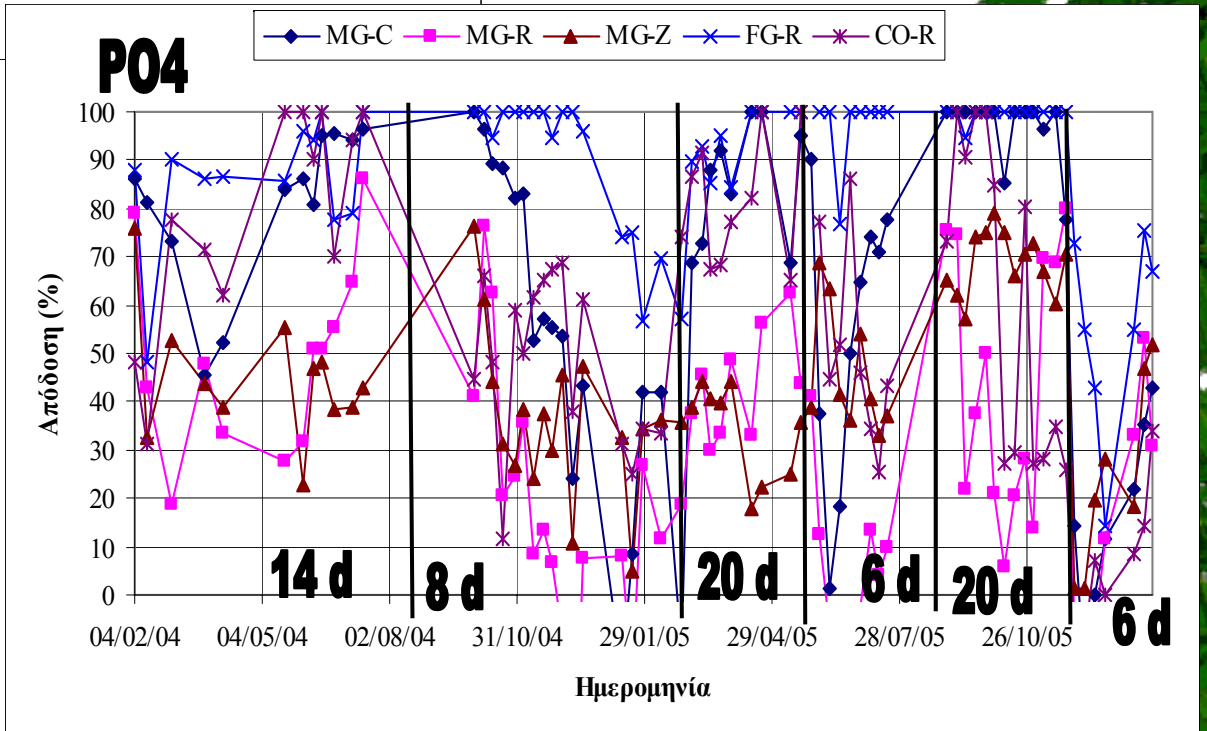
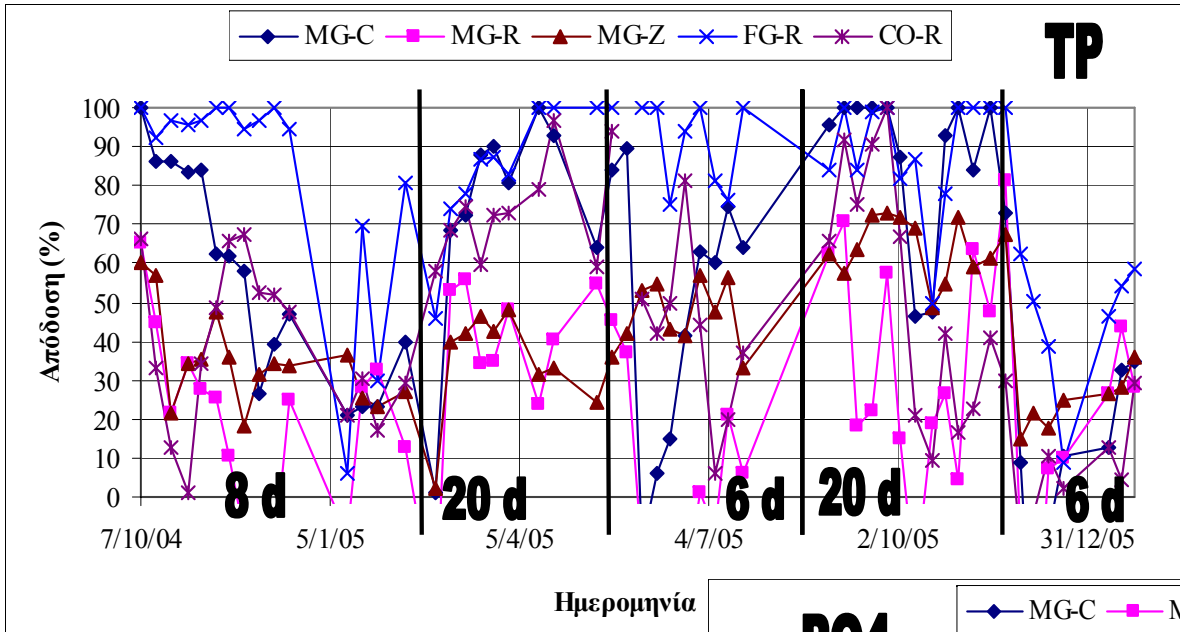
Αποδόσεις

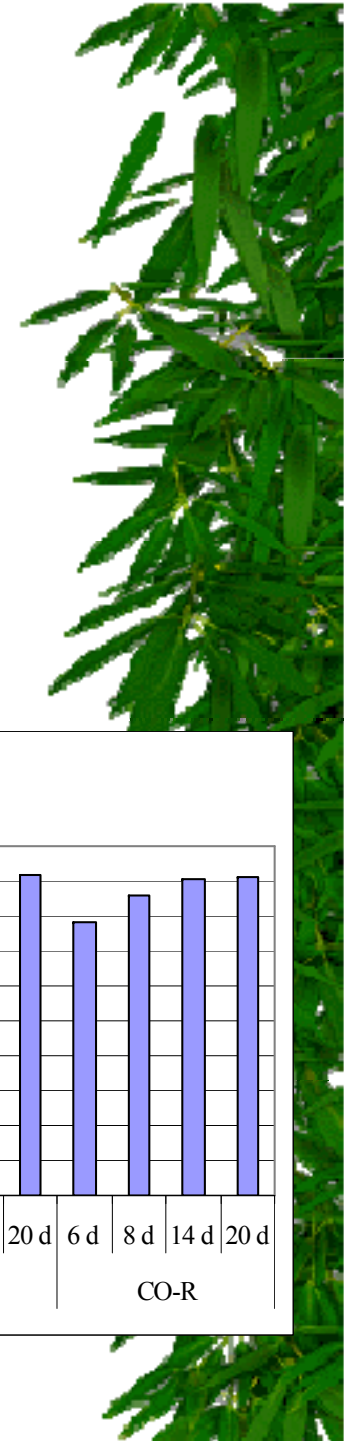
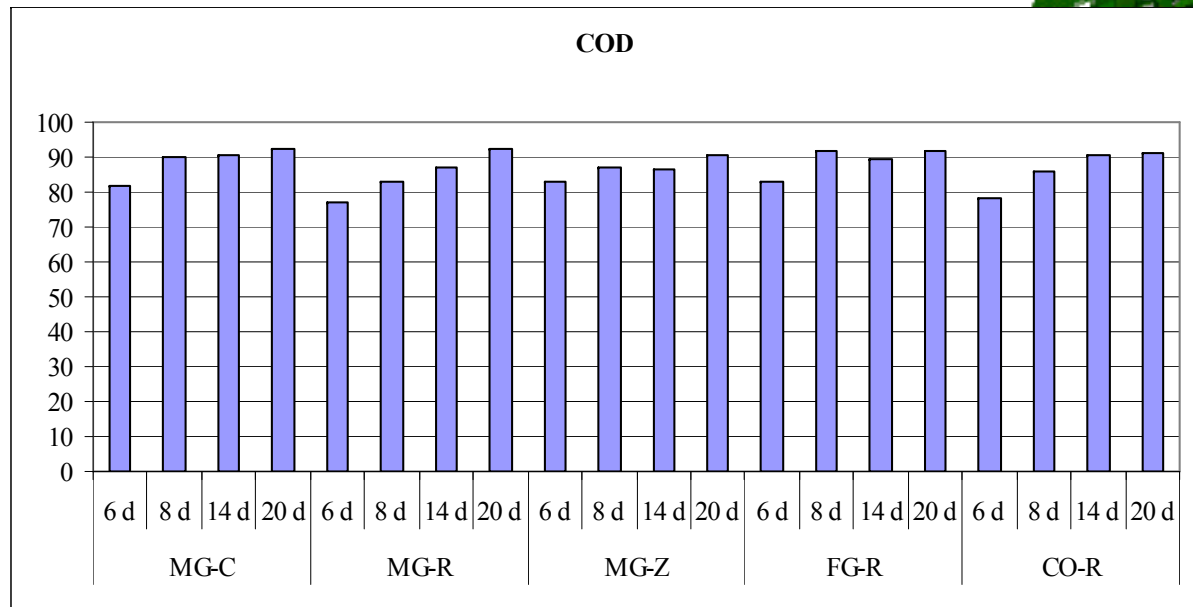
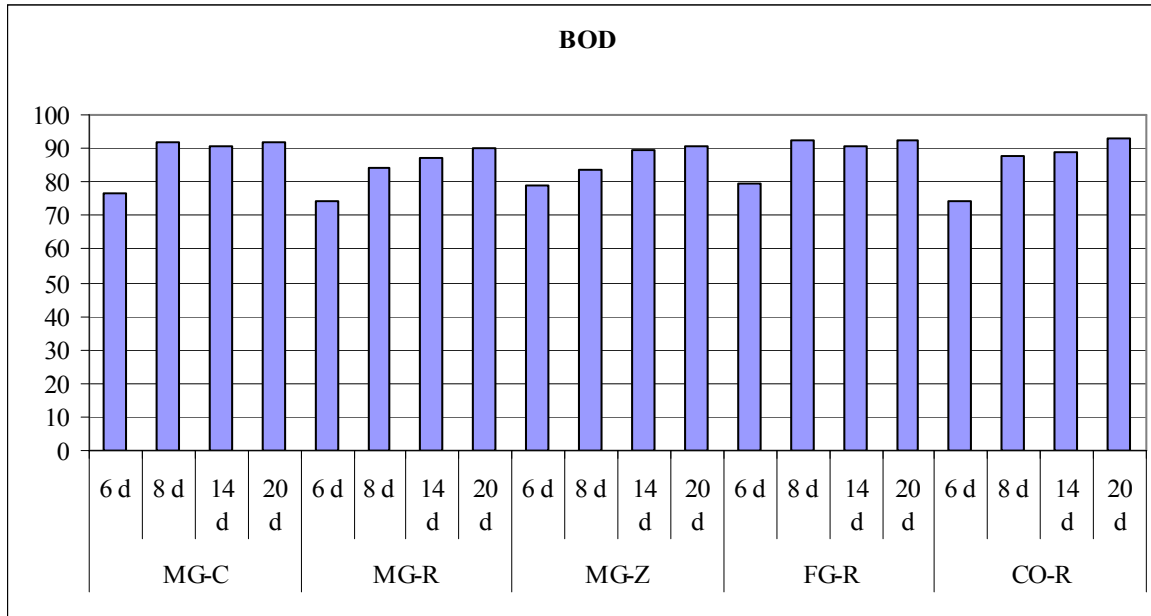


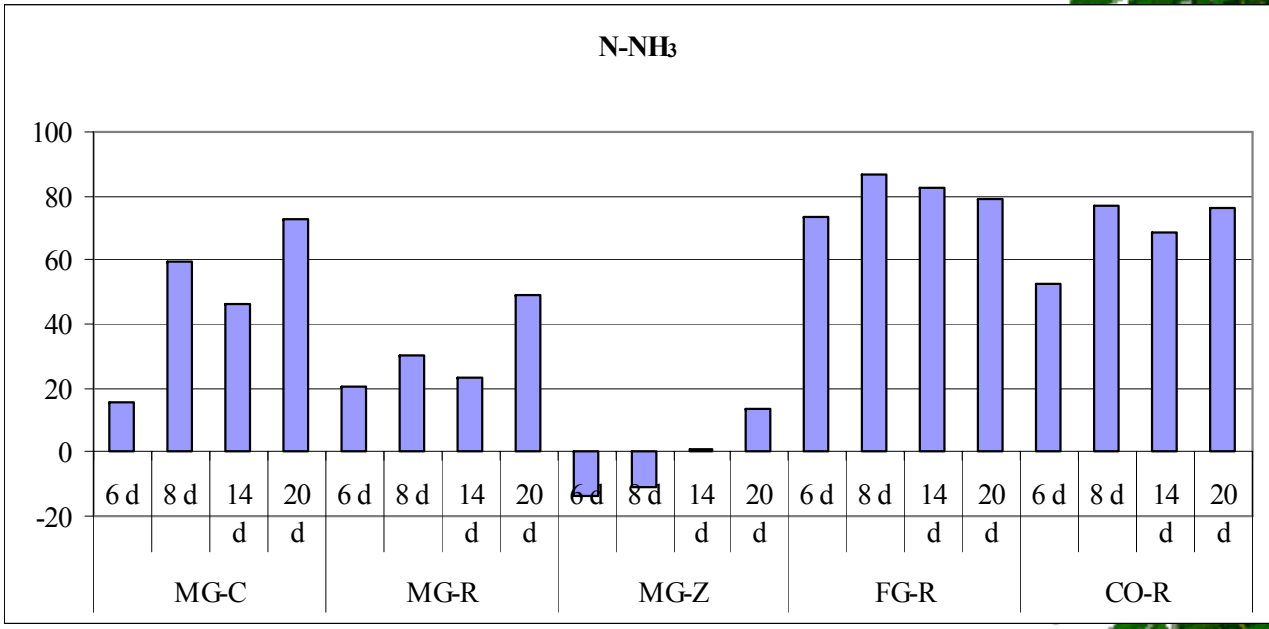
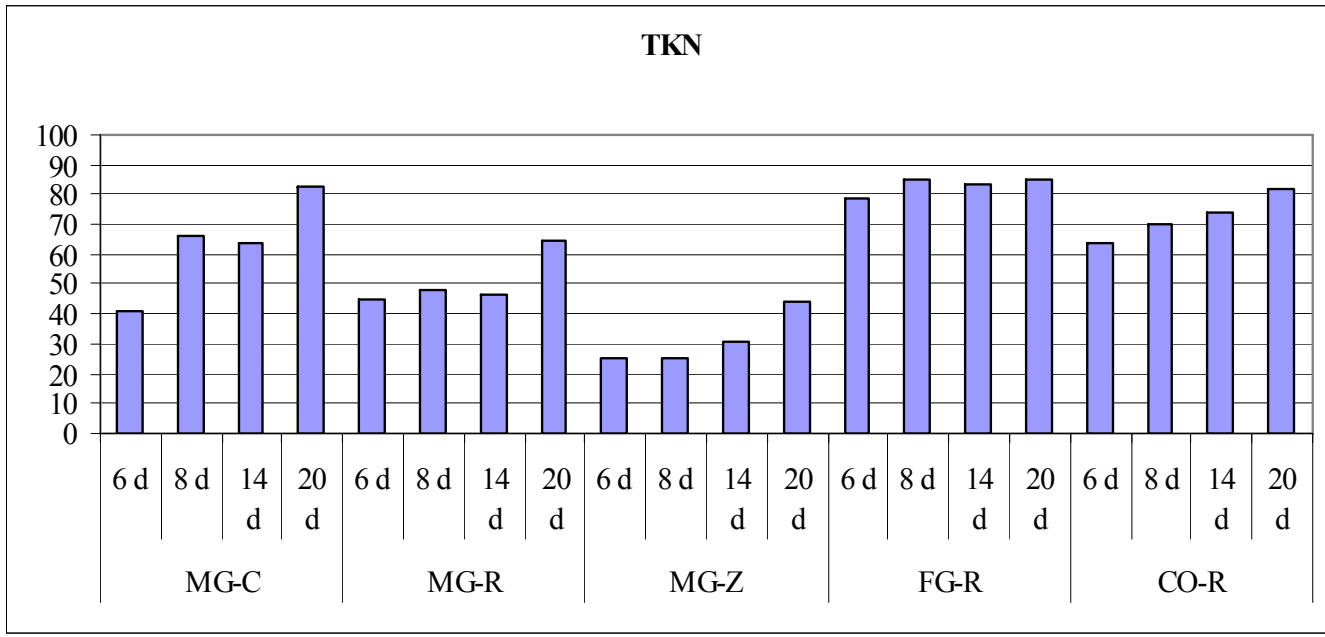
Αποδόσεις

