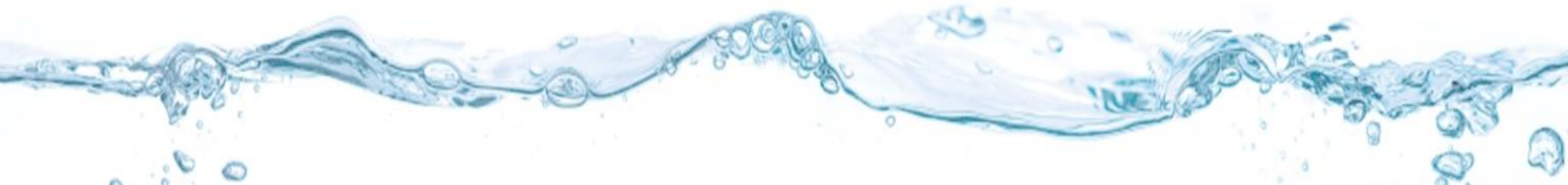


***Η ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ  
ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΑΝ  
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ  
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ  
ΣΤΗ ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ***

Dr. Ιωάννης Κ. Καλαβρουζιώτης  
Καθηγητής  
Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου

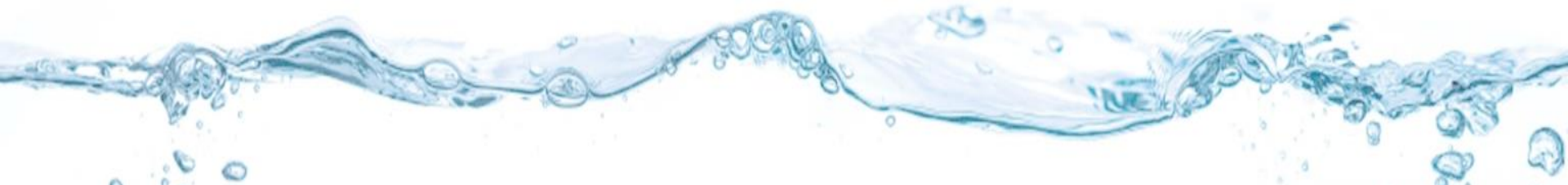
# Σύγχρονες Τάσεις στη Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων



**Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία, λόγω της αύξησης του βαθμού μείωσης των υδατικών αποθεμάτων συνέπεια της συχνής εμφάνισης της ξηρασίας, φαινόμενο το οποίο τα τελευταία χρόνια λαμβάνει χώρα όλο και πιο συχνά**

- α) Τουλάχιστο 17% των Ευρωπαϊκών περιοχών επηρεάστηκε από την έλλειψη νερού.**
- β) Η Επιτροπή αναμένει περαιτέρω εξάντληση των υδατικών πόρων στην Ευρώπη εφόσον συνεχιστεί το φαινόμενο της ξηρασίας συνέπεια των κλιματικών μεταβολών.**
- γ) Εντατικοποίηση της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων.**
- δ) Ανάκτηση θρεπτικών και άλλων υποπροϊόντων, γεγονός που θα αυξήσει τη βιωσιμότητα των WWTPs.**

# Σύσταση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων



Τα τελευταία χρόνια υπήρξε μεγάλο ενδιαφέρον από πλευράς των ερευνητών για την ανακάλυψη νέων ρυπαντών εκτός των γνωστών βαρέων μετάλλων, κλπ.

Έτσι, ανακαλύφθηκαν πολυάριθμες ουσίες πρώτης προτεραιότητας, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν βιοκτόνα, γεωργικά φάρμακα, μέταλλα, πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAH) και πολυβρωμιούχους βιοεθυλεστέρες (PBDE), για τις οποίες έχουν ήδη καθοριστεί πρότυπα (standards) περιβαλλοντικής ποιότητας.

Τελευταία έχουν εντοπιστεί 15 επιπλέον ουσίες που περιλαμβάνουν φαρμακευτικά προϊόντα και διασπαστές ενδοκρινών ουσιών.

(έχει δημοσιευτεί σχετική εργασία σε συνεργασία με εργαστήριο του εξωτερικού)

# Η κατάσταση στη Μεσόγειο...(1/2)

Desalination and Water Treatment

www.deswater.com

doi: 10.1080/19443994.2013.860632

53 (2015) 2015–2030

February



Greece

Current status in wastewater treatment, reuse and research in some mediterranean countries

Ioannis K. Kalavrouziotis<sup>a,\*</sup>, Petros Kokkinos<sup>b</sup>, Gideon Oron<sup>c</sup>, Francesco Fatone<sup>d,e</sup>, David Bolzonella<sup>d,e</sup>, Margarita Vatyliotou<sup>f</sup>, Despo Fatta-Kassinos<sup>f</sup>, Prodromos H. Koukoulakis<sup>g</sup>, Soterios P. Varnavas<sup>h</sup>

Table 1  
Annual water consumption/requirements in Greece [66]

Distribution of water consumption	Consumption hm <sup>3</sup> /year	Percent
Irrigation	6,833	83
Animal husbandry	105	1.3
Industry	158	2.2
Public use (potable)	1,045	13
Other uses	100	1.2
Total	8,241	100.00

## Israel

Table 2

Main water sources (MCM/year) in Israel according to the period of 1993–2008 (approximate values-adapted from the official site of the Water and Sewage Authority of Israel)

Water source	Sea of Galilee (via the national carrier)	Coastal aquifer	Mountain aquifer	Western Galilee and Karmel	Total
Natural supply	580	310	360	170	1,420
Losses	25	15	45	35	120
Net availability	555	295	315	135	1,300

# Η κατάσταση στη Μεσόγειο...(2/2)

Cyprus

## Italy

Table 5  
Water resources facts and water uses of surface water and groundwater [30]

	Quantity (Mm <sup>3</sup> )
<b>Water facts</b>	
Water corresponding to the total surface of the government controlled area	2,804
Inflow (surface and groundwater)	280
Annual loss of water to the sea as groundwater seepage	61
<b>Water use</b>	
Average annual surface water used for irrigation	35
Average annual surface water used for domestic use (after treatment)	21
Average annual surface water used for recharge	9
Groundwater extraction	146
Groundwater used for agriculture	120
Groundwater used for domestic purposes	26

Table 7

Effluent quality characteristics included in disposal permits for sewage treatment plants above 2,000 PE [30]

No.	Parameters for treated effluent	Maximum limits
1	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	10 mg/L
2	COD (mg/L)	70 mg/L
3	Suspended solids (SS) (mg/L)	10 mg/L
4	Conductivity (μS/cm)	2,200 μS/cm
5	Total nitrogen (TN) (mg/L)	15 mg/L*
6	Total phosphorous (TP) (mg/L)	10 mg/L**
7	Chlorides (Cl) (mg/L)	300 mg/L
8	FOG (mg/L)	5 mg/L
9	Zinc (Zn) (mg/L)	1 mg/L***
10	Copper (Cu) (mg/L)	0.1 mg/L
11	Lead(Pb) (mg/L)	0.15 mg/L
12	Cadmium (Cd) (mg/L)	0.01 mg/L
13	Mercury (Hg) (mg/L)	0.005 mg/L
14	Chromium (Cr) (mg/L)	0.1 mg/L
15	Nickel (Ni) (mg/L)	0.2 mg/L
16	Boron (B) (mg/L)	0.75 mg/L
17	<i>E. Coli</i>	50 <i>E.Coli</i> /100 mL
18	Eggs of intestinal worms	Null
19	Residual chlorine (mg/L)	1 mg/L****
20	pH	6.5–8.5

