

Περιβαλλοντική αποτίμηση και οικονομική
αξιολόγηση εγκαταστάσεων επεξεργασίας
λυμάτων (ανάκτηση ενέργειας και νερού)

Βασίλειος Διαμαντής
Δρ. Μηχανικός Περιβάλλοντος

Σύνοψη

- Επεξεργασία υγρών αποβλήτων σήμερα
- Επεξεργασία υγρών αποβλήτων στο μέλλον
 - Ανάκτηση νερού
 - Ανάκτηση ενέργειας
 - Ανάκτηση θρεπτικών (άζωτο και φώσφορο)
- Αναερόβια επεξεργασία οικιακών λυμάτων
- Χρήση μεμβρανών για την ανάκτηση νερού
- Συμπεράσματα

Πόλεις του μέλλοντος



Πόλεις του μέλλοντος



Τι είναι τα οικιακά λύματα

- **Από τι αποτελούνται?**
 - Νερό



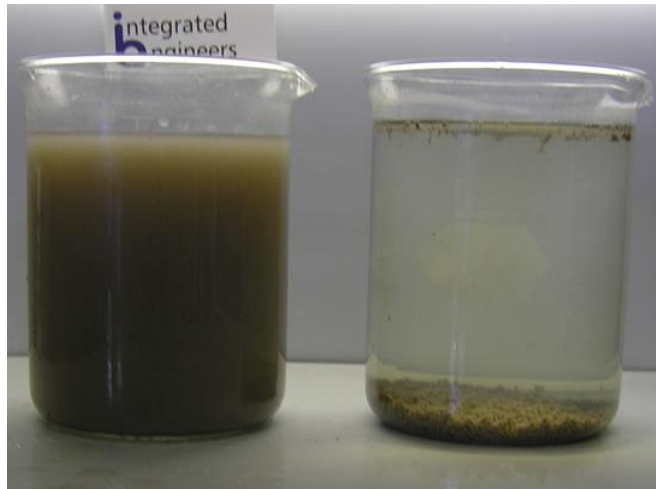
Τι είναι τα οικιακά λύματα

- Το νερό περιέχει:
- Μεγάλα στερεά
 - Ξυλάκια, χαρτιά, πλαστικά, κουκούτσια, τρίχες, κλπ
- Αιωρούμενα σωματίδια
- Είναι θολό



Τι είναι τα οικιακά λύματα

- **Μέσα στο νερό βρίσκονται διαλυμένα:**
 - Οργανικά συστατικά (ζάχαρα, πρωτεΐνες, κλπ)
 - Άζωτο (αμμωνία)
 - Φώσφορος
 - Μικρο-ρυπαντές (παθογόνα, βαρέα μέταλλα, ανθρωπογενή χημικά)

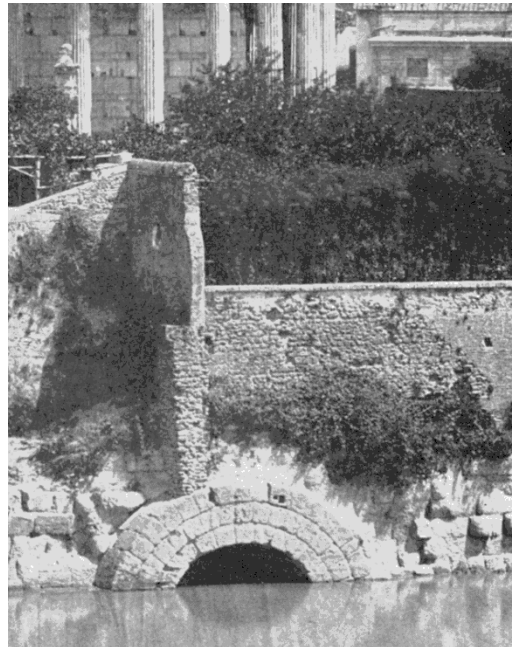


Ανεξέλεγκτη διάθεση λυμάτων

- **Διαχείριση λυμάτων στα αρχαία χρόνια**
 - Λίπανση εδαφών
 - Διάθεση στην αυλή του σπιτιού
 - Διάθεση στους δρόμους