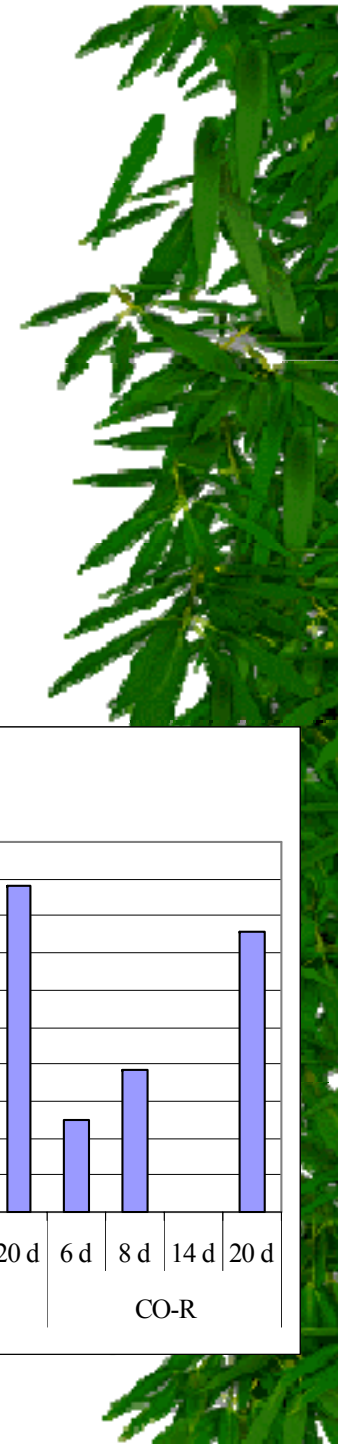
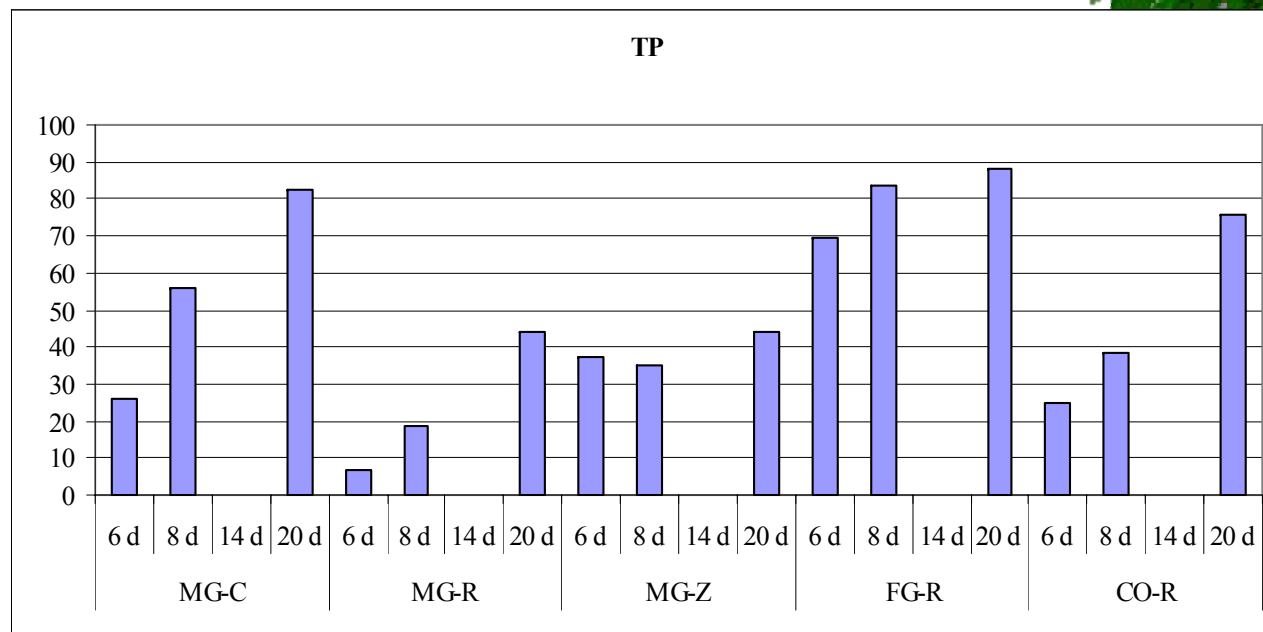
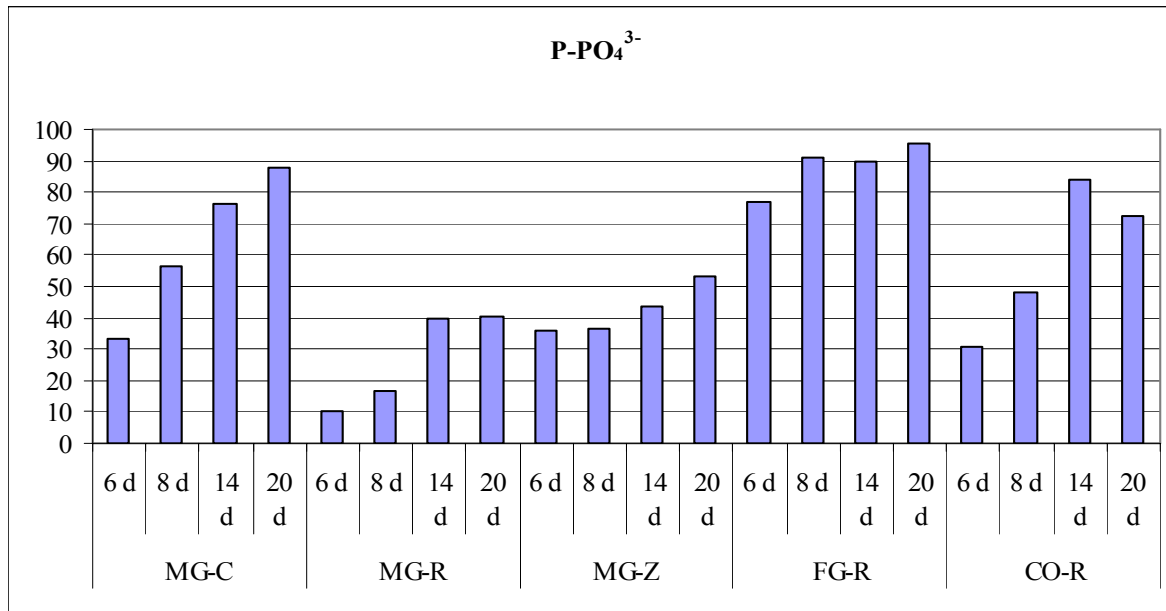


Αποδόσεις









Πιλοτικές Μονάδες ΤΥΕΡ για την Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων

- * 5 δεξαμενές, διαστάσεις 3.8m μήκος, 0,85 m πλάτος and 0.75 m βάθος ($A=3.23 \text{ m}^2$):
 - 1 ορθογωνική, με άμμο, με βλάστηση *Typha*
 - 1 ορθογωνική, με άργιλο, με βλάστηση *Typha*
 - 1 ορθογωνική, με άργιλο, με βλάστηση *Arundo Donax*
 - 1 ορθογωνική, με άργιλο, με βλάστηση *Phragmites*
 - 1 τραπεζοειδής, με άργιλο, με βλάστηση *Typha*
- * Παράλληλα πειράματα για εξέταση επίδρασης παραγόντων, όπως:
 - είδος βλάστησης, υφή εδαφικού υλικού βάσης
 - σχήμα δεξαμενής σε κάτοψη
 - παροχή, οργανικό φορτίο, χρόνος παραμονής
 - θερμοκρασία
 - επανακυκλοφορία αποβλήτου



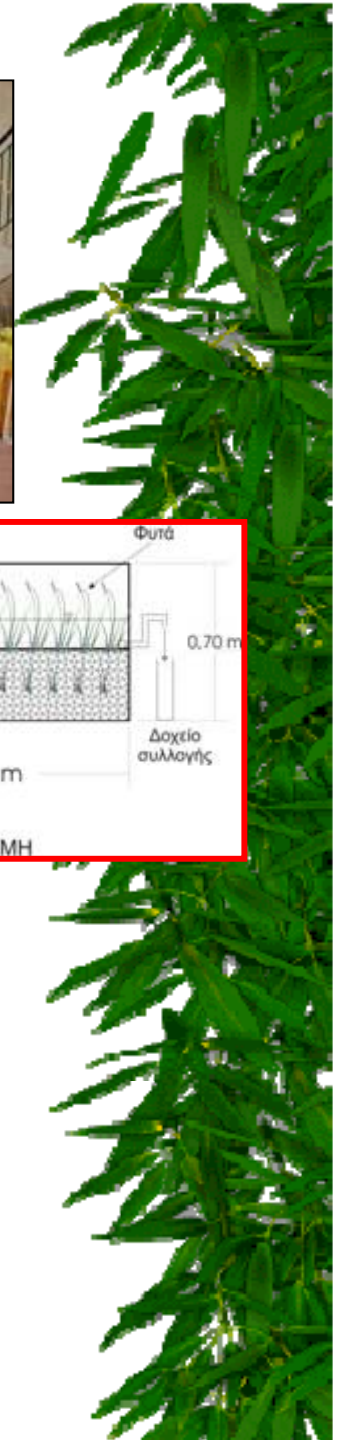
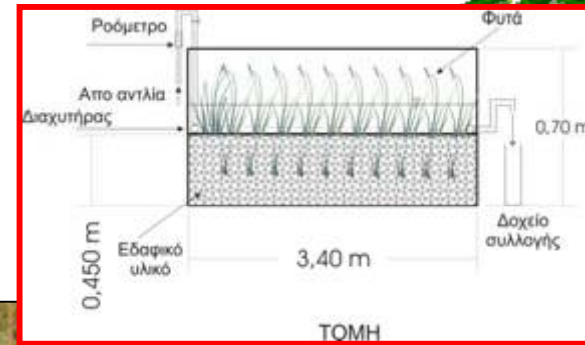


Figure 1

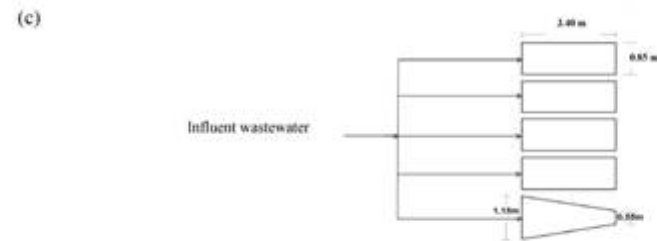
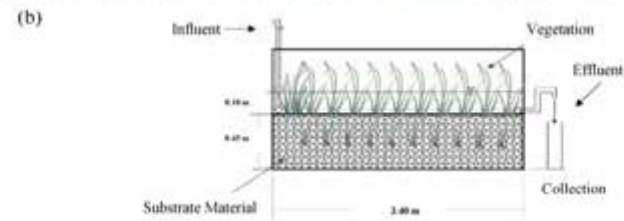
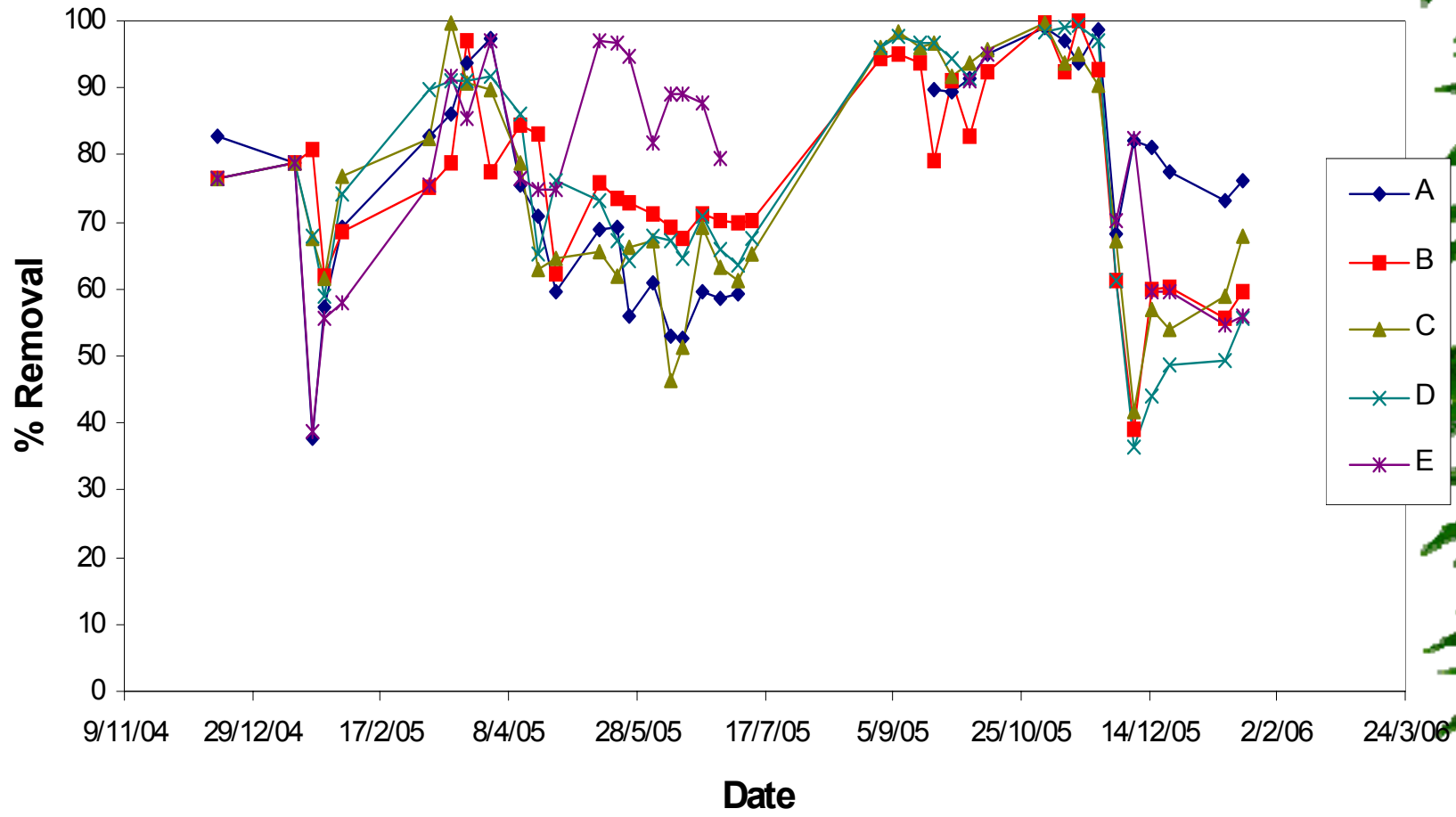
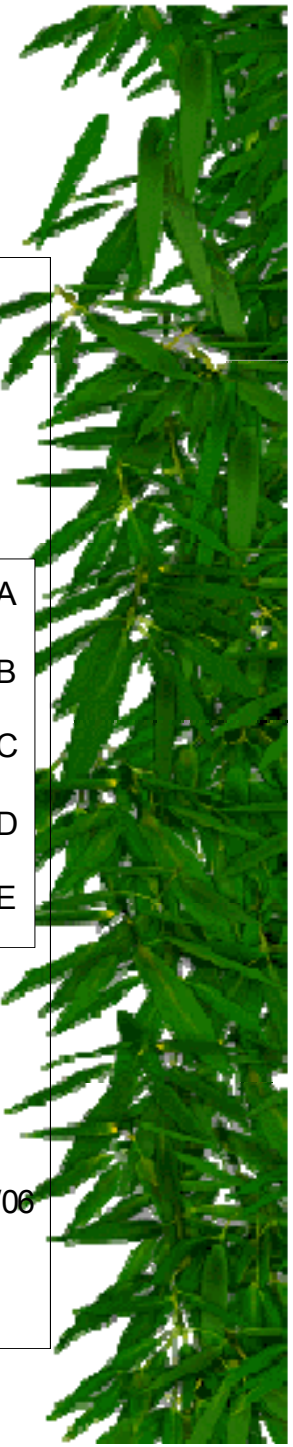
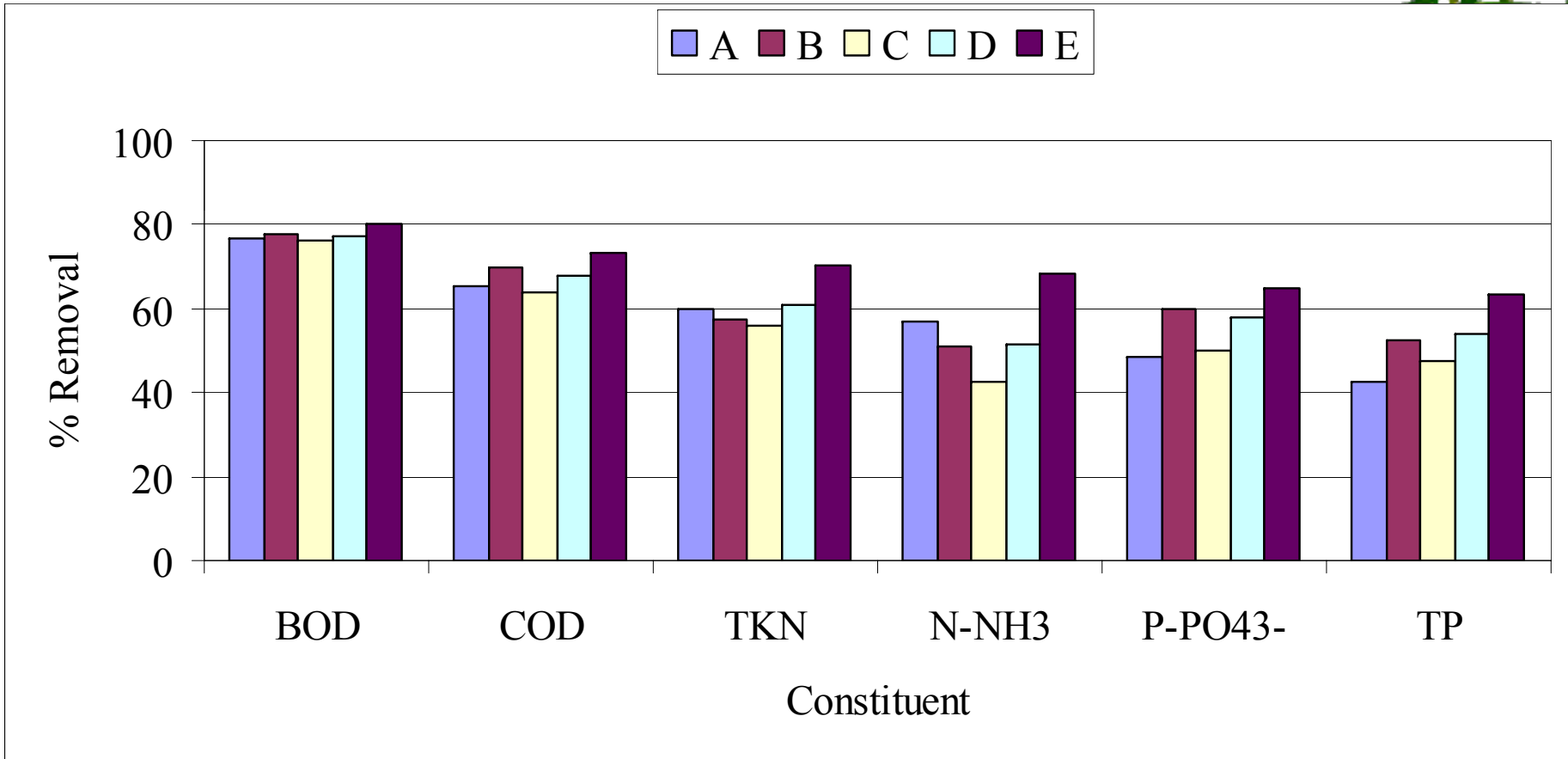