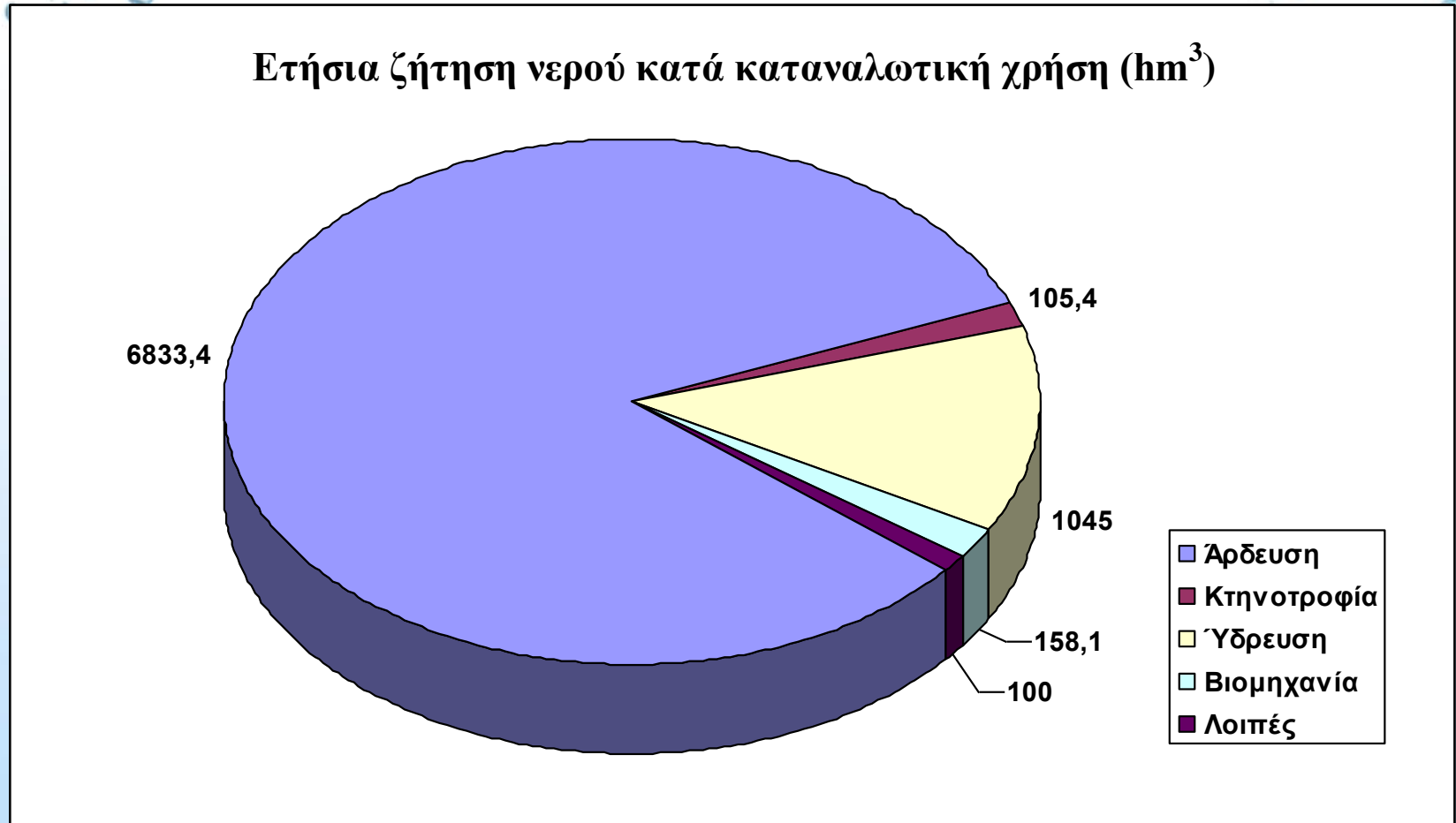
\*For discharge in sensitive areas and into the sea maximum level 10 mg/L.

\*\*For discharge in sensitive areas and into the sea maximum level 2 mg/L.

\*\*\*For discharge into the sea maximum level 0.1 mg/L.

\*\*\*\*For sensitive areas and discharge into the sea 0.5 mg/L.

# Ετήσια ζήτηση νερού κατά καταναλωτική χρήση (hm<sup>3</sup>)



# Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών λυμάτων για άρδευση εκτάσεων αποτελεί σήμερα μια πρακτική διάθεσης



Θα συμβάλει στο άμεσο μέλλον

στην **αντιμετώπιση** και στην **ελαχιστοποίηση**  
**των περιβαλλοντικών προβλημάτων**  
που προκύπτουν από την διάθεση εκροών λυμάτων  
σε χερσαίους και υδάτινους αποδέκτες.

# Επαναχρησιμοποίηση - Εκροές Υγρών Αποβλήτων σε άλλες Χώρες

## Στις ΗΠΑ (πρόσφατα στοιχεία)

- α) WWTPs: 16,400 δυναμικότητας  $155 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$
- β) Έργα επαναχρησιμοποίησης: 1500 που επαναχρησιμοποιούν 6,5% των εκροών ( $10 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ ) με αύξηση 5% ανά έτος, κυρίως στην Καλιφόρνια, την Αριζόνα, τη Φλόριντα και το Τέξας.
- γ) Καλιφόρνια: Επαναχρησιμοποιούνται  $860 \text{ Mm}^3/\text{yr}$  ή 20% των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων ( $4300 \text{ Mm}^3/\text{yr}$ ) και προβλέπεται να διπλασιασθεί το 2025.

## Ισραήλ

$450 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$  (75% των εκροών αποβλήτων).

## Ισπανία

$400 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$  (αύξηση 3-4%/yr).

## Αυστραλία

Αύξηση 5% ανά έτος.