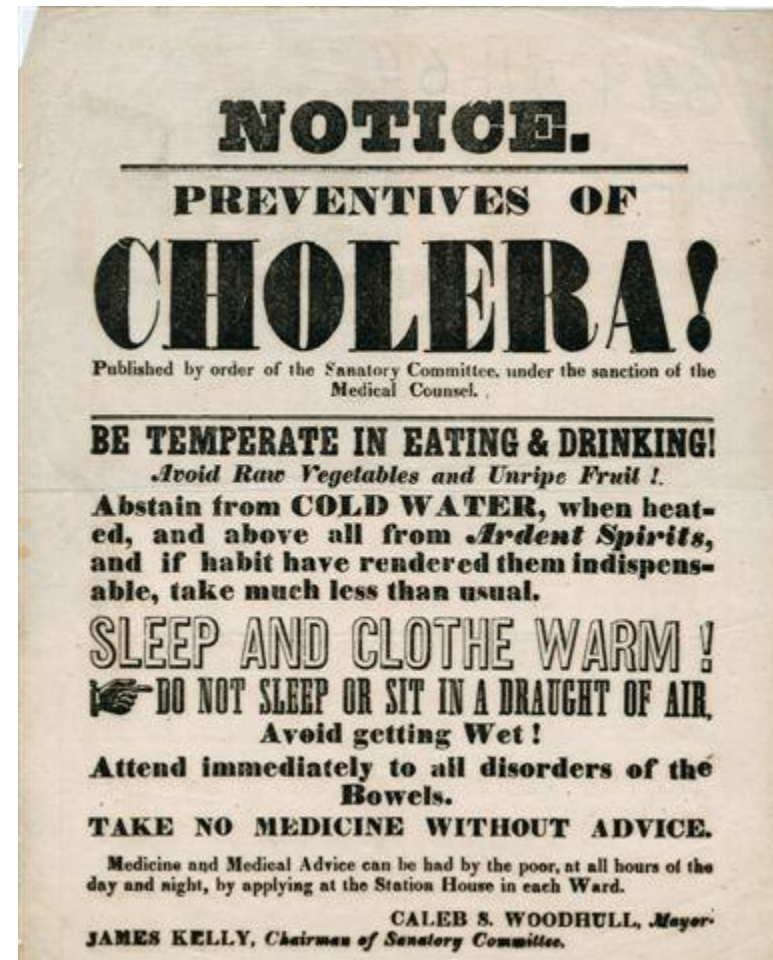


Αρχαία αποχετευτικά δίκτυα



Ανεξέλεγκτη διάθεση λυμάτων

- **Επιδημίες και υγειονομικά προβλήματα**
 - Ρύπανση πόσιμου νερού
 - Επιδημίες χολέρας
- Λονδίνο, Παρίσι (1831)
- Νέα Υόρκη (1834)



Ανεξέλεγκτη διάθεση λυμάτων

- **Επιδημίες χολέρας σε αναπτυσσόμενες χώρες**

- Ιράκ (Ιούλιος-Δεκέμβρης 2007)
- Ορίσα, Ινδία (Αύγουστος 2007)
- Βιετνάμ (Μάρτιος 2008)
- Κονγκό (Νοέμβριος 2008)
- Ζιμπάμπουε (Αύγουστος 2008)
- Νότιος Αφρική (Ιανουάριος 2009)
- Νιγηρία (Αύγουστος 2010)



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ

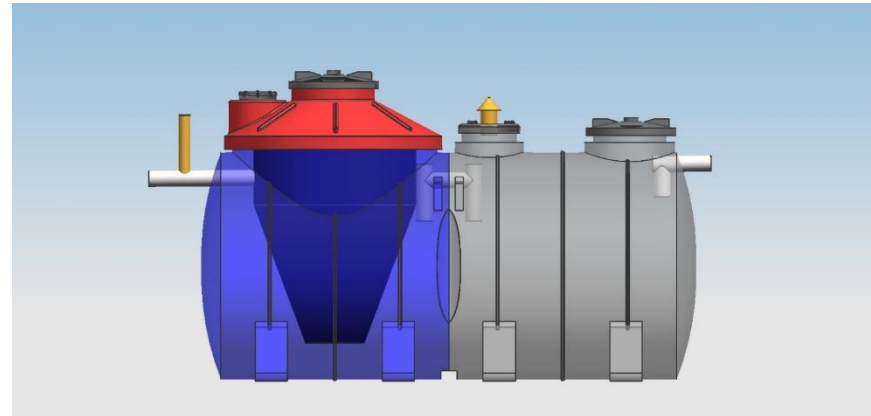
ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΣΥΛΛΕΓΟΥΜΕ ΚΑΙ ΝΑ
ΚΑΘΑΡΙΖΟΥΜΕ ΤΑ ΟΙΚΙΑΚΑ ΛΥΜΑΤΑ