Chart Removal BOD



- A
- B
- C
- D
- E





ΤΥ Κατακόρυφης Ροής – Επεξεργασία Λύματος

* Περιγραφή:

- 10 VF CW: W1 – W10
- Πλαστικές κυλινδρικές δεξαμενές: $d = 0,8 \text{ m}$
 $h = 1,5 \text{ m}$ $A = 0,57 \text{ m}^2$
- a) Πορώδες μέσο στράγγισης: κροκάλα (15 cm)
b) Άλλα πορώδη μέσα (μέσο – λεπτό χαλίκι, άμμος)
- Κύρια υλικά: Ασβεστολιθικό (λατομείο), πυριγενές (ποτάμιο)
- Εναλλακτικά υλικά: ζεόλιθος, βωξίτης
- Φυτά: λεπτό καλάμι (*Phragmites australis*), ψαθί (*Typha latifolia*)
- Σωλήνες αερισμού από PVC
- Τύπος σχεδιασμού: Ευρωπαϊκός, Γαλλικός, Αμερικάνικος
- Εκροή: 10 πλαστικά δοχεία των 150 L



... ΤΥΚΡ – Επεξεργασία Λύματος



Τ.Υ. Κατακόρυφης ροής

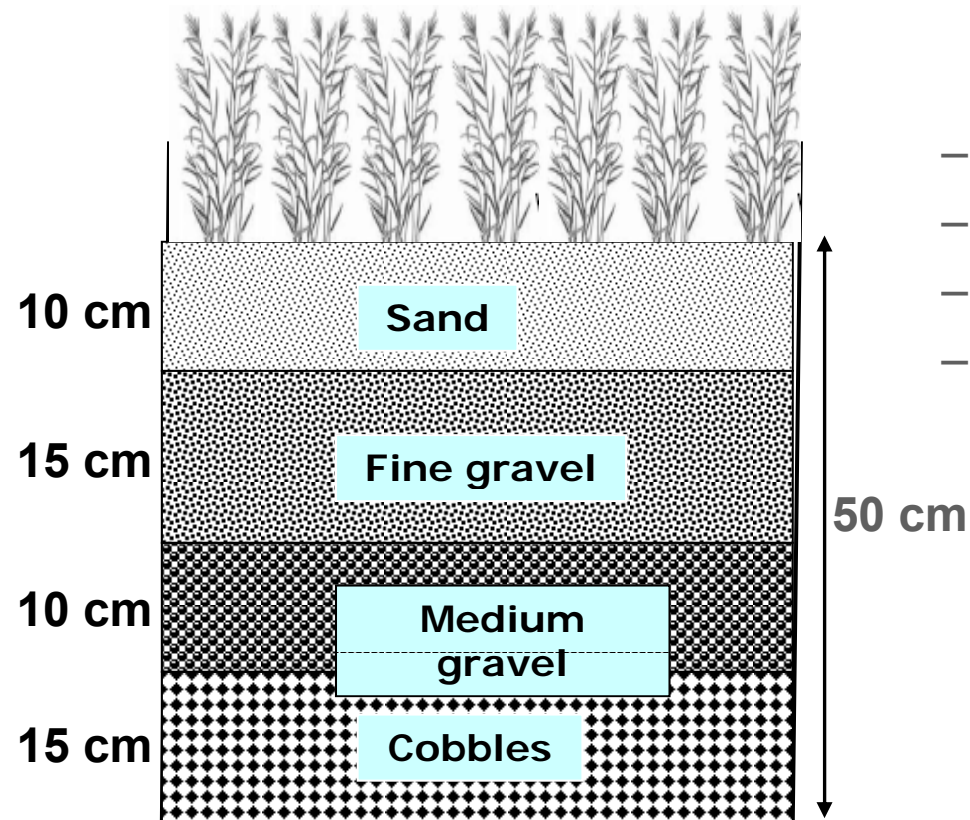
Δοχεία συλλογής εκροής

... ΤΥΚΡ – Επεξεργασία Λύματος



... ΤΥΚΡ – Επεξεργασία Λύματος

Ευρωπαϊκός τύπος: W1 - W8

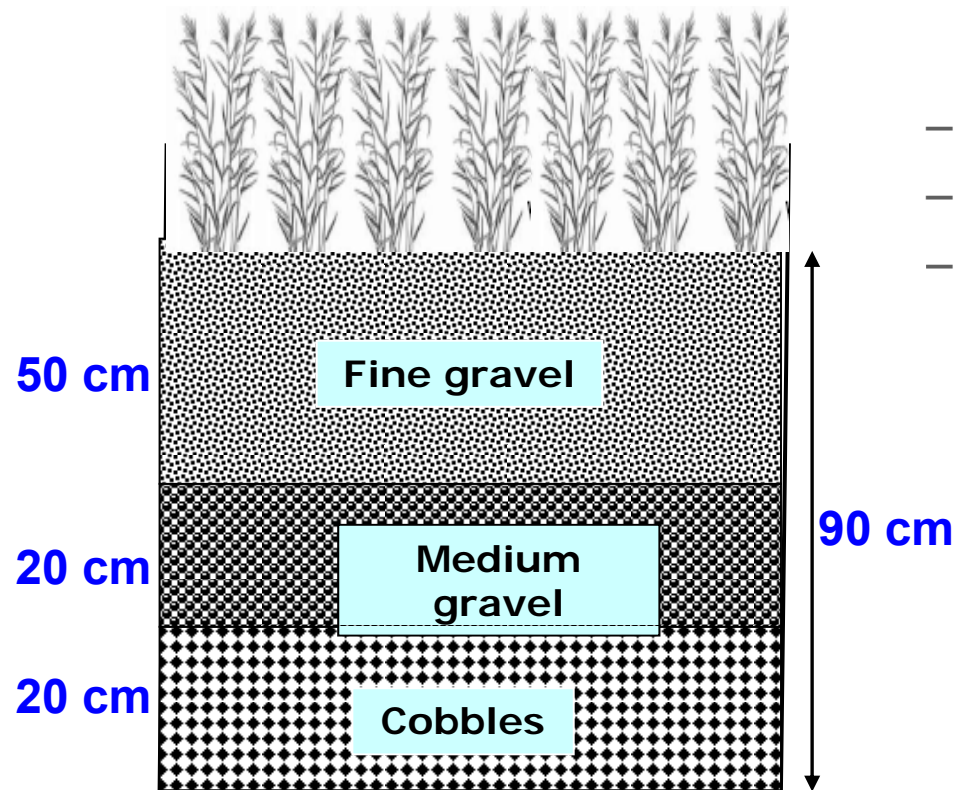


- Άμμος: $d_{50} = 0,5 \text{ mm}$
- Λεπτό χαλίκι: $d_{50} = 6 \text{ mm}$
- Μέσο χαλίκι: $d_{50} = 24,4 \text{ mm}$
- Κροκάλα: $d_{50} = 90 \text{ mm}$



... ΤΥΚΡ – Επεξεργασία Λύματος

Γαλλικός τύπος: W9

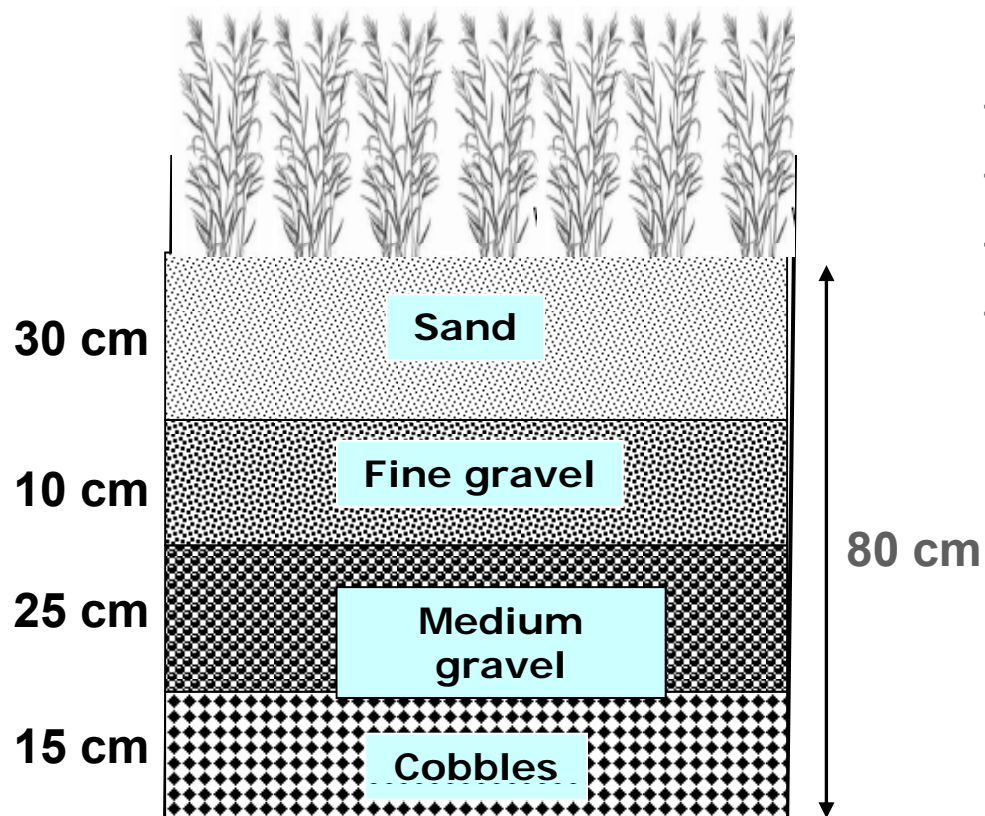


- Λεπτό χαλίκι: $d_{50} = 6 \text{ mm}$
- Μέσο χαλίκι: $d_{50} = 24,4 \text{ mm}$
- Κροκάλα: $d_{50} = 90 \text{ mm}$

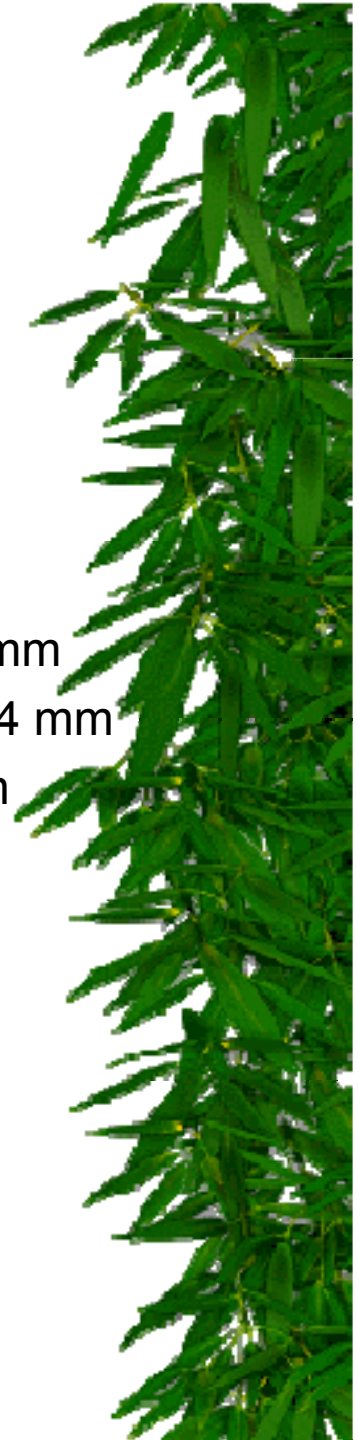


... ΤΥΚΡ – Επεξεργασία Λύματος

Αμερικανικός τύπος: W10



- Άμμος: $d_{50}=0.5$ mm
- Λεπτό χαλίκι: $d_{50} = 6$ mm
- Μέσο χαλίκι: $d_{50} = 24.4$ mm
- Κροκάλα: $d_{50} = 90$ mm