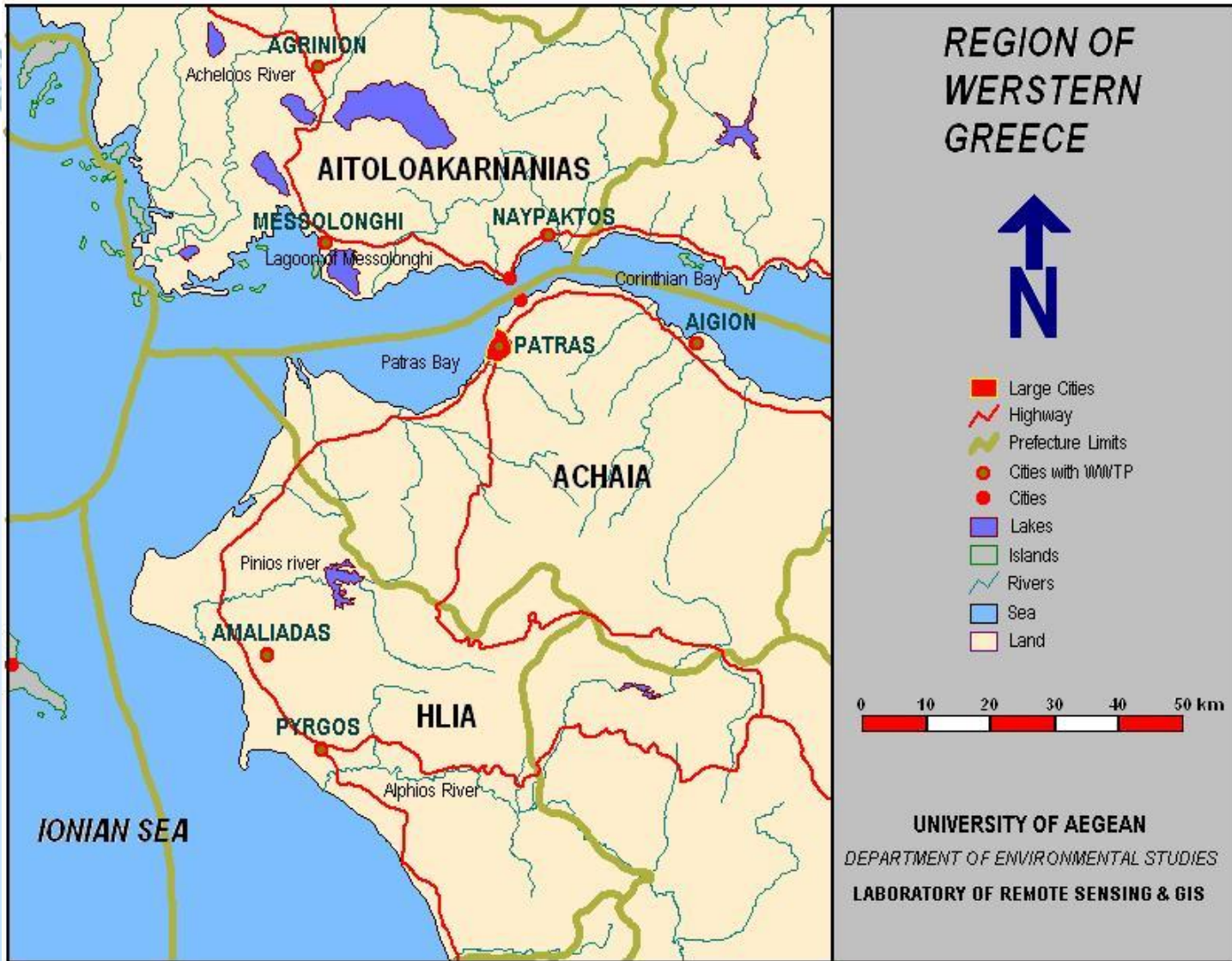


# Δυνατότητες Επαναχρησιμοποίησης

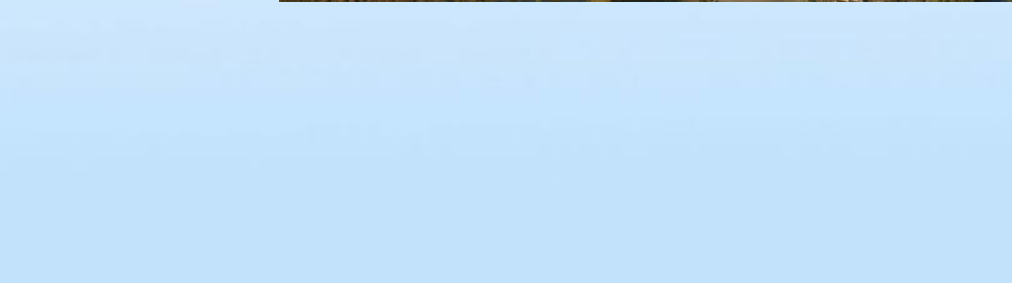
Είναι γεγονός ότι πολλές πτυχές που αφορούν στην αξιοποίηση των ΕΥΑΑ έχουν διεθνώς μελετηθεί, όπως:

- Μέθοδοι επεξεργασίας και τεχνολογία των ακατέργαστων υγρών αποβλήτων για την παραγωγή κατά το δυνατόν ΕΥΑΑ καλής ποιότητας και ελαχιστοποίηση των κινδύνων.
- Μέθοδοι απολύμανσης για την εξουδετέρωση των παθογόνων μικροοργανισμών και ελαχιστοποίηση των κινδύνων σε βάρος της ζωής των ανθρώπων και των ζώων, αλλά και του περιβάλλοντος.
- Μέθοδοι εφαρμογής των ΕΥΑΑ κατά την άρδευση των καλλιεργειών.
- Αστική αξιοποίηση των ΕΥΑΑ για την άρδευση των πάρκων των μεγαλουπόλεων και των δενδροστοιχιών, το πλύσιμο των δρόμων, τον καθαρισμό των δημοσίων τουαλετών, κλπ.

# Βιολογικοί Καθαρισμοί στην Δυτική Ελλάδα



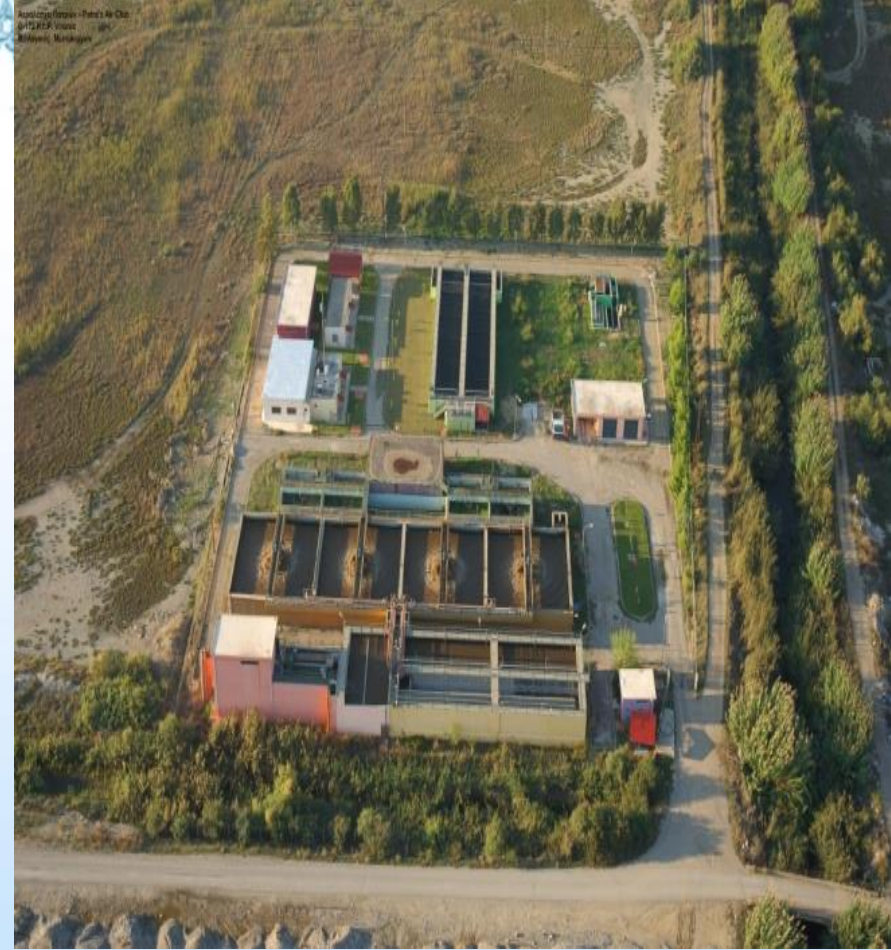
# Βιολογικός Καθαρισμός Ιερής Πόλης Μεσολοννίου