Επεξεργασία οικιακών λυμάτων

- **Βιολογικός καθαρισμός**

- Οξείδωση οργανικών συστατικών προς CO_2 και περίσσεια λυματολάσπη
- Οξείδωση αμμωνίας προς αέριο άζωτο
- Ενσωμάτωση του φωσφόρου στη βιομάζα



Επεξεργασία οικιακών λυμάτων

- Συνολικό επενδυτικό κόστος (CAPEX)

Ισοδύναμοι κάτοικοι (0.25 m ³ /IK d)	200 IK
Μέση παροχή	50 m ³ /d
CAPEX	
Βιο-αντιδραστήρας (20 m ³)	19.000,00
Δεξαμενή συλλογής (30 m ³)	5.000,00
Παχυντής (8 m ³)	2.500,00
Σύστημα αερισμού	2.000,00
Υγροβιότοπος (μετ-επεξεργασία)	7.000,00
Σύνολο κύριων μονάδων	37.500,00
Οικίσκος	2.000,00
Πρόσθετο κόστος	7.500,00
Συνολικό CAPEX (€)	45.000,00
Ετήσιο κόστος (15 χρόνια, 6% επιτ.)	4.500,00
Κόστος ανά IK και έτος	22 €/ IK έτος
Κόστος ανά m ³ νερού	0.26 €/ m ³

Επεξεργασία οικιακών λυμάτων

- Επενδυτικό (CAPEX) και λειτουργικό (OPEX) κόστος

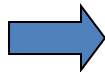
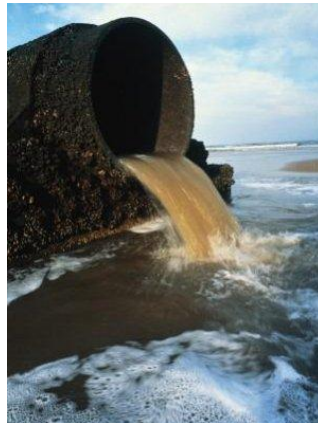
Περιγραφή κόστους	Ετήσιο κόστος (€/ έτος)	Κόστος ανά m ³	Κόστος ανά ΙΚ και έτος
CAPEX	4.500,00	0,26	22
OPEX (αερισμός)	2.000,00	0,11	10
OPEX (επίβλεψη)	2.000,00	0,11	10
Συνολικό κόστος	8.500,00	0,48 €/ m ³	42 €/ ΙΚ έτος

- Συμπερασματικά: Ο καθαρισμός λυμάτων σε σύστημα αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας κοστίζει ~ 0.50 €/m³