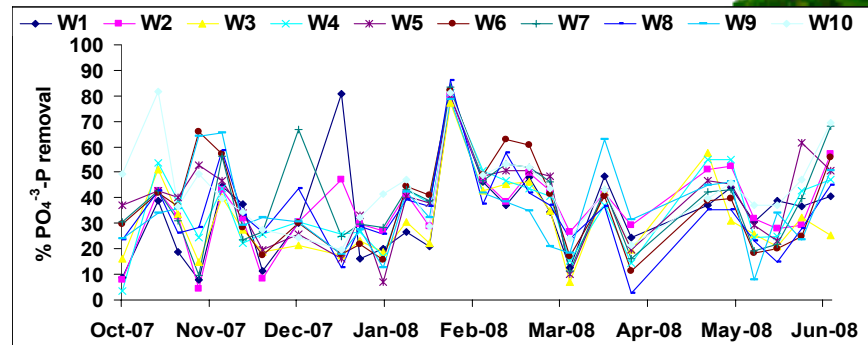
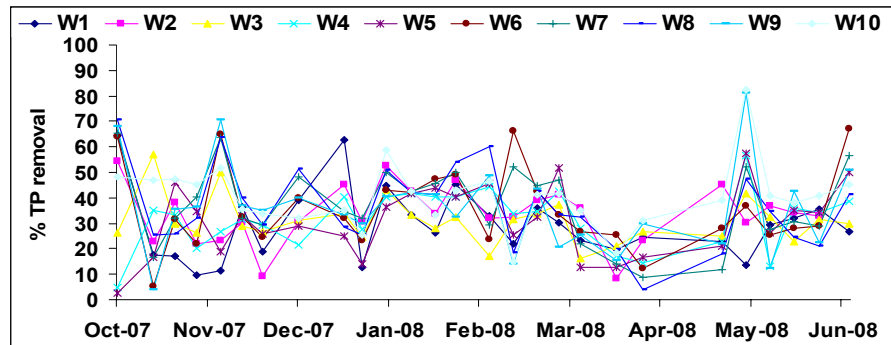
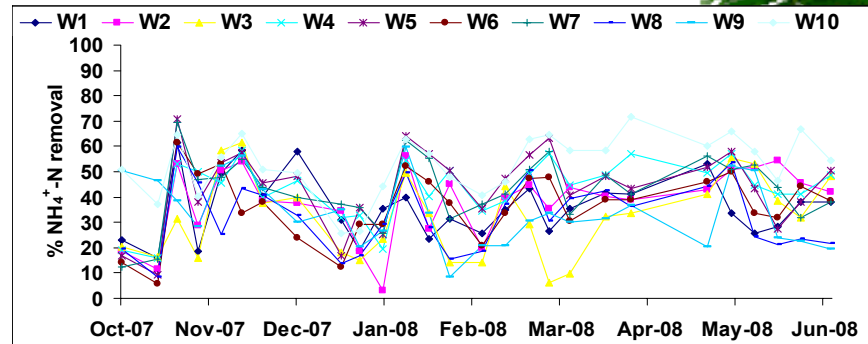
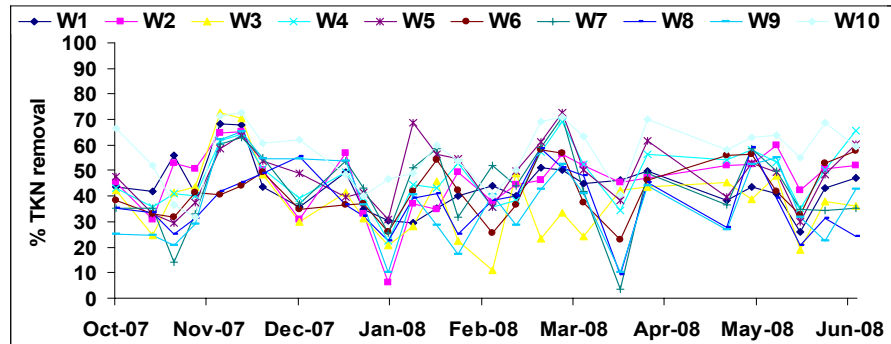
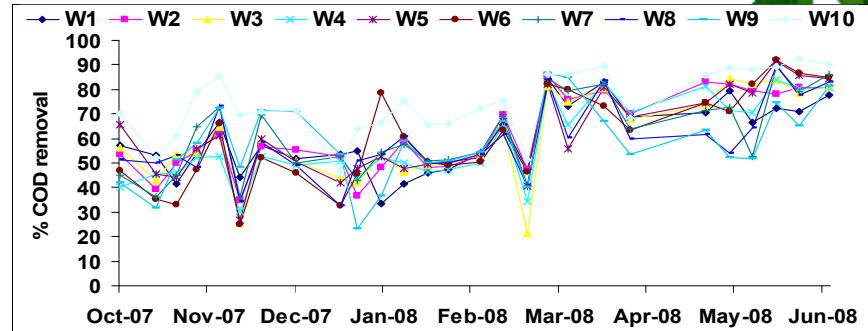
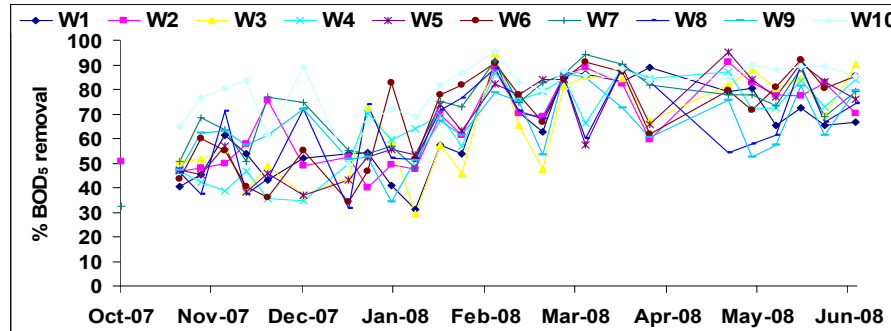


... ΤΥΚΡ – Επεξεργασία Λύματος

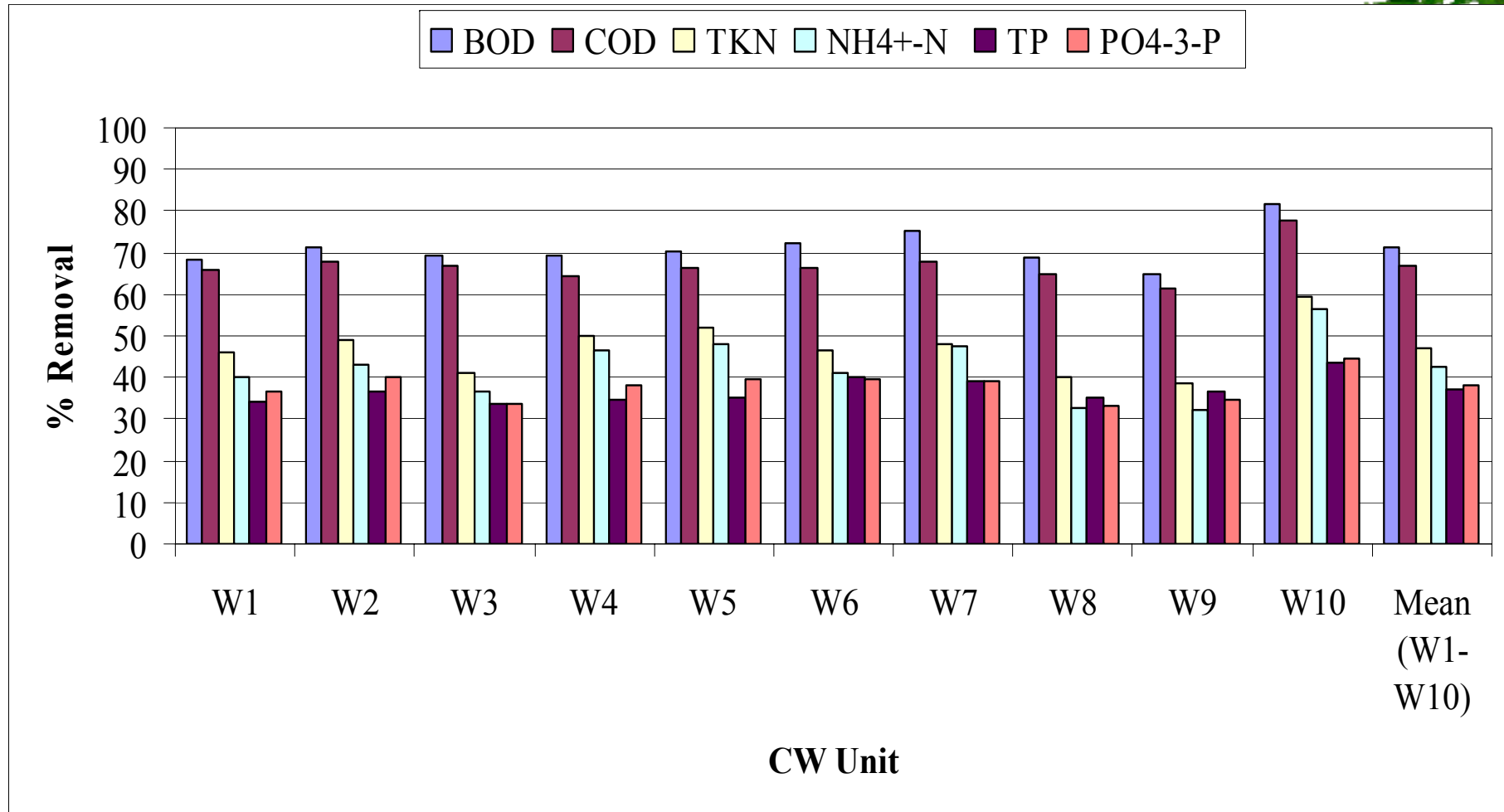
Αριθμ.	Μέσο χαλίκι	Λεπτό χαλίκι	Φυτό	Σωλήνας αερισμού	Τύπος
W1	Ασβεστολιθικό		Λεπτό καλάμι	Ναι	Ευρωπαϊκός
W2	Ασβεστολιθικό		Ψαθί		
W3	Ασβεστολιθικό		Χωρίς φυτό		
W4	Ζεόλιθος	Ασβεστολιθικό	Reed		
W5	50% Ασβεστολιθικό 50% Ζεόλιθος	Ασβεστολιθικό			
W6	50% Ασβεστολιθικό 50% Βωξίτης	Ασβεστολιθικό			
W7	Ποτάμιο				
W8	Ασβεστολιθικό				
W9	Ασβεστολιθικό				
W10	Ασβεστολιθικό				
				Όχι	
				Ναι	Γαλλικός
					Αμερικανικός



... ΤΥΚΡ – Επεξεργασία Λύματος



... ΤΥΚΡ – Επεξεργασία Λύματος



Σύγκριση πιλοτικών συστημάτων

CW type		BOD	COD	NH ₄ ⁺ -N	TKN	OP	TP
HSF ^a	Infl. Loading	g/d	5.8-19.9	9.3-32.1	0.6-2.1	1.0-3.5	0.1-0.5
	Influent	mg/L	361.1	583.6	38.4	64	8.2
	Effluent	mg/L	45.8	72.6	19.6	24.1	3.5
	Removal	%	87.3	87.6	49	62.3	57.3
	Removal	g/m ² /d	2.2-7.7	3.6-12.5	0.13-0.46	0.28-0.98	0.03-0.11
FWS1 ^b	Infl. Loading	g/d	6.1-19.6	10.5-33.8	0.7-2.3	1.2-3.8	0.1-0.5
	Influent	mg/L	338.6	583.2	39.5	65.9	7.8
	Effluent	mg/L	76.2	187.2	18.2	26.1	3.4
	Removal	%	77.5	67.9	53.9	60.4	56
	Removal	g/m ² /d	1.6-5.3	2.5-7.9	0.13-0.43	0.25-0.80	0.03-0.09
FWS2-A ^c	Infl. Loading	g/d	-	-	0.1	-	0.01
	Influent	mg/L	-	-	77.0	-	7.0
	Effluent	mg/L	-	-	26.4	-	7.0
	Removal	%	-	-	65.7	-	0.0
	Removal	g/m ² /d	-	-	0.38	-	0.0
FWS2-B ^c	Infl. Loading	g/d	-	-	0.1	-	0.001
	Influent	mg/L	-	-	71.0	-	0.97
	Effluent	mg/L	-	-	4.4	-	0.8
	Removal	%	-	-	93.8	-	17.9
	Removal	g/m ² /d	-	-	0.50	-	0.001
VF1 ^d	Infl. Loading	g/d	52.1	63.1	5.1	7.3	0.8
	Influent	mg/L	469.6	568.7	45.7	66.0	7.1
	Effluent	mg/L	132.6	186.1	26.5	34.6	4.5
	Removal	%	71.8	67.3	42.0	47.6	36.6
	Removal	g/m ² /d	70.85	80.43	4.04	6.60	0.55
VF2 ^e	Infl. Loading	g/d	-	8.9-17.8	-	1.0-2.0	0.16-0.32
	Influent	mg/L	-	444.2	-	49.0	8.1
	Effluent	mg/L	-	23.1	-	41.2	4.4
	Removal	%	-	94.8	-	16.0	45.7
	Removal	g/m ² /d	-	140.3-280.7	-	2.6-5.2	1.2-2.5
Directive 1991/271/EEC limits			25.0	125.0	-	15.0	-
							2.0

^a Akrotos and Tsihrintzis (2007); ^b Kotti and Tsihrintzis (2010); ^c Antoniadis et al. (2007);

^d Stefanakis and Tsihrintzis (2009a); ^e Prochaska et al. (2007).