# Βιολογικός καθαρισμός Εγκαταστάσεις



**ΠΑΤΡΑ**



**ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ**

# Βιολογικός καθαρισμός Εγκαταστάσεις



**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ**



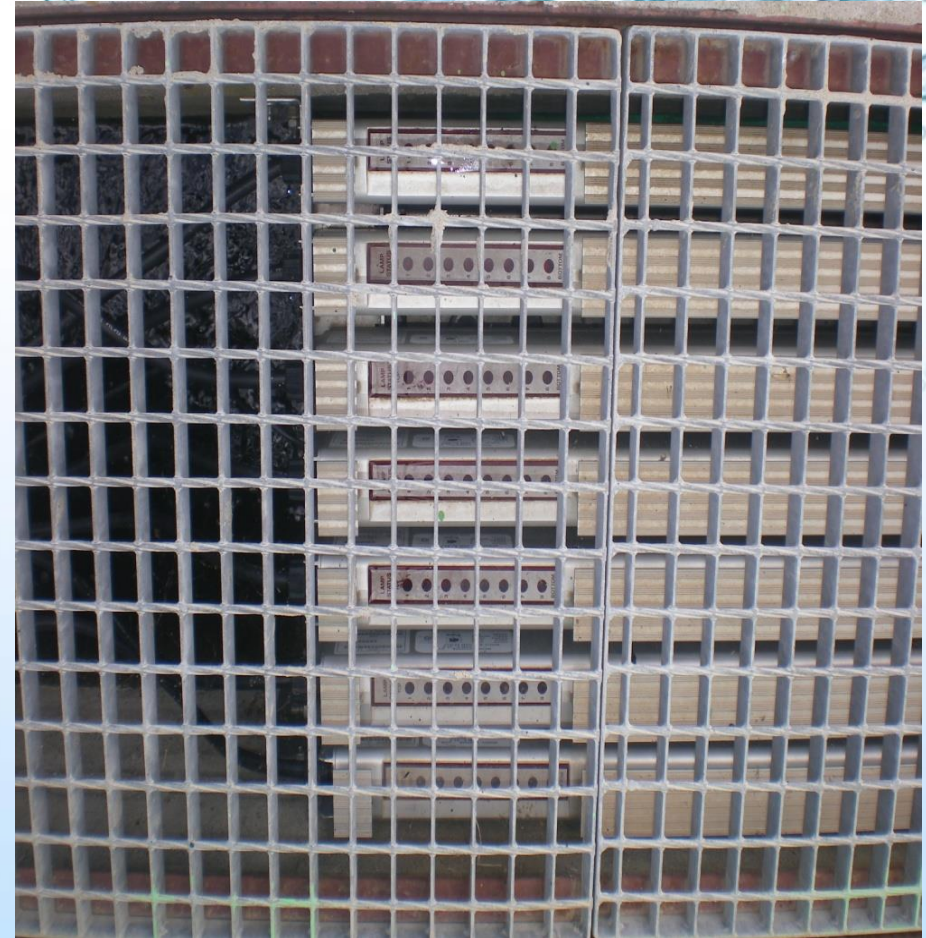
**ΑΓΡΙΝΙΟ**



**ΑΙΤΩΛΙΚΟ**

# Χλωρίωση λυμάτων (γ' βάρθμια επεξεργασία) (II)

- Με λαμπτήρες ακτινοβολίας UV



## Βιολογικός καθαρισμός - Μεσολόγγι

# Χλωρίωση λυμάτων (γ' βάρθμια επεξεργασία) (II)

- Δεξαμενές χλωρίωσης



**Βιολογικός καθαρισμός- Μεσολόγγι**

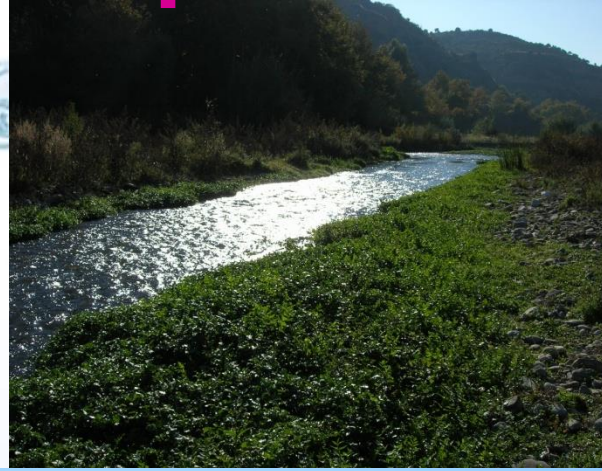
# Ροή προς τελικό στάδιο



## Βιολογικός καθαρισμός-Σπάρτη



# Τελικός αποδέκτης επεξεργασμένων λυμάτων



## Βιολογικός καθαρισμός- Σπάρτη Ποταμός Ευρώτας

## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

### ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ (ΑΓΡΙΝΙΟ) 2010

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: ΔΡ. ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΛΑΒΡΟΥΖΙΩΤΗΣ, Επίκουρος Καθηγητής**

Α/Α	ΖΗΤΟΥΜΕΝΑ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ
1	ΑΚΡΙΒΗΣ ΘΕΣΗ ΤΟΥ Β.Σ. - ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Θέση Μπούτος, εκβολές Μόρνου, Αρ. Χαρτη 6216/1 (1:5000)
2	ΕΤΟΣ ΔΗΜΟΠΡΑΤΗΣΗΣ	
3	ΕΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	2001
4	ΑΠΟΔΕΚΤΗΣ ΕΚΡΟΗΣ (ΑΚΡΙΒΗΣ ΘΕΣΗ - ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ)	θαλάσσιος χώρος στις εκβολές του Μόρνου ποταμού
5	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΣ ΑΠΟΔΕΚΤΗΣ	παρακείμενη τάφρος αποστράγγισης
6	ΠΟΣΑ ΜΕΤΡΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ ΕΚΤΕΙΝΕΤΑΙ Ο ΑΓΩΓΟΣ	200
7	ΠΟΣΟ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΑΠΟ ΤΟ Β.Σ. ΕΩΣ ΤΗΝ ΘΑΛΑΣΣΑ	450
8	ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ	όχι
9	ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	25000
10	ΕΙΔΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	Β' βαθμια
11	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΙΛΥΟΣ	αφυδάτωση
12	ΑΠΟΔΕΚΤΗΣ ΙΛΥΟΣ	Χωματερή
13	ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ (BOD/COD)	200-210 mgr/ltr
14	ΓΙΝΕΤΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ή ΑΛΛΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ;	όχι
17	ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΛΑΣΠΗΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ	10000 ευρώ