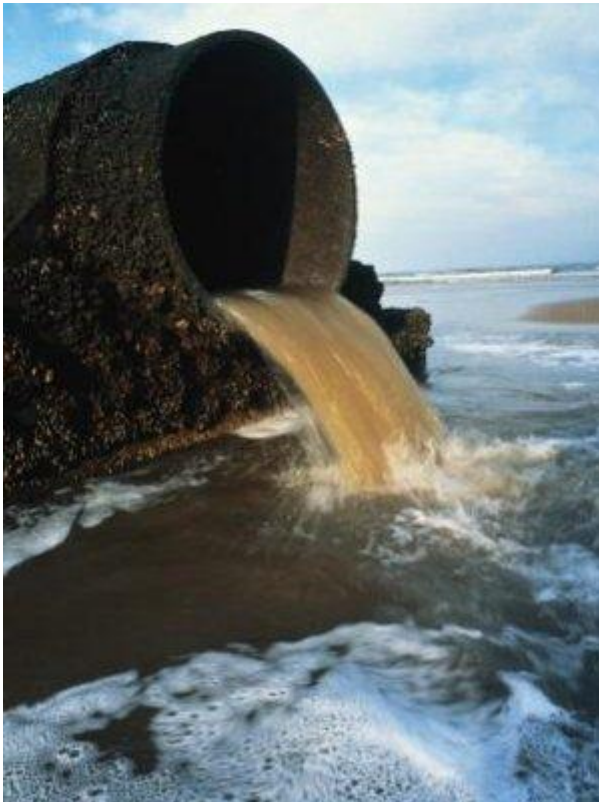
II. Λύματα ως πόρος

Αστικά λύματα – χρησιμοποιημένο νερό

- Το νερό έχει χρησιμοποιηθεί αλλά δεν θεωρείται απόβλητο.
- Πρέπει να επανασχεδιάσουμε τα συστήματα επεξεργασίας και διαχείρισης αστικών λυμάτων.
 - **Στο παρελθόν:** Πως θα ξεφορτωθούμε τα λύματα αξιοπρεπώς
 - **Στο μέλλον:** Είναι πόρος, πως θα τα αξιοποιήσουμε βέλτιστα