Επίδραση λειτουργικών παραμέτρων

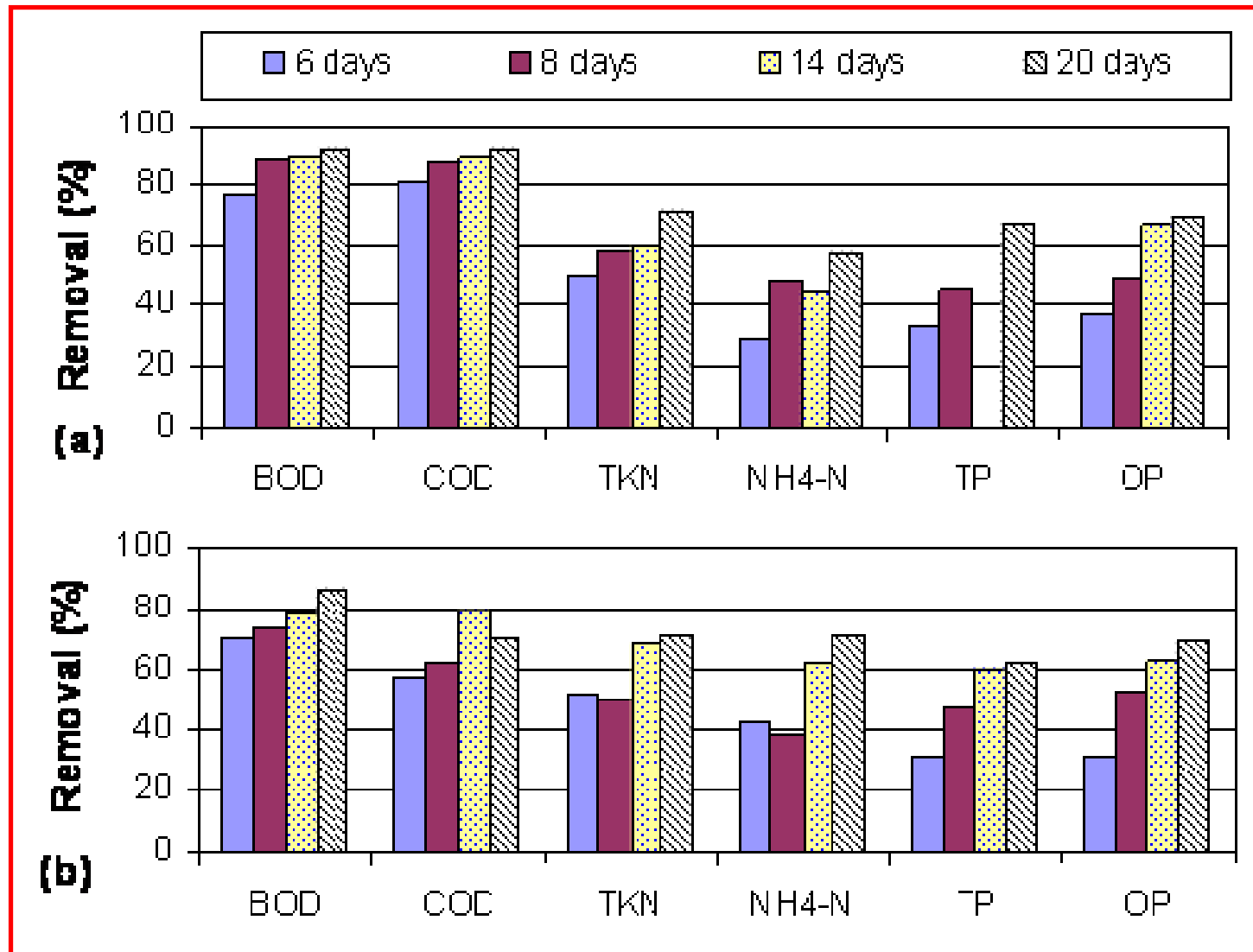
Θερμοκρασία

CW type	Temperature	Removal (%)					
		BOD	COD	NH ₄ ⁺ -N	TKN	OP	TP
HSF ^a	> 15 °C	89.7	89.6	64.0	71.2	66.2	59.4
	< 15 °C	82.7	84.9	33.1*	51.7*	47.7*	40.6*
FWS1 ^b	> 15 °C	81.7	66.8	58.4	63.6	62.7	57.1
	< 15 °C	74.5*	69.1	51.4	58.8	51.5*	48.3*
VF1 ^c	> 15 °C	78.6	78.5	46.0	51.2	40.6	40.1
	< 15 °C	65.8*	58.6*	39.8	44.1	34.2	36.4

^a Akratos and Tsihrintzis (2007); ^b Kotti and Tsihrintzis (2010); ^c Stefanakis and Tsihrintzis (2009a)

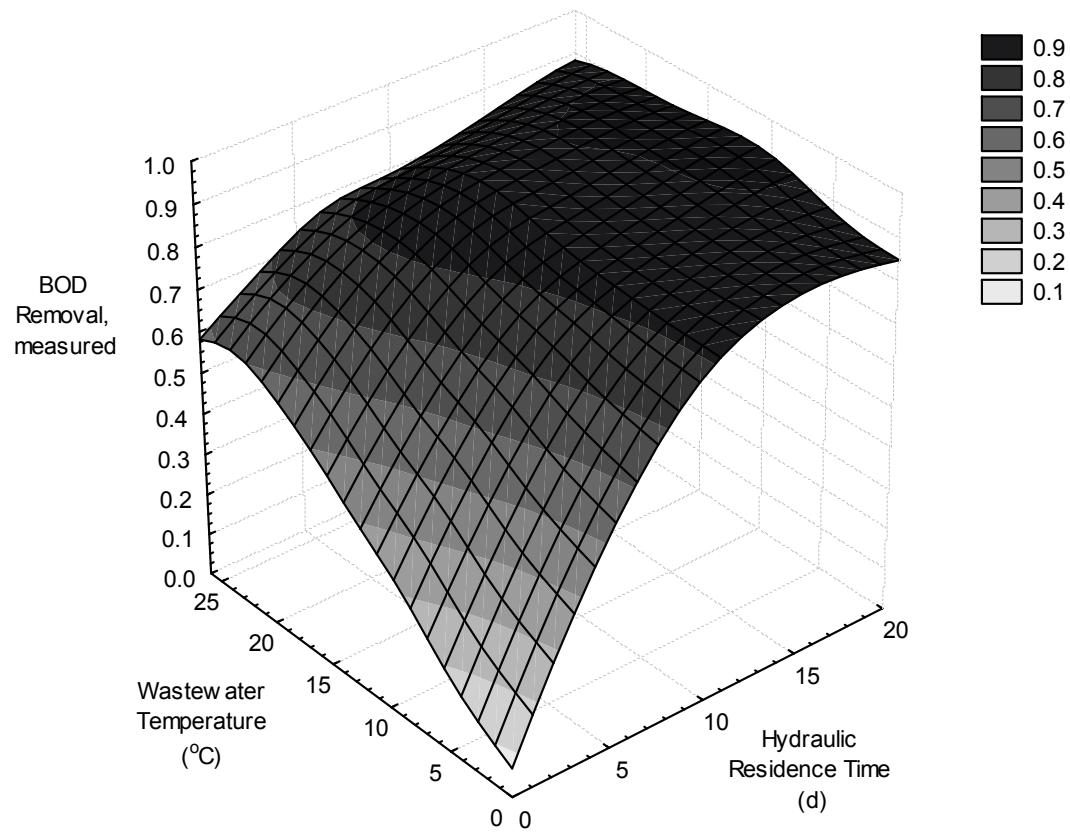
... Επίδραση λειτουργικών παραμέτρων

* Υδραυλικός χρόνος παραμονής (HRT)



... Επίδραση λειτουργικών παραμέτρων

★ ΤΥΟΥΡ - BOD



... Επίδραση λειτουργικών παραμέτρων

* HRT

- ΤΥΟΥΡ: Στατ. σημαντικές διαφορές για HRT μεταξύ 6-8d
 - * Ένας HRT 8 - 14 d είναι απαραίτητος για αφαίρεση των ρύπων
- ΤΥΕΡ: Με βάση στατ. ανάλυση:

Ρύπος	Θερμ. < 15°C	Θερμ. > 15°C	Πρόταση
BOD	20 d	14d	20 d
COD	14 d	14 d	14 d
TKN	14 d	14 d	14 d
Ammonia	14 d	14 d	14 d
TP	20 d	14d	20 d
OP	20 d	14d	20 d



... Επίδραση λειτουργικών παραμέτρων

* Επίδραση βλάστησης

– ΤΥΟΥΡ:

- * Το ψαθί έδειξε μεγαλύτερες απομακρύνσεις με στατ. σημαντικές διαφορές για BOD, TKN, ammonia και TP.

– ΤΥΕΡ:

- * Το ψαθί έδειξε μεγαλύτερες απομακρύνσεις με στατ. σημαντικές διαφορές για το COD και τον φώσφορο.

– ΤΥΚΡ:

- * Το ψαθί έδειξε γενικά μεγαλύτερες απομακρύνσεις.
- * Στατ. σημαντική διαφορά βρέθηκε όμως μόνο μεταξύ λεπτού καλαμιού και αφύτευτης δεξαμενής για το TKN.



... Επίδραση λειτουργικών παραμέτρων

* Επίδραση του υλικού

– ΤΥΟΥΡ:

* Μέγεθος πορώδους υλικού:

- Δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά για απομάκρυνση BOD, COD
- Το πορώδες του υλικού επηρεάζει την απομάκρυνση TKN και αμμωνίας (τα μικρότερα πορώδη είναι πιο αποτελεσματικά)
- Το μέγεθος του υλικού επηρεάζει την απομάκρυνση του φωσφόρου (το πιο λεπτόκοκκο υλικό είναι πιο αποτελεσματικό)

– ΤΥΕΡ:

- * Η απομάκρυνση του φωσφόρου είναι μεγαλύτερη σε αργιλικό υπόστρωμα σε σύγκριση με αμμώδες
- * Δεν βρέθηκαν στατ. σημαντικές διαφορές για τους άλλους ρύπους



... Επίδραση λειτουργικών παραμέτρων

* ... Επίδραση του υλικού

* ΤΥΚΡ:

* Πάχος πορώδους μέσου:

- Αυξημένες απομακρύνσεις στα πιο παχιά πορώδη στρώματα
- Πολύ σημαντική η ύπαρξη στρώματος άμμου (Αμερικάνικος τύπος) – Στατ. σημαντική διαφορά

* Είδος υλικού:

- Οι απομακρύνσεις σε μονάδες με ποτάμιο (πυριγενές) υλικό ήταν αυξημένες σε σύγκριση με αυτές σε μονάδες με ασβεστολιθικό υλικό από λατομείο – Εντούτοις, στις περισσότερες περιπτώσεις δεν βρέθηκε στατ. σημαντική διαφορά.
- Μονάδες με ζεόλιθο έδειξαν βελτιωμένη απομάκρυνση αζώτου (χωρίς στατ. σημαντική διαφορά)
- Μονάδες με βωξίτη έδειξαν βελτιωμένη απομάκρυνση φωσφόρου (χωρίς στατ. σημαντική διαφορά)

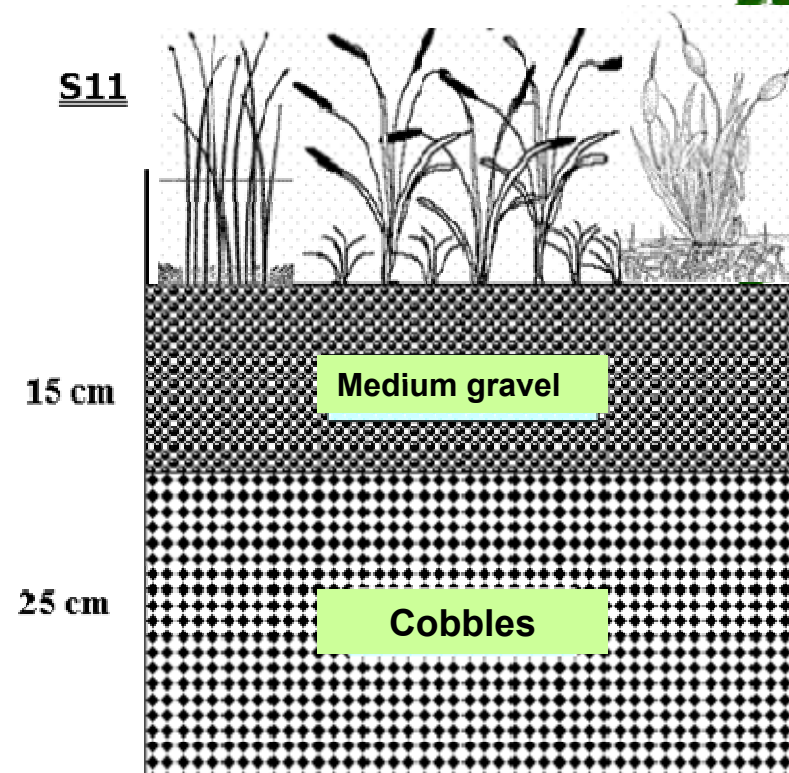
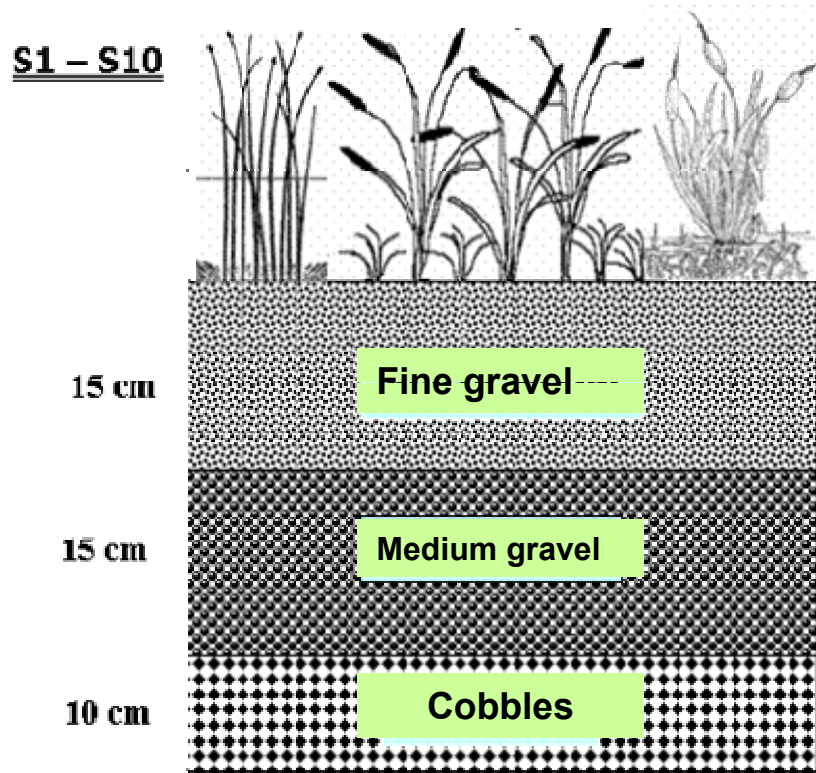


... Πιλοτικές Μονάδες Επεξεργασίας Λυματολάσσης

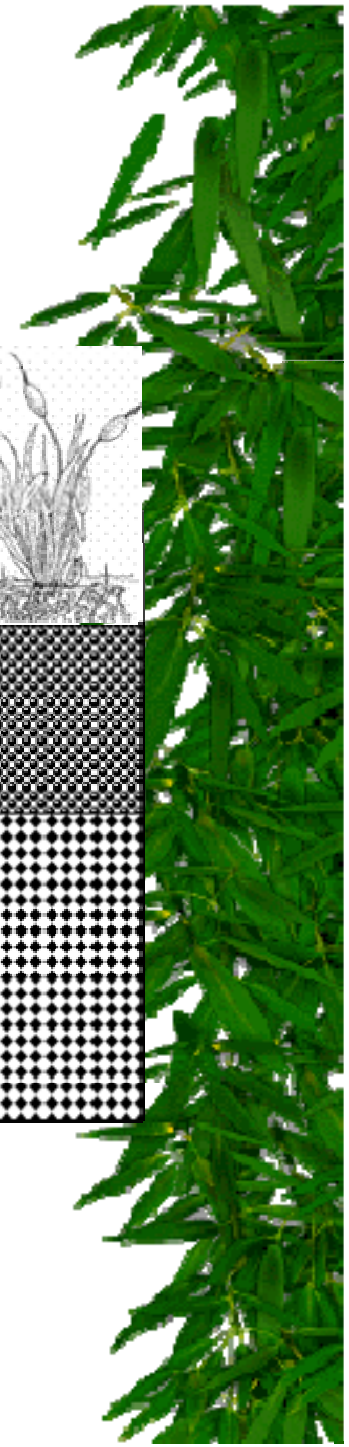
- * 11 πιλοτικές μονάδες ΤΥΚΡ για αφυδάτωση ενεργού ιλύος (μεσογειακό κλίμα)
- * Πλαστικές κυλινδρικές δεξαμενές: επιφάνεια 0.57 m², ύψος 1.50 m
- * Δύο είδη φυτών: κοινό καλάμι (*Phragmites australis*) και ψαθί (*Typha latifolia*)
- * Διαφορετικά μεσο-πορώδη υλικά
- * Διαφορετικά μεγέθη υλικών
- * Διαφορετικοί Ρυθμοί Φόρτισης Ιλύος
(Sludge Loading Rate, SLR): 3 επίπεδα
Υψηλός, Μεσαίος, Χαμηλός