Α/Α	ΖΗΤΟΥΜΕΝΑ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ
1	ΥΠΑΡΧΕΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	ΝΑΙ
2	ΥΠΑΡΧΕΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ (ΠΕΡΙΓΡΑΨΤΕ ΤΟ)	Εξέταση ΒΟD εισόδου , ανάλυση νερού εισόδου
3	ΥΠΑΡΧΕΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΛΑΣΠΗΣ (ΠΕΡΙΓΡΑΨΤΕ ΤΟ)	ΌΧΙ
4	ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΝΑΙ (Faecal coliforms, Coliforms, streptococcus
5	<p>ΜΕΤΡΟΥΝΤΑΙ ΟΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ:</p> <p>Viruses  Salmonellae  Feacal coliforms  Protozoan cysts  Ascaris eggs  Trematodes</p>	
6	<p>ΜΕΤΡΟΥΝΤΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ:</p> <p>pH, SAR, Ηλεκτρική αγωγημότητα  Μακροστοιχεία (Ca, Mg,K,P,N)  Ιχνοστοιχεία (Cu,Zn, Al, Ni,Cr)</p>	

# Ο λεπτομερής προσδιορισμός των:

- ◆ **γεωλογικών**
- ◆ **μετεωρολογικών &**
- ◆ **εδαφολογικών παραμέτρων**



**Επιτρέπει**

την **ασφαλή επαναχρησιμοποίηση**  
**υγρών αστικών λυμάτων**

- ✓ σε εκτάσεις στα **αστικά κέντρα**,
- ✓ σε **προβληματικά εδάφη**, αλλά και
- ✓ σε **καλλιέργειες**.

# Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης:

Τα υγρά αστικά λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- 1. για την άρδευση γεωργικών εκτάσεων**
- 2. για την άρδευση τοπίων και χώρων αναψυχής**
- 3. για τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα**
- 4. για βιομηχανικές δραστηριότητες**
- 5. για την προστασία, ανάπλαση συγκεκριμένων προβληματικών περιοχών**
- 6. για πυροπροστασία στα αστικά κέντρα &**
- 7. Για εφαρμογές εντός των αστικών συγκροτημάτων**

*(Asano, 2003), (Maeda et al., 1985), (Kalavrouziotis et al, 2007).*

Μια άριστη επιλογή των κατάλληλων εκτάσεων, όπου τα υγρά επεξεργασμένα αστικά λύματα τελικά θα χρησιμοποιηθούν προϋποθέτει την αξιοποίησή τους με εξασφάλιση κατάλληλων **γεωτεχνικών κριτηρίων**.

Στα κριτήρια συμπεριλαμβάνονται κλιματικά και μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής όπως:

1. το ύψος των κατακριμνησμάτων,
2. η θερμοκρασία,
3. ο αριθμός, η διάρκεια και η ένταση των βροχοπτώσεων,
4. οι τιμές της εξάτμισης και διαπνοής.
5. γεωλογικά και υδρολογικά δεδομένα όπως υψόμετρο, ανάγλυφο, κλίση, πέτρωμα, διαπερατότητα, θέσεις συγκέντρωσης επιφανειακού νερού

Δεδομένα για τις ιδιότητες του εδάφους όπως:

- η μηχανική σύσταση
- η αγωγιμότητα, στοιχεία δομής, υγρασίας και πορώδους του εδάφους
- η εναλλακτική ικανότητα των κατιόντων, η περιεχόμενη σε αυτό οργανική ουσία, το pH και οι συνολικές ποσότητες N και P

Πειραματικά στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις του **Πανεπιστημίου Ιωαννίνων στο Αγρίνιο**, καλλιεργήθηκαν τα:

*Allium cepa*, *Lactuca sativa*, *Brassica oleracea var. gemifera*, *Brassica oleracea var. italica*, *Brassica oleracea var. capitata* σε πλήρες σχέδιο, όπου:

✓ φυτά αρδεύτηκαν με υγρά επεξεργασμένα λύματα από τον Βιολογικό Καθαρισμό Αγρινίου και Μεσολογγίου

✓ φυτά που αρδεύτηκαν με κανονικό νερό άρδευσης  
(*Kalavrouziotis et al, 2005, 2008, 2009, 2010*)

Μετρήθηκαν όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά αναφορικά με:

Electrical conductivity,

SAR, pH, Ca, Mg, Na, Mn, Cu, Zn, Cr, B, Fe, As.

**Τρεις εβδομάδες μετά την φύτευση και καλλιέργεια των λαχανικών ελήφθησαν δείγματα εδάφους εκ των πειραματικών τεμαχίων και φυτικών ειδών (φύλλων και ριζών), καθώς επίσης και στο τέλος της καλλιέργειας.**

**Όλα τα ανωτέρω δείγματα αναλύθηκαν αναφορικά με τις συγκεντρώσεις τους σε βαρέα μέταλλα.**

Element		Recommended maximum concentration <sup>a</sup> (mg/l)	Remarks
Li	Lithium	2.5	Tolerated by most crops up to 5 mg/l; mobile in soil. Toxic to citrus at low concentrations (<0.075 mg/l). Acts similarly to boron.
Mn <sup>b</sup>	Manganese	0.20	Toxic to a number of crops at a few-tenths to a few mg/l, but usually only in acid soils.
Mo	Molybdenum	0.01	Not toxic to plants at normal concentrations in soil and water. Can be toxic to livestock if forage is grown in soils with high concentrations of available molybdenum.
Ni	Nickel	0.20	Toxic to a number of plants at 0.5–1.0 mg/l; reduced toxicity at neutral or alkaline pH.
Pb	Lead	5.0	Can inhibit plant cell growth at very high concentrations.
Se	Selenium	0.02	Toxic to plants at concentrations as low as 0.025 mg/l, and toxic to livestock if forage is grown in soils with relatively high levels of added selenium. Essential element to animals, but in very low concentrations.
V	Vanadium	0.10	Toxic to many plants at relatively low concentrations.
Zn <sup>b</sup>	Zinc	2.0	Toxic to many plants at widely varying concentrations; reduced toxicity at pH >6.0 and in fine textured or organic soils.

Source: Adapted from Ayers & Westcot (1985); Pescod (1992).