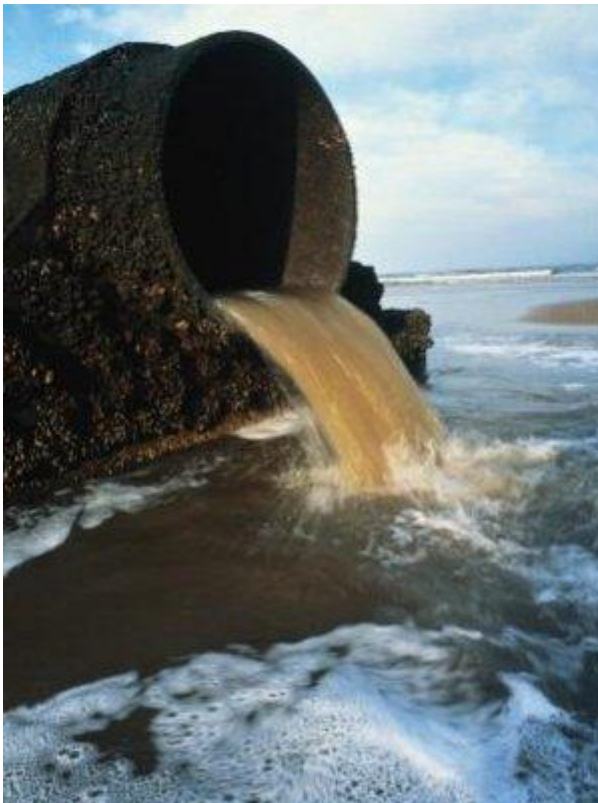
II. Λύματα ως πόρος



Δυνατότητα ανάκτησης

- Οργανικό λίπασμα
- Άζωτο
- Φώσφορος
- Βιοαέριο/ μεθάνιο
- Νερό

II. Λύματα ως πόρος



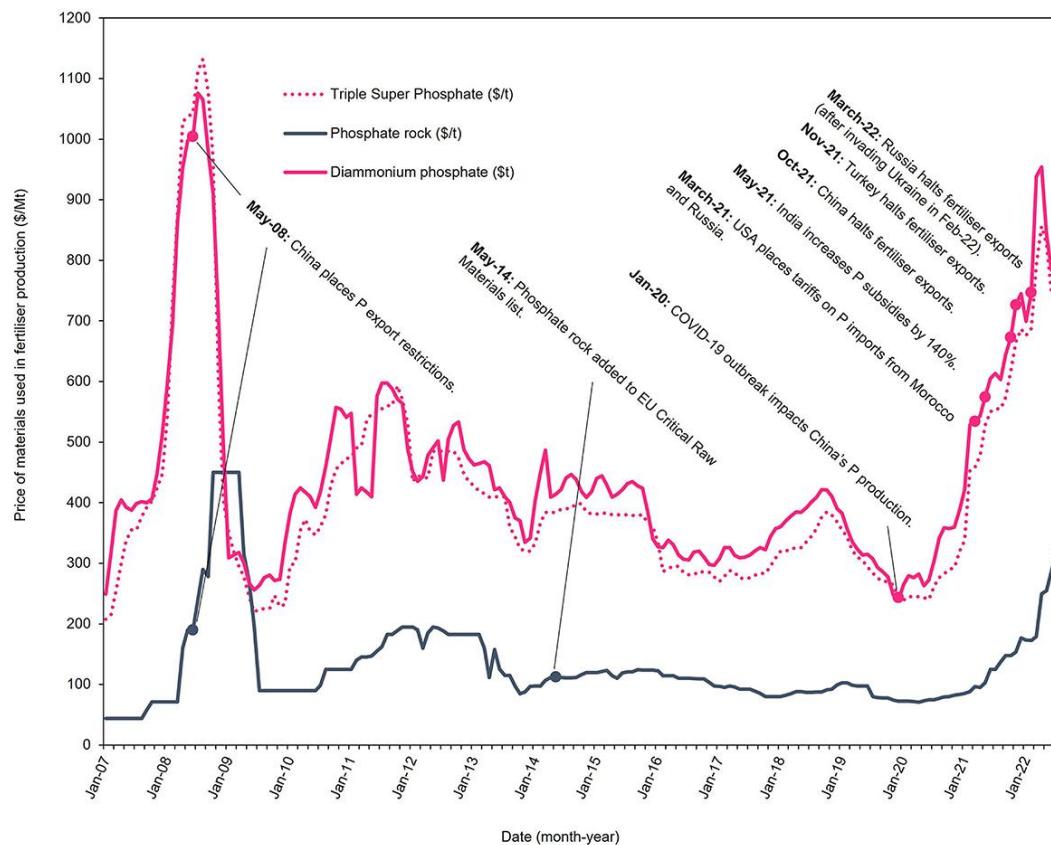
Επικίνδυνα συστατικά

- Βαρέα μέταλλα
- Τοξικά συστατικά
- Παθογόνα

II. Λύματα ως πόρος

Τιμές φωσφόρου

Diammonium phosphate: 800 €/tn



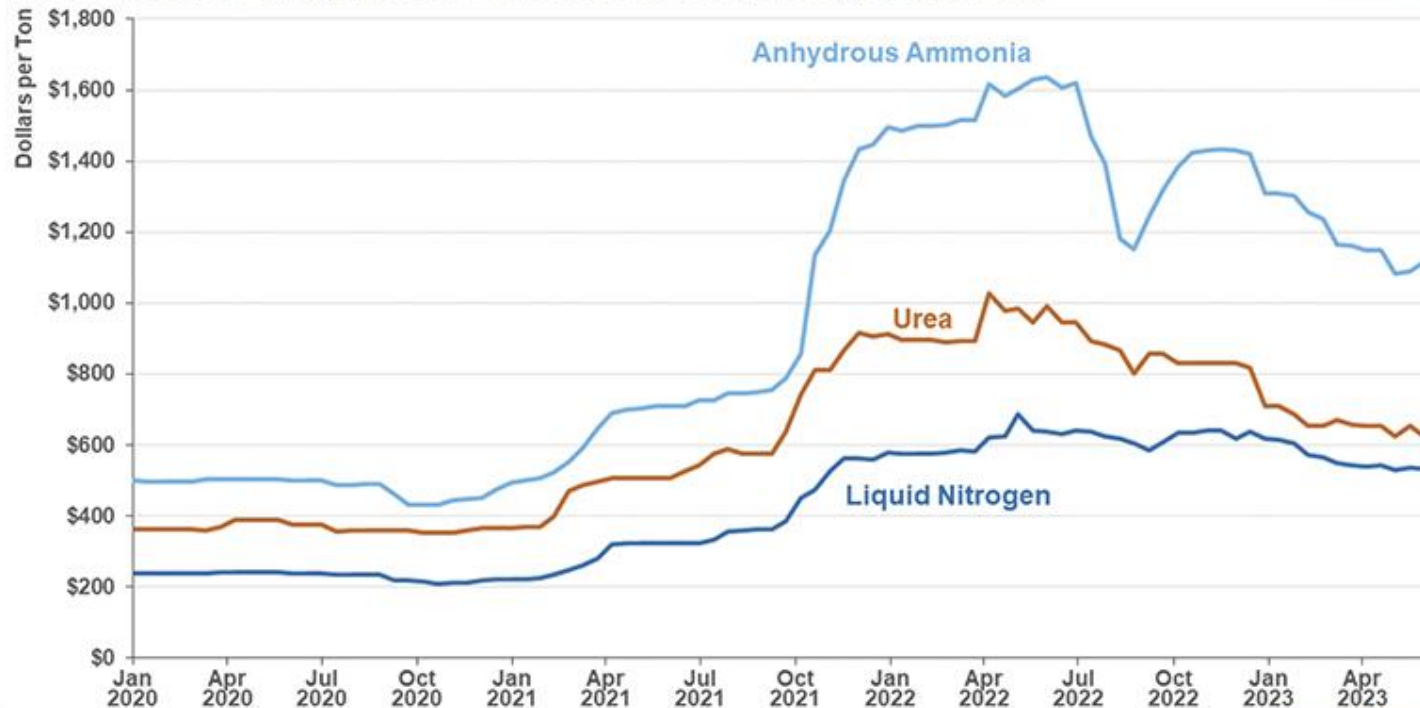
II. Λύματα ως πόρος

Τιμές αζώτου

Ammonia: 1000 €/tn

Figure 1. Nitrogen Fertilizer Prices from Jan 4, 2020 to June 1, 2023

AMS Livestock, Poultry and Grain Market News IL Dept. of Ag Market News



II. Λύματα ως πόρος

Τιμές μεθανίου

NG (methane): 0.50 €/m³



II. Λύματα ως πόρος

Ανάκτηση	Ανά m ³ λυμάτων	Τιμές αγοράς	Σύνολο ανά m ³ λυμάτων
Νερό	1 m ³	0.50 €/m ³	0.50 €
Άζωτο	0.05 Kg	1.0 €/Kg	0.05 €
Μεθάνιο	0.14 m ³	0.50 €/m ³ _{CH₄}	0.07 €
Οργανικό λίπασμα	0.10 Kg	0.10 €/Kg	0.01 €
Φώσφορος	0.01 Kg	0.80 €/Kg	0.01 €

Verstraete et al. (2009) *Bioresource Technology* **100**, 5537-5545

Συμπερασματικά: μπορεί να εξοικονομηθεί
0.64 €/m³, κυρίως λόγω του νερού

III. Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ)



Συμβατικές ΕΕΛ

- **Μέθοδος ενεργού ιλύος**
 - Σχηματισμός αεροσόλ
 - Κατανάλωση ενέργειας (60 000 ΙΚ, 18 000 €/μήνα)
 - Παραγωγή περίσσειας ιλύος (150-200 m³/month)
 - Ικανότητα καθίζησης ιλύος (σε χαμηλό F/M)
 - Μέτρια ποιότητα εκροής (για επαναχρησιμοποίηση)
 - Χωρίς ανάκτηση θρεπτικών



Απαιτείται επανασχεδιασμός των ΕΕΛ

- **ΣΤΟΧΟΣ**
- Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας
- Ανάκτηση βιοαερίου
- Μέγιστη επαναχρησιμοποίηση (νερό και θρεπτικά)



Αναερόβια επεξεργασία οικιακών λυμάτων

- Πλεονεκτήματα

50-60% μείωση του COD και BOD

Κατανάλωση ενέργειας $< 5 \text{ kWh/ } 1000 \text{ m}^3$

Χαμηλή παραγωγή περίσσειας ιλύος

Κατακρήμνιση βαρέων μετάλλων

Απομάκρυνση ρυπαντών προτεραιότητας

Cowling et al. (1992) Environ Technol, 13, 281

Froehner et al. (2011) Water Air Soil Pollut, 216, 463

Aiyuk et al. (2006) Biores Technol, 97, 2225

De Graaff et al. (2011) Water Res, 45, 375

Αναερόβια επεξεργασία οικιακών λυμάτων

- Αντιδραστήρες UASB στην Ινδία
- 44 εφαρμογές **μεγάλης** κλίμακας
- 2.6 εκατ. m³/d