... Πιλοτικές Μονάδες Επεξεργασίας Λυματολάσσης



d=0.4 m



... Πιλοτικές Μονάδες Επεξεργασίας Λυματολάσπης



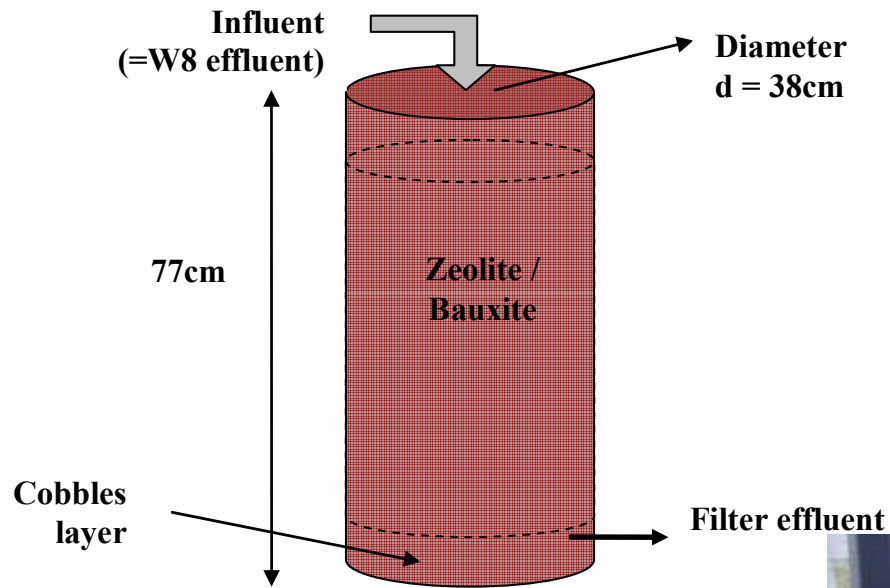
Φίλτρα ζεολίθου, βωξίτη – Επιπλέον επεξεργασία εκροής ΤΥΚΡ

* Επεξεργασία 10 L εκροής από ΤΥΚΡ

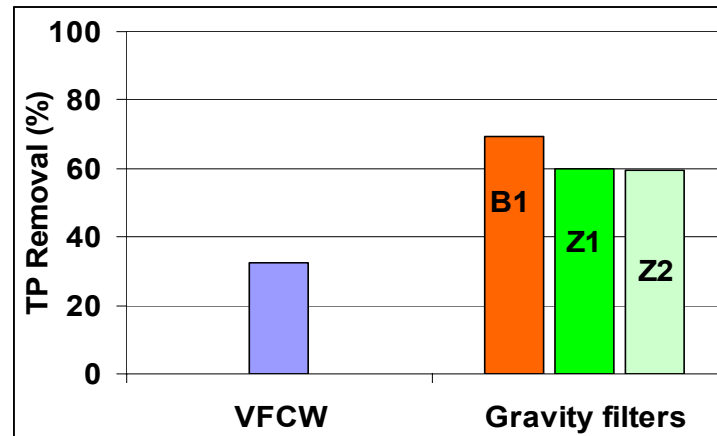
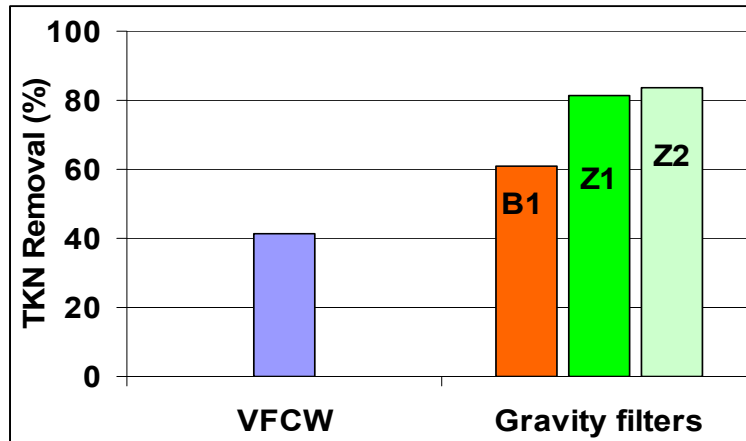
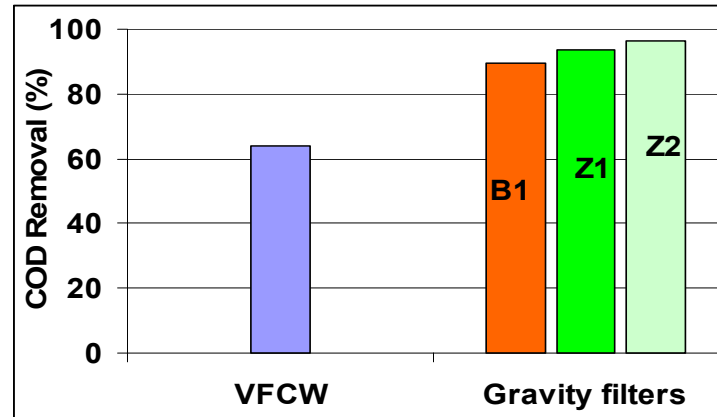
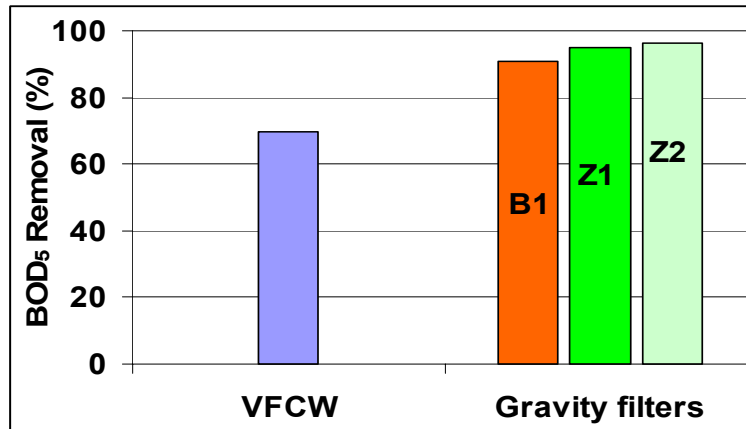
Φίλτρο	Υλικό	Πορώδες	Όγκος υλικού (L)	Ύψος υλικού (cm)	Χρόνος παραμονής RT (d)
B1	Βωξίτης ($d_{50}=21$ mm)	0.45	32.2	0.30	1
Z1	Ζεόλιθος ($d_{50}=15$ mm)	0.43	33.3	0.30	
Z2			43.3	0.38	2



... Φίλτρα ζεολίθου, βωξίτη – Επιπλέον επεξεργασία εκροής ΤΥΚΡ



... Φίλτρα ζεολίθου, βωξίτη – Επιπλέον επεξεργασία εκροής ΤΥΚΡ



Org. matter

VFCW+
Z2>Z1>B1
(95-94-90%)

Nitrogen

VFCW+
Z2>Z1>B1
(85-82-60%)

Phosphorus

VFCW+
B1>Z1≈Z2
(71-61%)



2. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ



... Παρακολούθηση Λειτουργίας Εγκαταστάσεων



... Παρακολούθηση Λειτουργίας Εγκαταστάσεων

- ★ Δύο εγκαταστάσεις πλήρους κλίμακας παρακολουθήθηκαν ως προς την λειτουργία για σχετικά μεγάλο διάστημα:
 - ΤΥ Ν. Μαδύτου, Ν. Θεσσαλονίκης
 - ΤΥ Γοματίου, Ν. Χαλκιδικής



ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ Ν. ΜΑΔΥΤΟΥ

- ✦ **Κατακόρυφης Υπόγειας Ροής**
- ✦ **Υγρά απόβλητα Ν. Μαδύτου και
Μοδίου Ν. Θεσσαλονίκης**
 - **Πληθυσμός:**
 - ✦ **1992: 2060 κάτοικοι**
 - ✦ **2012: 3300 κάτοικοι**



... ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ Ν. ΜΑΔΥΤΟΥ



Εισροή



Δεξαμενές
Imhoff



... ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ Ν. ΜΑΔΥΤΟΥ



Κλίνες Εήρασης Λάσπης

1^ο Στάδιο Τεχν.
Υγροβιοτόπων
(26-3-2004)



... ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ Ν. ΜΑΔΥΤΟΥ



... ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ Ν. ΜΑΔΥΤΟΥ



26-3-2004



1-4-2004



... ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ Ν. ΜΑΔΥΤΟΥ

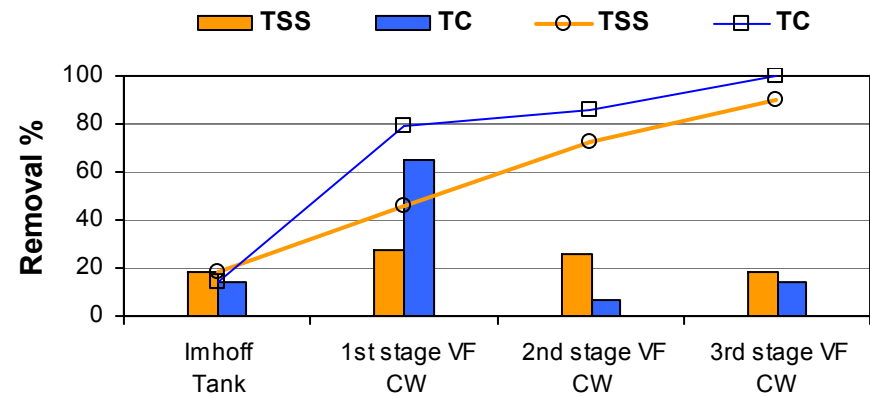
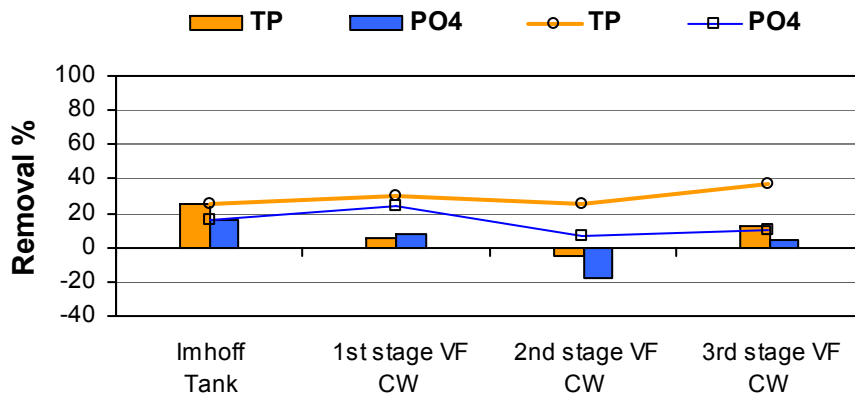
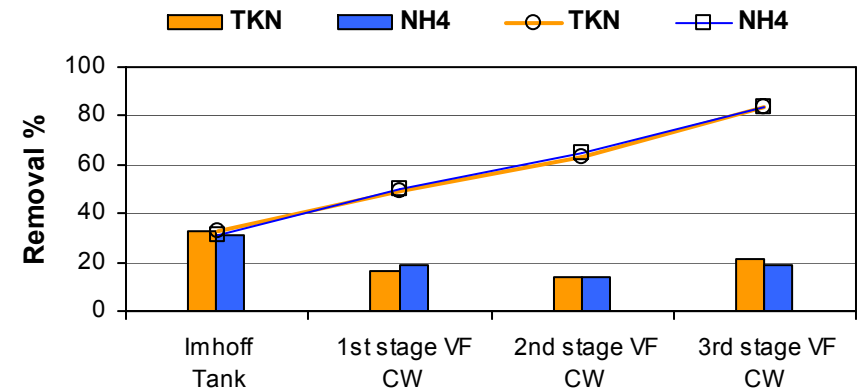
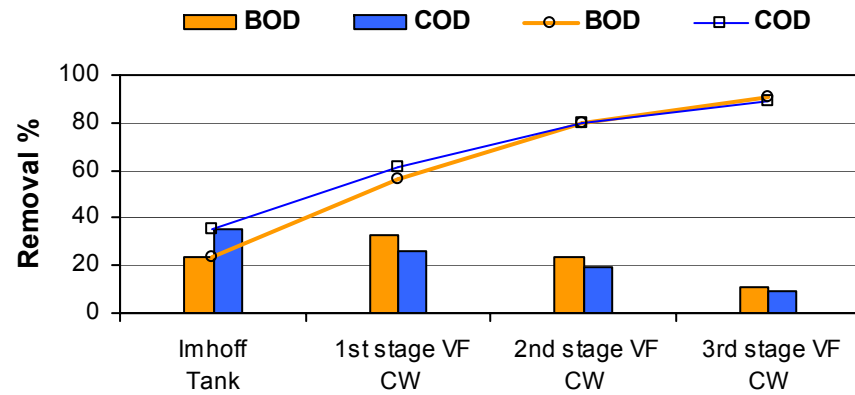