<sup>a</sup> The maximum concentration is based on a water application rate that is consistent with good irrigation practices (5000–10 000 m<sup>3</sup>/ha per year). If the water application rate greatly exceeds this, the maximum concentrations should be adjusted downward accordingly. No adjustment should be made for application rates less than 10 000 m<sup>3</sup>/ha per year. The values given are for water used on a continuous basis at one site.

<sup>b</sup> Synergistic action of Cu and Zn and antagonistic action of Fe and Mn have been reported in certain plants species' absorption and tolerance of metals after wastewater irrigation. If the irrigation water contains high concentrations of Cu and Zn, Cu concentrations in the tissue may increase greatly. In plants irrigated with water containing a high concentration of Mn, Mn uptake in the plants may increase, and, consequently, the concentration of Fe in the plant tissue may be reduced considerably. Generally, metal concentrations in plant tissue increase with concentrations in the irrigation water. Concentrations in the roots are usually higher than in the leaves (Drakatos, Kalavrouziotis & Drakatos, 2000; Drakatos et al., 2002; Kalavrouziotis & Drakatos, 2002).





## Λαχανικά

- **Συσώρευση θρεπτικών και βαρέων μετάλλων.**
- Σε έδαφος, που καλλιεργήθηκε με Μπρόκολα, βρέθηκε ότι η συσώρευση των θρεπτικών στοιχείων P, και Zn και βαρέων μετάλλων (Cd, Pb) με την εφαρμογή των ΕΥΑΑ, για την άρδευση του υπόψη λαχανικού, ήταν μέσα στα όρια των επιτρεπόμενων επιπέδων.
- Η συσώρευση των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος εξασφάλισε μία σταθερή ροή θρεπτικών για την ανάπτυξη των φυτών.

# Σχέση του Δείκτη Ρυπαντικής Φόρτισης (PLI) με τον Παράγοντα Μεταφοράς (TF) και με τον Παράγοντα Συγκέντρωσης (CF), υπό την επίδραση της ιλύος

- Η ιλύς του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια ως οργανικό λίπασμα και εδαφοβελτιωτικό.
- Η ιλύς πέρα από τις θετικές επιπτώσεις στο έδαφος και στα φυτά, μπορεί να έχει και τοξικά αποτελέσματα, δεδομένου ότι περιέχει βαρέα μέταλλα.
- Μακροχρόνια χρήση της ιλύος συμβάλλει στη συσσώρευση βαρέων μετάλλων στο έδαφος προκαλώντας την ρύπανση και τοξικότητα στα φυτά, επηρεάζοντας δυσμενώς την ανάπτυξή τους
- Η αξιολόγηση του επιπέδου ρύπανσης του εδάφους λόγω της μακροχρόνιας χρήσης της ιλύος είναι αναγκαία για την επιτυχή αντιμετώπιση της και γίνεται με τον υπολογισμό του Δείκτη Ρυπαντικής φόρτισης PLI (Pollution Load Index)



# Δασικά Είδη

Βρέθηκε γενικά ότι η συγκέντρωση των μικροθρεπτικών Cu, Fe, Mn, Zn και του βαρέως μετάλλου Pb στα φύλλα, στελέχη, και στις ρίζες των δασικών ειδών που μελετήθηκαν (*Geranium sp.* και *Nerium oleander*) επηρεάστηκε αρνητικά από τις ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των βαρέων μετάλλων και των θρεπτικών στοιχείων, που έλαβαν χώρα στα φυτά αυτά, ενώ τα βαρέα μέταλλα Cd, Co και Cr επηρεάστηκαν θετικά, δηλ. αυξήθηκε η συσσώρευση τους λόγω της επίδρασης των συνεργιστικών αλληλεπιδράσεων. Οι ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις έδρασαν ευεργετικά διότι μείωσαν τη συσσώρευση των βαρέων μετάλλων στα μελετηθέντα δασικά είδη.

Αντίθετα η συσσώρευση των βαρέων μετάλλων Ni, Cr Co και Cd στα διάφορα φυτικά μέρη, ευνοήθηκε σημαντικά από τις συνεργιστικές αλληλεπιδράσεις, τα μέταλλα δε αυτά συσσωρεύτηκαν κυρίως στο *Cupressus arizonica*, Green, και σε μικρότερο βαθμό στο *Cottoneaster integerrimus* Med.

Ο ποσοτικός προσδιορισμό της συμβολής των αλληλεπιδράσεων (ποσοτικοποίηση) σε βαρέα μέταλλα και θρεπτικά στοιχεία, υπήρξε και στη περίπτωση των δασικών ειδών, σημαντικός.

# Απαραίτητα μέτρα για άρδευση:



- **Συνεχής έλεγχος των συσσωρευμένων στοιχείων, ιδιαίτερα των P, Mn και Zn.**
- **Τακτική ανάλυση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υγρών επεξεργασμένων λυμάτων.**
- **Εφαρμογή όλων των οδηγιών υγείας όπως αυτές προβλέπονται σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο.**
- **Η ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου σχεδίου που θα ελέγχει τα φυτικά είδη, το έδαφος εφαρμογής των λυμάτων, τις υπάρχουσες κλιματικές συνθήκες και την γενικότερη υποδομή της περιοχής, μια και αναφερόμαστε σε πρωτογενή περιοχή.**
- **Έλεγχος των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του εδάφους (στράγγιση, αερισμός, οργανική ουσία) εφαρμόζοντας ένα πρόγραμμα ορθολογικής διαχείρισης των καλλιεργειών και του εδάφους.**

# Σχεδιασμός προγράμματος άρδευσης


Για το σχεδιασμό ενός πλήρους προγράμματος άρδευσης θα πρέπει απαραίτητα να ληφθούν υπόψη:

- ❖ Ύπαρξη πλήρους προγράμματος λειτουργίας της άρδευσης που θα λαμβάνει υπ' όψιν τη **μορφολογία της περιοχής** και τους **οικολογικούς παράγοντες**.
- ❖ Πριν την έναρξη του προγράμματος θα πρέπει **να γνωστοποιηθούν επακριβώς** τα αγροτεμάχια που θα αρδευτούν (αρ. αγροτεμαχίων, καλλιέργειες, χρόνος άρδευσης κλπ.).
- ❖ Να γίνει **οριοθέτηση** των αρδευομένων περιοχών με ενημερωτικές πινακίδες, η δε άρδευση να γίνεται με τρόπο, ώστε να αποφεύγεται κατά το δυνατόν η ανθρώπινη επαφή με τα επεξεργασμένα λύματα. **Ιδιαίτερη προσοχή** να δοθεί στη σήμανση των ανοιχτών διωρύγων και στα τυχόν άλλα μέτρα προστασίας του κοινού.

# Σχεδιασμός προγράμματος άρδευσης

συνέχεια

...