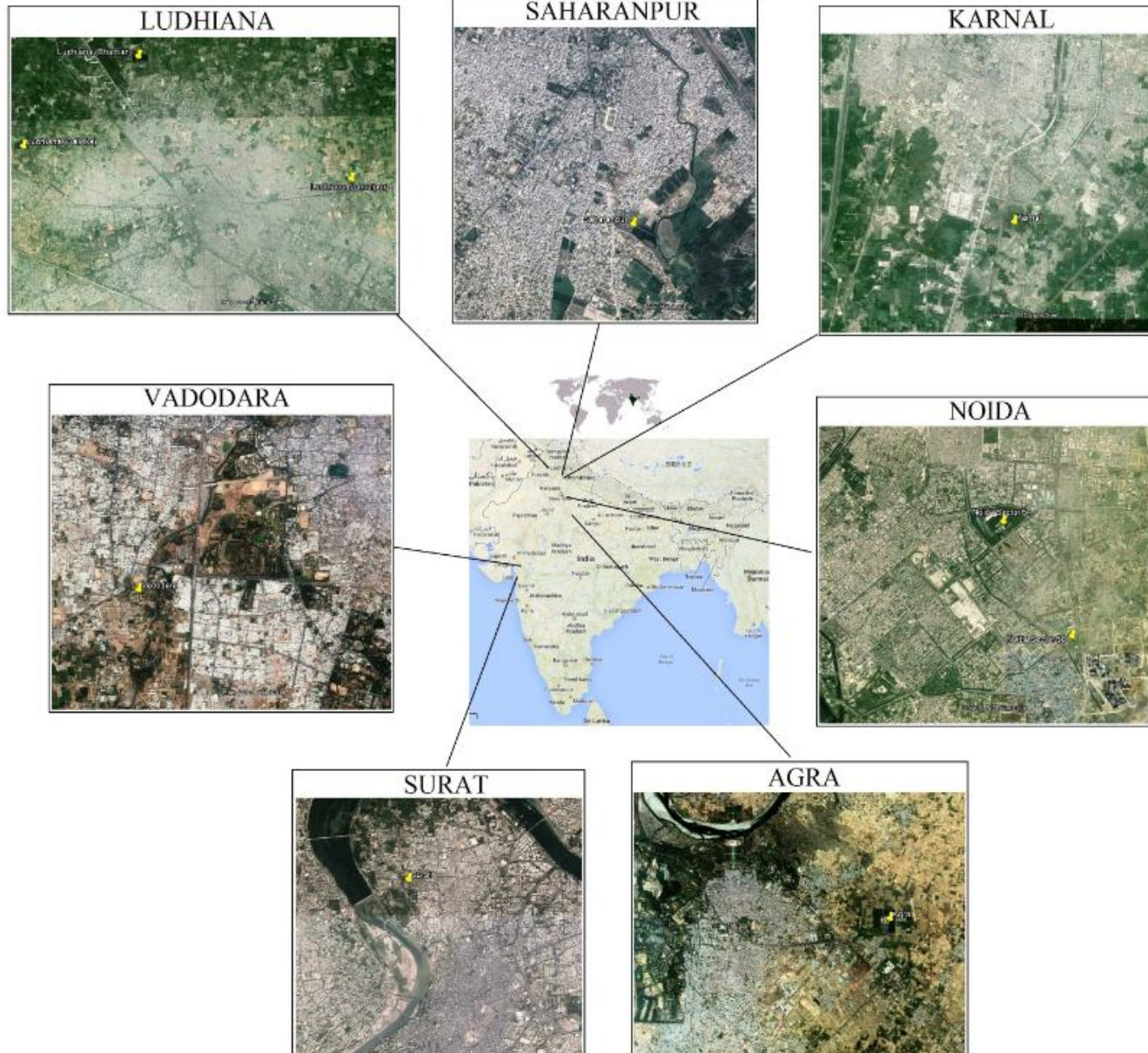
Central Pollution Control Board, Government of India (2013)