22-4-2004

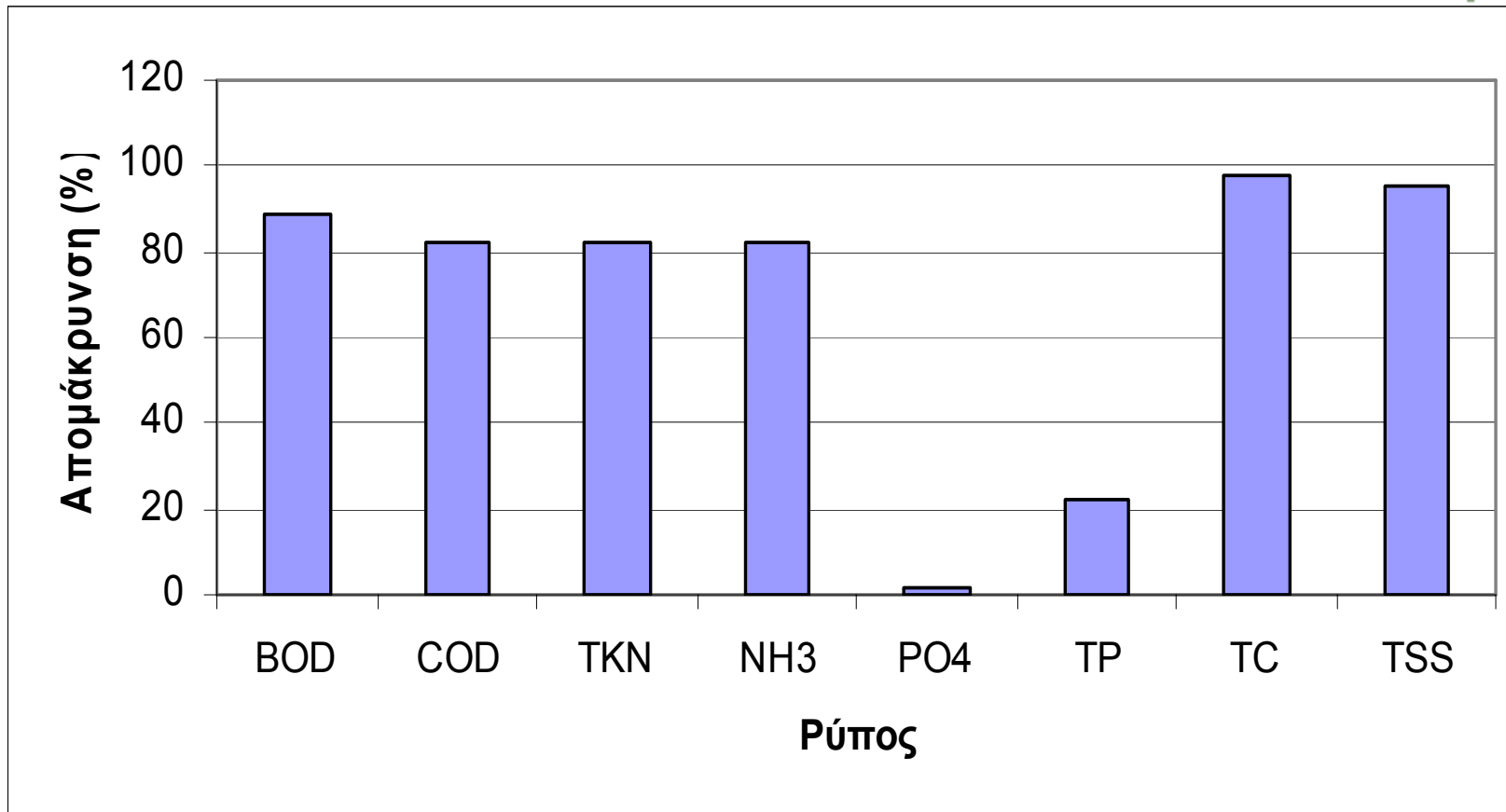


... ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ

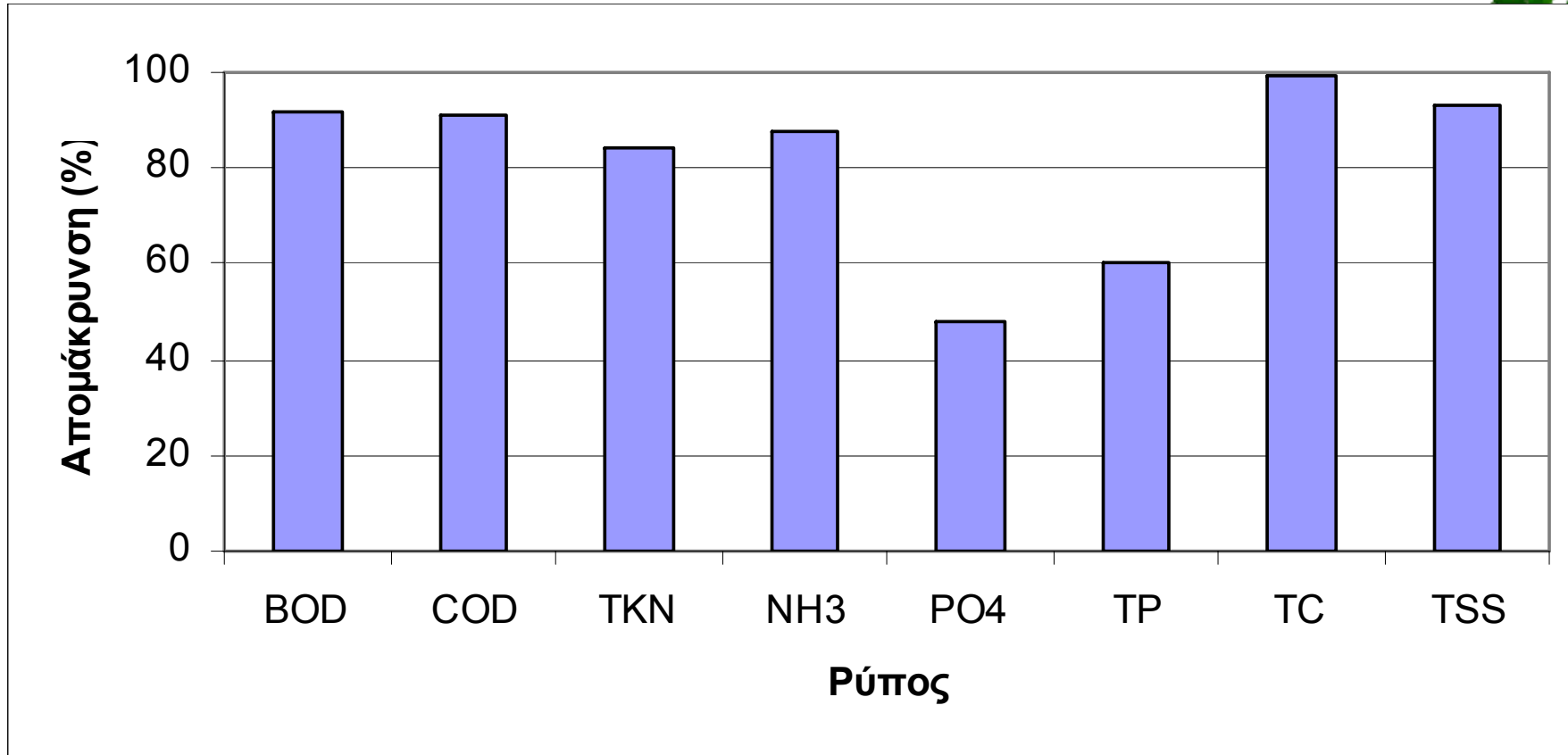
Ν. ΜΑΔΥΤΟΥ - Αποδόσεις



... ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ Ν. ΜΑΔΥΤΟΥ - Αποδόσεις



Διάγραμμα Μέσων Αποδόσεων

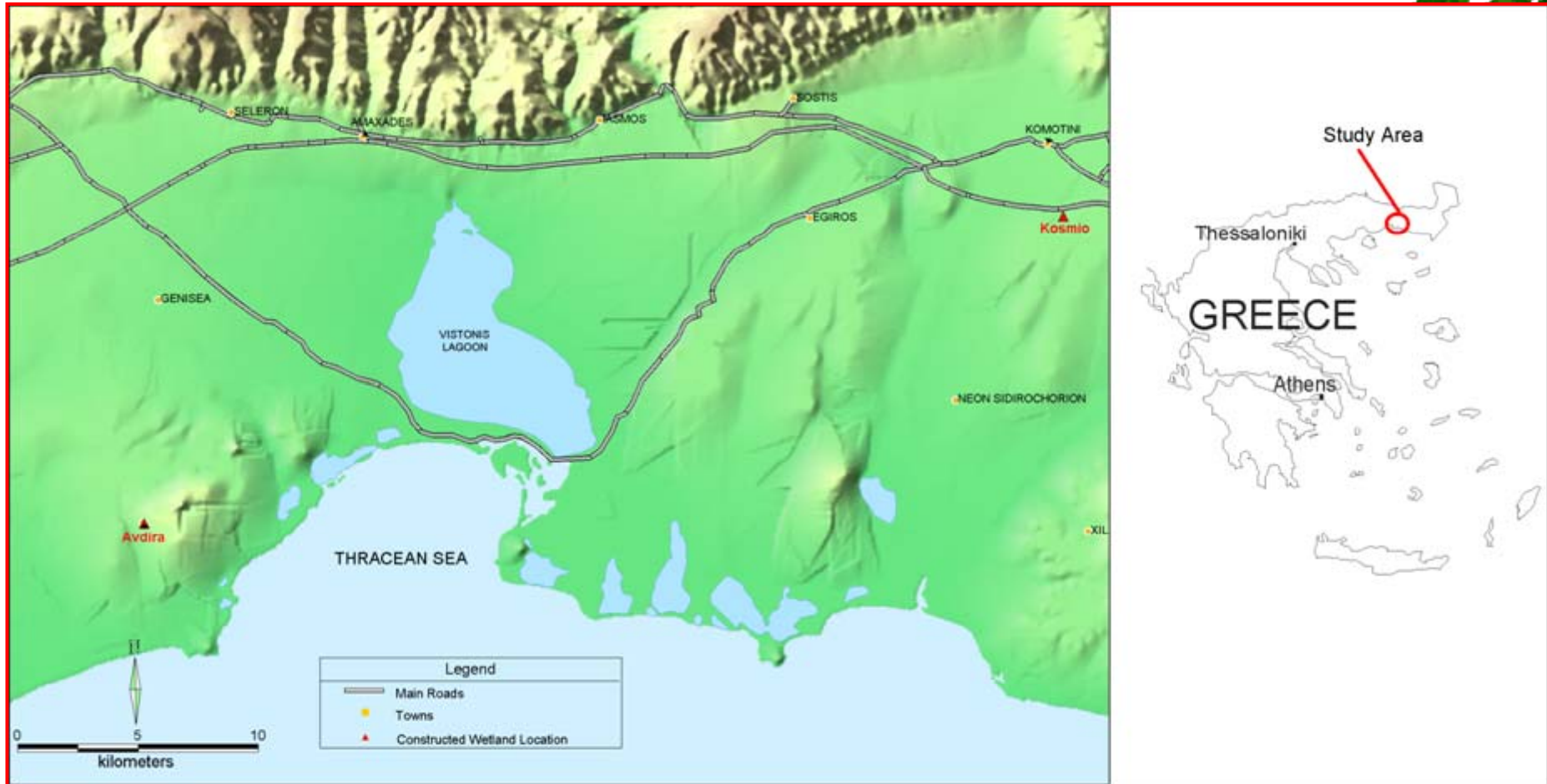


3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΜΕΛΕΤΗ – ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΝΕΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

- * Μικρής κλίμακας εγκαταστάσεις για επιτόπια επεξεργασία υγρών αποβλήτων από κατοικίες:
 - ΤΥΟΥΠ
 - ΤΥΚΡ
- * Πλήρη σύστημα:
 - Ν. Οικισμός, Ν. Καστοριάς
 - Ροδίτης, Ν. Ροδόπης
 - Κυπρίνος, Ν. Έβρου
 - Κόμαρα, Ν. Έβρου
 - Σάπες, Ν. Ροδόπης
 - ΤΥ Λιμνοθάλασσας Βάσσοβας, Καβάλα



... Επιτόπια επεξεργασία υγρών αποβλήτων



... Επιτόπια επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Παράμετροι σχεδιασμού και τεχνικές προδιαγραφές

Παράμετρος	Μονάδα	Είδος ΤΥ	
		ΤΥΟΥΡ	ΤΥΚΡ
Ισοδύναμος πληθυσμός	p.e.	4	8
Εισροή	L/p.e./d	150	150
BOD ₅	g/p.e./d	50	50
Suspended Solids, SS	g/p.e./d	52	52
TKN	g/p.e./d	10	10
Total phosphorus, TP	g/p.e./d	1.2	1.2
Μήκος	m	10	7.0
Πλάτος	m	2.5	3.5
Βάθος	m	0.6	0.9
Επιφάνεια	m ²	25.0	24.5
Αρ, φυτών	Plant/m ²	16	16
Τύπος φυτών		Λεπτό καλάμι	Κελί Α:Λεπτό καλάμι, Κελί Β:αφύτευτο



... ТУОУР



... ТҮКР



... ТҮКР



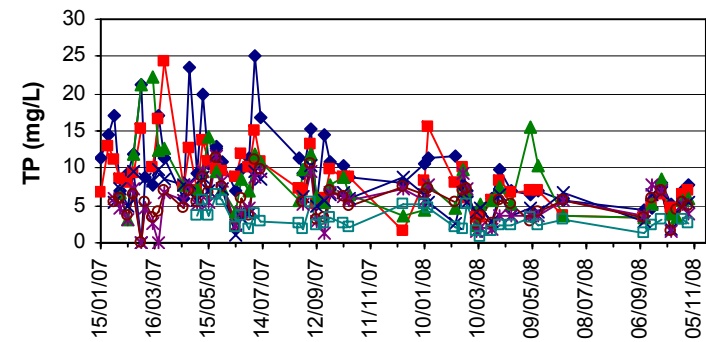
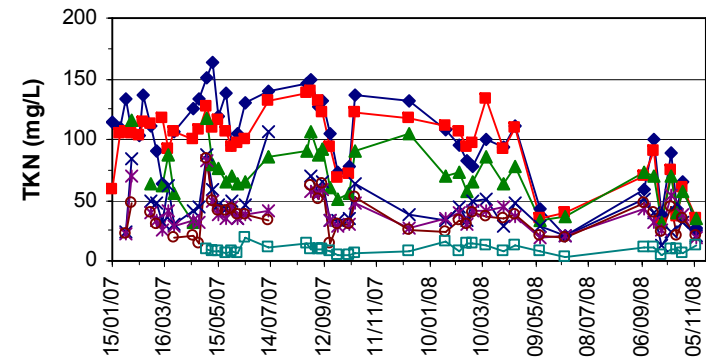
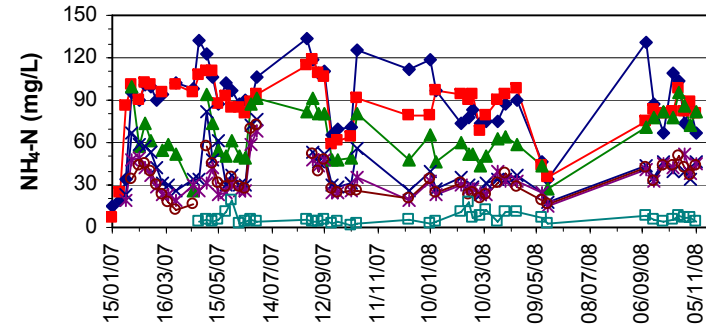
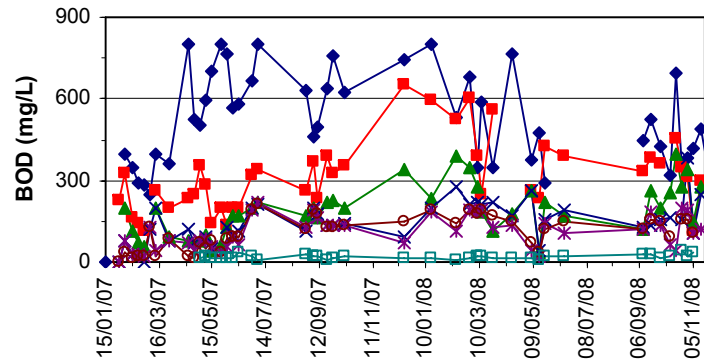
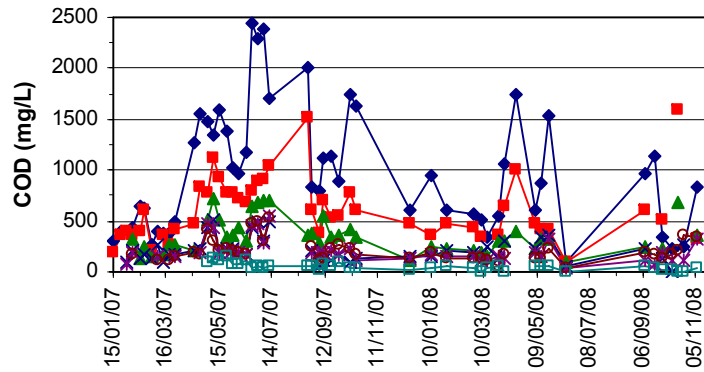
... ТҮКР



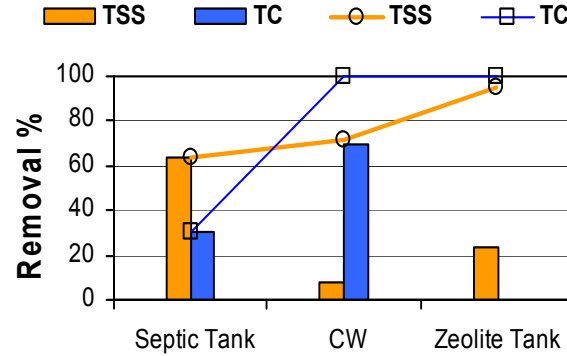
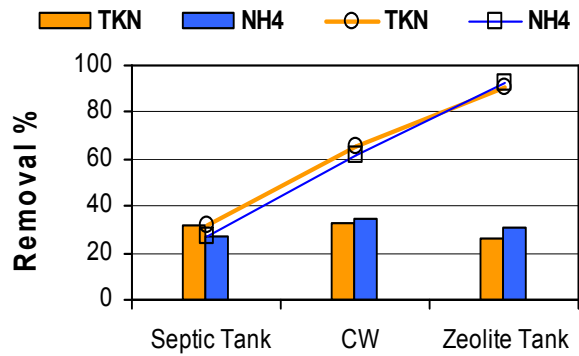
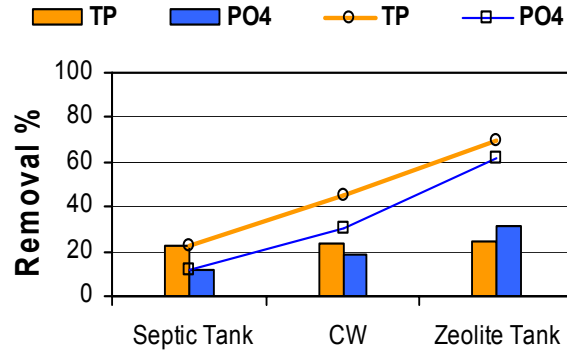
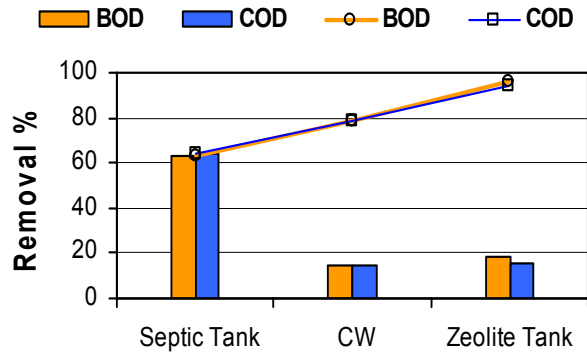
... TYKP