- 
- ❖ Να **αποκλειστούν περιοχές** προς άρδευση που μπορεί να υπάρχουν υδρευτικές και πηγές ή αρδευτικές γεωτρήσεις (που αρδεύουν καλλιέργειες οι οποίες δεν επιδέχονται άρδευση με επεξεργασμένα λύματα) σε απόσταση 100 και 50 m αντίστοιχα καθώς και 30 m από φρέατα και 15 m από σωλήνες υδραγωγείου.
  - ❖ Θα πρέπει πριν την έναρξη λειτουργίας της δραστηριότητας να έχει εξασφαλισθεί από τον υπεύθυνο της δραστηριότητας η **αποδοχή του από τους χρήστες**.
  - ❖ Θα πρέπει πριν την υλοποίηση της δραστηριότητας να έχει εξασφαλισθεί από την αρμόδια Υπηρεσία διαχείρισης του αρδευτικού δικτύου, ότι **δεν θα επιτρέπεται η άρδευση εκτάσεων** με καλλιέργειες που **καταναλώνονται νωπές** ή εφόσον δεν επιθυμούν οι καλλιεργητές την άρδευση των καλλιεργειών τους με τις επεξεργασμένες εκροές του υπ' όψιν βιολογικού καθαρισμού.

# Μεθοδολογία Εύρεσης Υδατικών Απαιτήσεων

Για τον προσδιορισμό των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών της πεδιάδας Αγρινίου, αρχικά υπολογίστηκε η μέση ημερήσια βασική εξατμισοδιαπνοή κάθε μήνα με την εξίσωση *Penman-Monteith* κατά *FAO* :

$$ET_o = \frac{0,408\Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

*όπου:*  $ET_o$ : η βασική εξατμισοδιαπνοή ( $\text{mm day}^{-1}$ ),  
 $R_n$ : η ροή της καθαρής ακτινοβολίας στην επιφάνεια των φυτών ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ),  
 $G$ : η ροή της αισθητής θερμότητας προς το έδαφος ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ),  
 $\gamma$ : η ψυχρομετρική σταθερά ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ),  
 $T$ : η μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα σε ύψος 2 m ( $^\circ\text{C}$ ),  
 $u_2$ : η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 2 m ( $\text{m s}^{-1}$ ),  
 $(e_s - e_a)$ : το έλλειμμα κορεσμού του αέρα ( $\text{kPa}$ ),  
 $e_s$ : η μέση πίεση των ατμών στον κορεσμό ( $\text{kPa}$ )  
 $e_a$ : η πραγματική πίεση ατμών ( $\text{kPa}$ ) και  
 $\Delta$ : η κλίση της καμπύλης της σχέσεως μεταξύ της πίεσης ατμών κορεσμού και της θερμοκρασίας ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ )

*(Allen et al., 1998)*

# Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή $ET_c$ για ολόκληρη την αρδευτική περίοδο των παραπάνω εκτάσεων, δίνεται από την εξίσωση:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

όπου  $K_c$ : οι μέσοι φυτικοί συντελεστές των καλλιεργειών κατά στάδιο ανάπτυξης

**Οι καθαρές ανάγκες σε νερό άρδευσης των καλλιεργειών υπολογίστηκαν από την εξίσωση:**

$$I_n = ET_c - (P_e + G_w + SM)$$

όπου  $P_e$ : είναι το μέρος εκείνο της βροχής που μπορεί να αξιοποιηθεί από τις καλλιέργειες και λέγεται ωφέλιμη βροχή,

$G_w$ : είναι η συμβολή του υπόγειου νερού και

$SM$ : είναι το νερό που είναι αποθηκευμένο στη ζώνη του ριζοστρώματος στην αρχή της βλαστικής περιόδου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες.

Στην παρούσα εργασία ο όρος  $G_w$  θεωρήθηκε ίσος με μηδέν, διότι η υπόγεια στάθμη στην πεδιάδα Αγρινίου είναι πολύ χαμηλή λόγω της υπεράντλησης. Επίσης έγινε η παραδοχή ότι η εδαφική υγρασία κατά τη σπορά και τη συγκομιδή ήταν στο ίδιο επίπεδο, οπότε ο όρος  $SM$  ελήφθη ίσος με μηδέν.



# Γενικά συμπεράσματα σε σχέση με τη συνέχιση των ερευνών

Από τα μέχρι σήμερα ληφθέντα αποτελέσματα των ερευνών του εργαστηρίου μας, τα γενικά συμπεράσματα που προκύπτουν σχετικά με την ανάγκη περαιτέρω έρευνας των επιπτώσεων των ΕΥΑΑ και της ιλύος στο έδαφος, τα φυτά και στο περιβάλλον, συνοψίζονται κατωτέρω:

**Η συσσώρευση των βαρέων μετάλλων λόγω εφαρμογής της επαναχρησιμοποίησης των ΕΥΑΑ και της ιλύος στα πλαίσια ενός Εθνικού σχεδιασμού αξιοποίησης των εκροών (υγρών ή στερεών) των Μονάδων Βιολογικού καθαρισμού, θα πρέπει να μελετηθεί σε πολυετή πειράματα, ειδικώς σχεδιασμένα για τη μελέτη και της υπολειμματικής δράσης των στοιχείων, αλλά και των αλληλεπιδράσεων τους στο έδαφος και στα φυτά.**

**Η λεπτομερής μελέτη για την επιβεβαίωση ορισμένων αλληλεπιδράσεων με περιβαλλοντική σημασία, θα πρέπει να γίνει με εγκατάσταση ειδικών πειραματικών, όπως π.χ. εκείνου της μελέτης της αλληλεπίδρασης  $ClxCd$ , λόγω της άμεσης σχέσης τους με την τροφική αλυσίδα και την προστασία της υγείας των καταναλωτών και του περιβάλλοντος.**

# Γενικά συμπεράσματα σε σχέση με τη συνέχιση των ερευνών

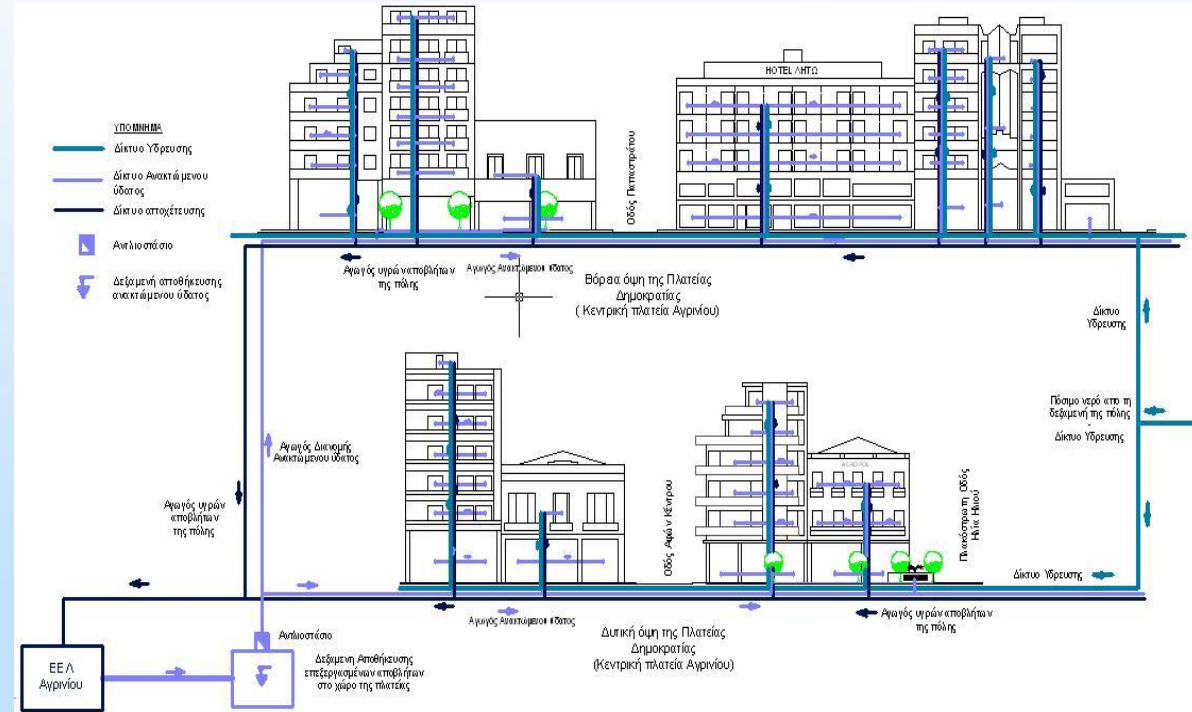
Η συνέχιση της μελέτης των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των βαρέων μετάλλων και των θρεπτικών στοιχείων, στο έδαφος και στα φυτά, θα πρέπει να γίνει και σε άλλες καλλιέργειες πλην των λαχανικών (σιτάρι, καλαμπόκι κλπ) για την επιβεβαίωση της πιθανής παρουσίας τους σε όλες τις καλλιέργειες.

Θα πρέπει να ελεγχθεί η σταθερότητα των αλληλεπιδράσεων κατά την κίνησή τους μέσα στο φυτό από τις ρίζες στα φύλλα, από τα φύλλα στα εδώδιμα τμήματα ή από τις ρίζες στα φύλλα και στους καρπούς. Η έρευνα αυτή είναι αναγκαία για την επιβεβαίωση της σταθερότητας και της συνέπειας των αλληλεπιδράσεων, γεγονός που έχει σχέση με της άριστη θρέψη κα ανάπτυξη των φυτών κάτω από την επίδραση των ΕΥΑΑ.

Είναι αναγκαίο όπως μελετηθεί η τύχη των περιεχόμενων στα ΕΥΑΑ τοξικών οργανικών ουσιών, γεωργικών φαρμάκων και φαρμακευτικών ουσιών και η συσσώρευση τους στο έδαφος και η προσληψη τους από τα φυτά, καθώς και η ενδεχόμενη συσσώρευσή τους στα εδώδιμα μέρη του φυτού.



# Σχεδιασμός για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών λυμάτων στην κεντρική πλατεία Δημοκρατίας στο Αγρίνιο




# Προτάσεις

- Η οποιαδήποτε εφαρμογή επεξεργασμένων υγρών αστικών λυμάτων προϋποθέτει την απόλυτη σύμφωνη γνώμη των παραγωγών.
- Αυτό για να υπάρξει στην Χώρα μας θα πρέπει απαραίτητα να επιδιωχθεί η όσον το δυνατόν ταχύτερη προσπάθεια στα πλαίσια της ευαισθητοποίησης, ενημέρωσης του αγροτικού πληθυσμού.
- Διαχειριστικά σχέδια είναι ανάγκη να υπάρξουν πιλοτικά, όπου σήμερα παρατηρούνται σημαντικά προβλήματα στο αρδευτικό νερό.
- Είναι ανάγκη στην σύγχρονη εποχή, να περάσουμε ταχύτατα από την φιλοσοφία των εκτροπών και των όποιων προβλημάτων αυτές παρουσιάζουν, στην εποχή σχεδιασμού πιλοτικής εφαρμογής σχεδίων επαναχρησιμοποίησης υγρών αστικών λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών με την αξιοποίηση της λάσπης που προέρχεται από την λειτουργία των Βιολογικών καθαρισμών.

# Συμπεράσματα

- Η έρευνα και τεχνολογία αντικειμένων υδατικών πόρων και φυσικά η διαχείριση τους, θα εξακολουθούν να αναπτύσσονται τα προσεχή έτη με πιο γρήγορους ρυθμούς.
- Θα αναπτύσσονται κυρίως τεχνολογίες διαχείρισης υδατικών πόρων, που θα είναι χαμηλού κόστους, φιλικές στο περιβάλλον, υψηλής απόδοσης και φυσικά η χρήση μη συμβατικών υδατικών πόρων.
- Όλο και περισσότερο θα δίδεται έμφαση σε συστήματα διαχείρισης υδατικών πόρων, που θα βασίζονται σε τεχνολογίες ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης.
- Ειδικότερα η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση σε παγκόσμιο, ΕΕ και εθνικό επίπεδο στο άμεσο μέλλον θα αυξάνεται με πιο γρήγορους ρυθμούς και γι' αυτό επιβάλλεται η λήψη άμεσων μέτρων τόσο σε επίπεδο ΕΕ, όσο και Εθνικό.

# Βασικές Προϋποθέσεις:

- 
- Η βούληση της πολιτείας.
  - Η απαραίτητη συνεισφορά επιστημόνων όλων των σχετικών με τα περιβαλλοντικά ζητήματα.

# *Laboratory of Sustainable Waste Technology Management*



- **Prof. Dr. Ioannis Kalavrouziotis,**
- **Dr. P. Kokkinos**
- **Dr. E. Giannakopoulos**
- **Dr. Dimitris Papaioannou (PhD)**
- **Prodromos Koukoulakis (MSc)**
- **PhD candidates**
- **- Ekavi Isari**
- **- Kostas Kollyropoulos MSc**
- **- Ilias Karachalios MSc**
- **-Sotiris Michalopoulos**
- **-Noni Amplianiti**

## **We collaborate with the following labs**

- Geochemistry lab, geological University of Patras, (S, Varnavas, professor)
- Soil research lab, EOIAFE, Thessaloniki
- Department of Health Sciences, University of Patras
  - Department of Irrigation, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC), (Spanish Council for Scientific Research) ,Espinardo-30100-Murcia-Spain
- Department for Information Technologies of Inductive Modeling, the International UNESCO Center of Information Technologies and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine
  - Professor Dr. Despo Kassinou, Civil and Environmental Engineering Department, School of Engineering , University of Cyprus
  - Topographic mapping lab, University of Aegean I.N. Hatzopoulos, professor
  - Technical University of Braunschweig, Institute of sanitary and Environmental Engineering, Professor Dr. Thomas Dokhron
    - Istanbul Technical University, Civil Engineering Faculty, Environmental Engineering Department, Maslak, 34469, Istanbul, TURKEY



**Σας ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας!!!**



**KEEP  
CALM  
AND  
REUSE  
WATER**