Legend

- ST1
- ST2
- ST3
- effluent CW1
- effluent CW2
- final effluent
- influent ZT



... TYKP



Parameter	Removal %
BOD	96,4
COD	94,4
TKN	90,8
NH4	92,8
TP	69,8
PO4	61,6
TSS	95,3
TC	99,96



ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
Ν. ΟΙΚΙΣΜΟΥ, Δ. ΚΟΡΕΣΤΕΙΩΝ,
Ν. ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ



... ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



... ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



... ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



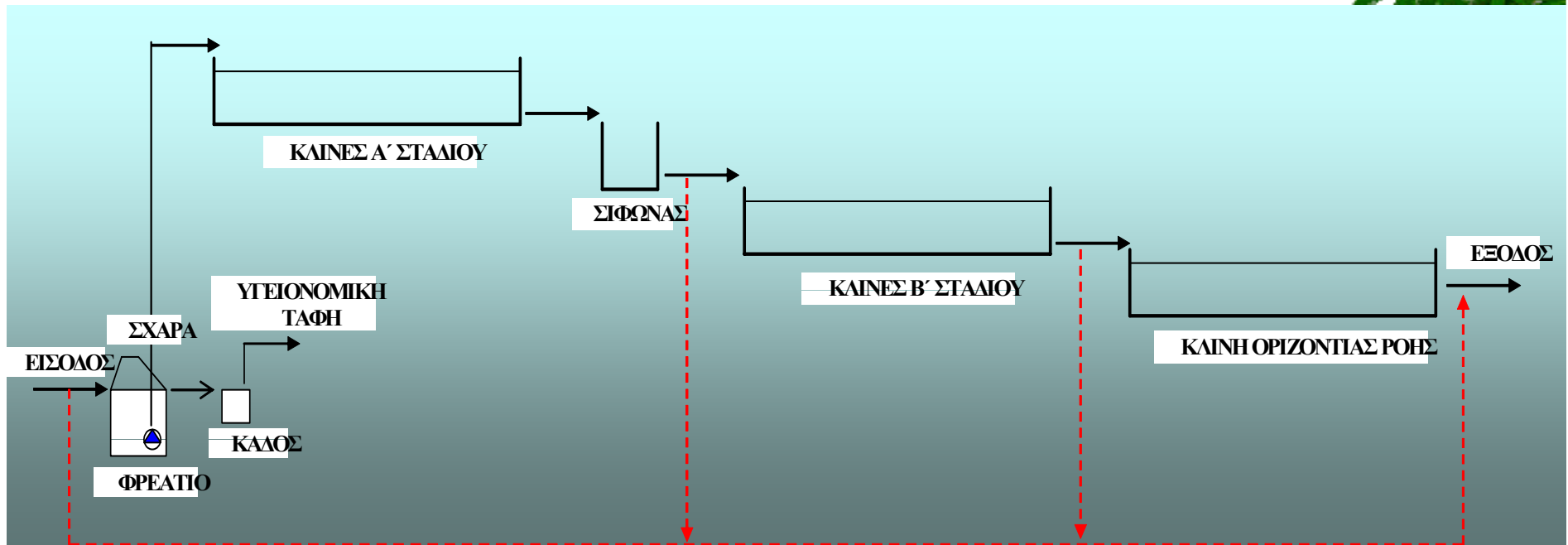
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ:

Τιμές Σχεδιασμού

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΤΙΜΗ
Ισοδύναμος πληθυσμός (Ι.Κ.)	600
Παροχή λυμάτων ανά κάτοικο (L/d)	150
Μέση παροχή (m ³ /d)	90
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, BOD ₅ (mg/L)	333
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο, COD (mg/L)	600
Αιωρούμενα στερεά, SS (mg/L)	350
Άζωτο Kjeldahl, TKN (mg/L)	67
Φώσφορος, P (mg/L)	8



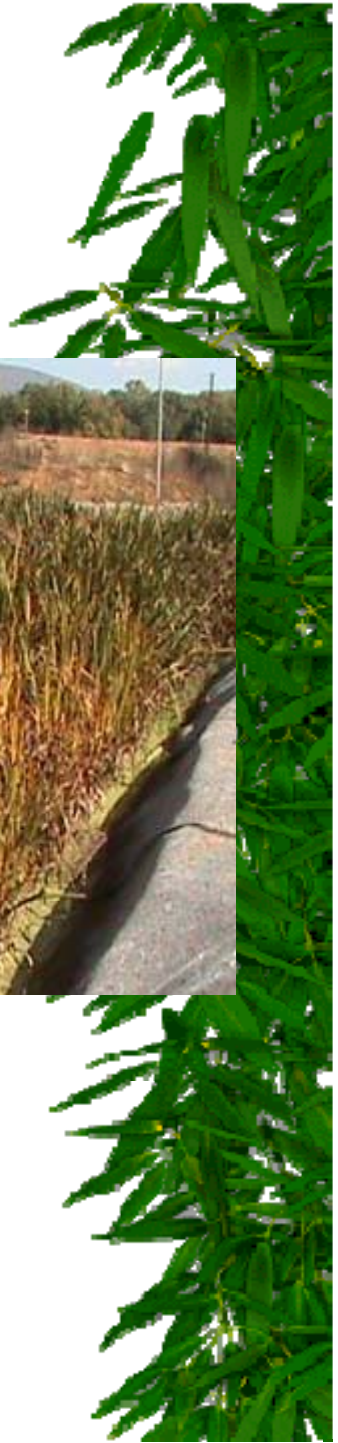
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ: Διάγραμμα ροής





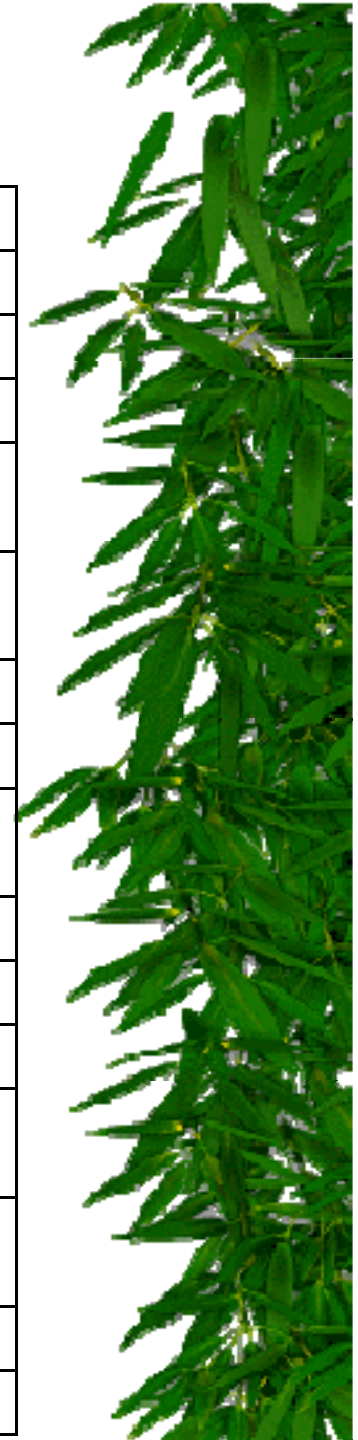




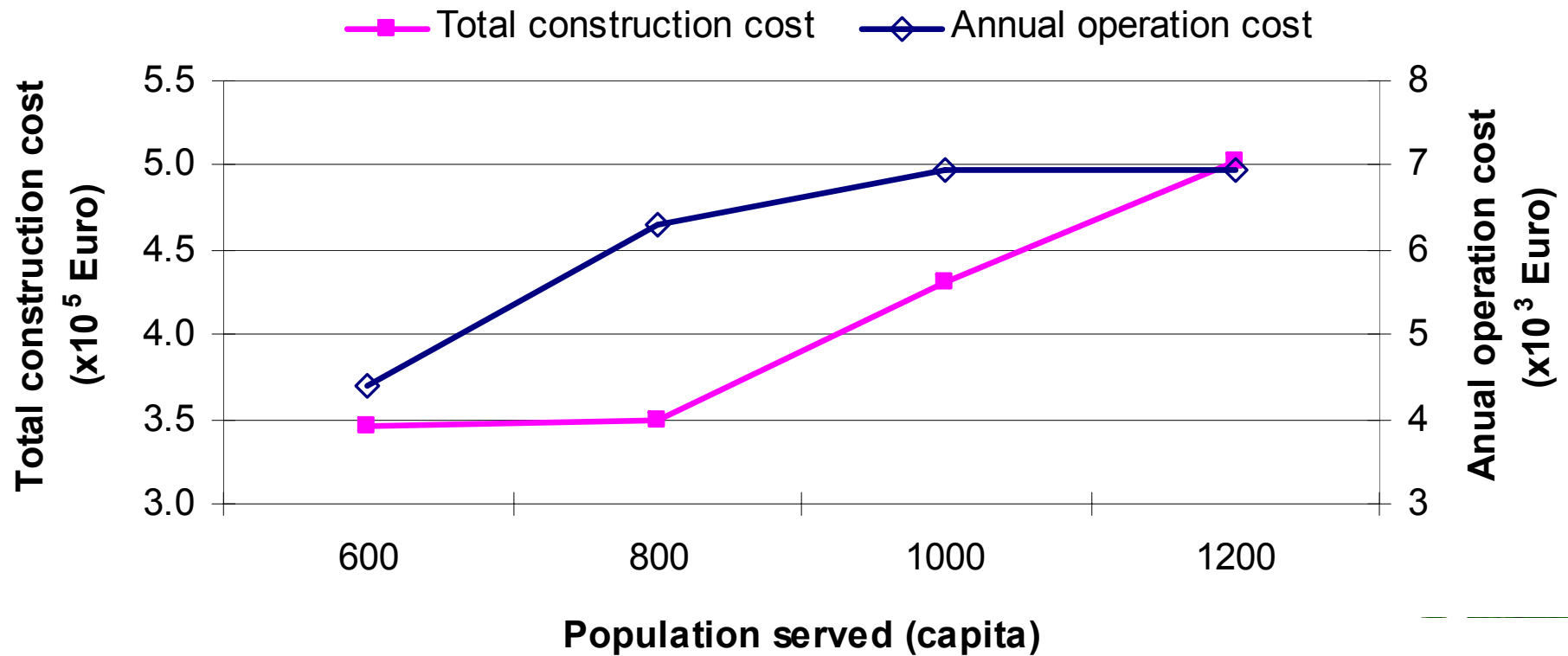


Κόστος

Παράμετρος	CW Treatment System			
	Ν. Οικισμός	Ροδίτης	Γομάτι	Κυπρίνος
Πληθυσμός (p.e.)	600	800	1000	1200
Παροχή (m ³ /d)	90	120	150	180
Ολική επιφάνεια (ha) / Μοναδιαία επιφ. (m ² /p.e.)	0.73/ 12.2	0.84/ 10.5	0.80/ 8.0	0.95/ 7.9
Κόστος κατασκευής				
Εκσκαφή/Επιχωμάτωση (€)	133,245	105,672	93,247	136,760
Φύτευση (€)	36,381	32,080	24,385	45,543
Καστασκευές οπλισμένου σκυροδέματος (€)	53,211	108,390	210,870	167,242
Σωληνώσεις (€)	33,985	22,150	37,987	33,644
Υδραυλικές κατασκευές (€)	24,849	17,468	43,176	28,644
Η/Μ εξοπλισμός (€)	64,563	63,240	21,708	90,513
Ολικό κόστος κατασκευής (€) Κόστος ανά ι.κ. (€/p.e.)	346,234 577	349,000 436	431,373 431	502,346 418
Κόστος λειτουργίας				
Ετήσιο (€/y)	4,410	6,296	6,960	6,935
Ετήσιο / ι.κ. (€/p.e./y)	7.35	7.87	6.96	5.78

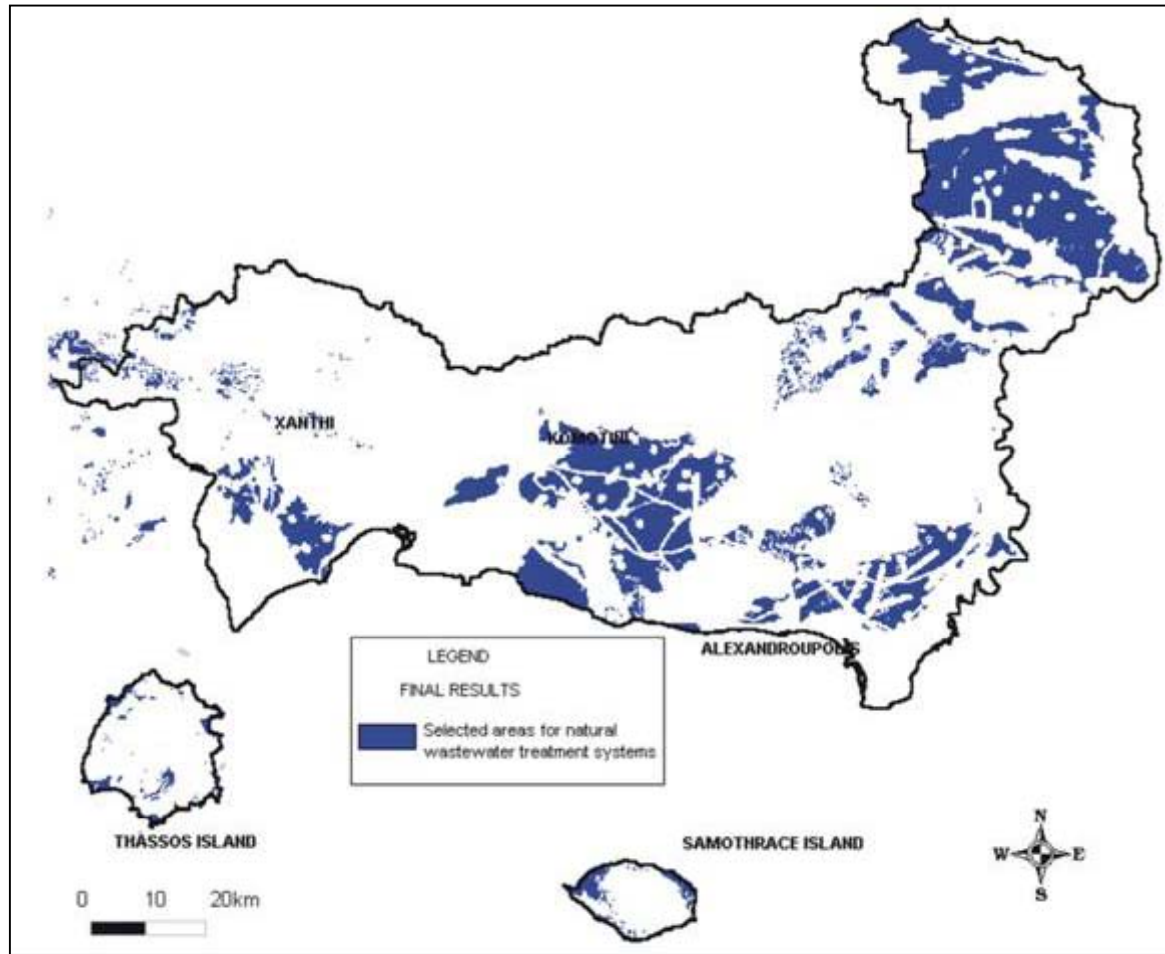


... Κόστος



4. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΤΥ





ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ✦ Τα φυσικά συστήματα μπορούν να λειτουργήσουν στην Ελλάδα
- ✦ Γίνεται έρευνα και υπάρχει η τεχνογνωσία για την μελέτη και κατασκευή τους
- ✦ Προσφέρουν ουσιαστικά την μόνη εναλλακτική που:
 - είναι οικονομικά συμφέρουσα για μικρομεσαίους οικισμούς
 - δεν απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό για την λειτουργία
 - εγγυάται μακροπρόθεσμη, συνεχή και χωρίς προβλήματα επεξεργασία των αποβλήτων



ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ!