Photo: Abid Khan, 2011



Περιοχές μελέτης



I. Παράμετροι σχεδιασμού

- Παράμετροι σχεδιασμού συστημάτων UASB πλήρους κλίμακας

	Capacity	UASB Volume	UASB Surface	UASB Height	OLR	SLR	HRT
WWTP	m ³ /d	m ³	m ²	m	Kg/(m ³ d)	m ³ /(m ² d)	h
Saharanpur	38 000	15 000	2700	6.10	1.26	14.1	9.5
Agra	78 000	30 200	5760	5.25	1.29	13.5	9.3
Karnal	40 000	14 100	3100	4.80	1.41	12.9	8.5
Vadodara	43 000	14 680	3200	4.80	1.46	13.4	8.2
Surat	100 000	39 200	8000	7.45	1.28	12.5	9.4
Noida	27 000	11 200	2000	6.10	1.21	13.5	9.9
Noida	34 000	13 600	2300	6.25	1.25	14.8	9.6
Ludhiana	111 000	45 300	8650	5.10	1.22	12.8	9.8
	2.5 mPE		Average	5.7 (±0.9)	1.30 (0.09)	13.4 (±0.7)	9.3 (±0.6)

Primary clarifier

2-3 m

n/a

30-40

1-3

II. Απόδοση διεργασιών

- Απομάκρυνση οργανικών και αιωρούμενων στερεών
- COD = 490 (± 190) mg/L
- BOD = 220 (± 70) mg/L
- TSS = 265 (± 85) mg/L

	Capacity	COD removal	BOD removal	TSS removal	
WWTP	m ³ /d	%	%	%	(n)
Saharanpur	38 000	57	60	60	10
Agra	78 000	43	48	40	1
Karnal	40 000	57	60	60	3
Vadodara	43 000	75	62	70	1
Surat	100 000	42	47	40	1
Noida	27 000	40	53	60	2
Noida	34 000	51	79	53	2
Ludhiana	111 000	46	57	64	4
	Average	50 (± 12)	58 (± 10)	55 (± 11)	24

III. Παραγωγή βιοαερίου

- Παραγωγή βιοαερίου και ανάκτηση ενέργειας

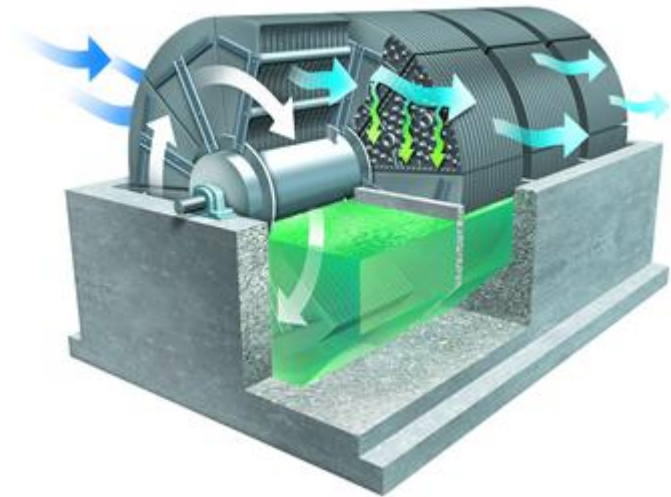
	Capacity	Volume	OLR	Biogas	Biogas	Yield*
WWTP	m ³ /d	m ³	Kg/(m ³ d)	m ³ /h	m ³ /(m ³ d)	m ³ /kg
Saharanpur	38 000	15 000	1.26	90-130	0.12-0.17	0.10-0.14
Karnal	40 000	14 100	1.41	130-200	0.18-0.28	0.13-0.20
Vadodara	43 000	14 680	1.46	150-230	0.20-0.31	0.14-0.21
Ludhiana	111 000	45 300	1.22	280-380	0.12-0.17	0.10-0.14
				Average	<u>0.16-0.23</u>	<u>0.12-0.17</u>

- Πραγματική ανάκτηση = 0.24-0.34 m³/kg CODr
- Θεωρητική ανάκτηση = 0.50-0.55 m³/ kg CODr

Συμπερασματικά : 35-50% του βιοαερίου χάνετε (διαλύεται) στην υδάτινη φάση του χωνευτή

IV. Μετ-επεξεργασία

- Αερόβια συστήματα χαμηλού ρυθμού
 - Trickling filter
 - Rotating biological contactor (RBC)

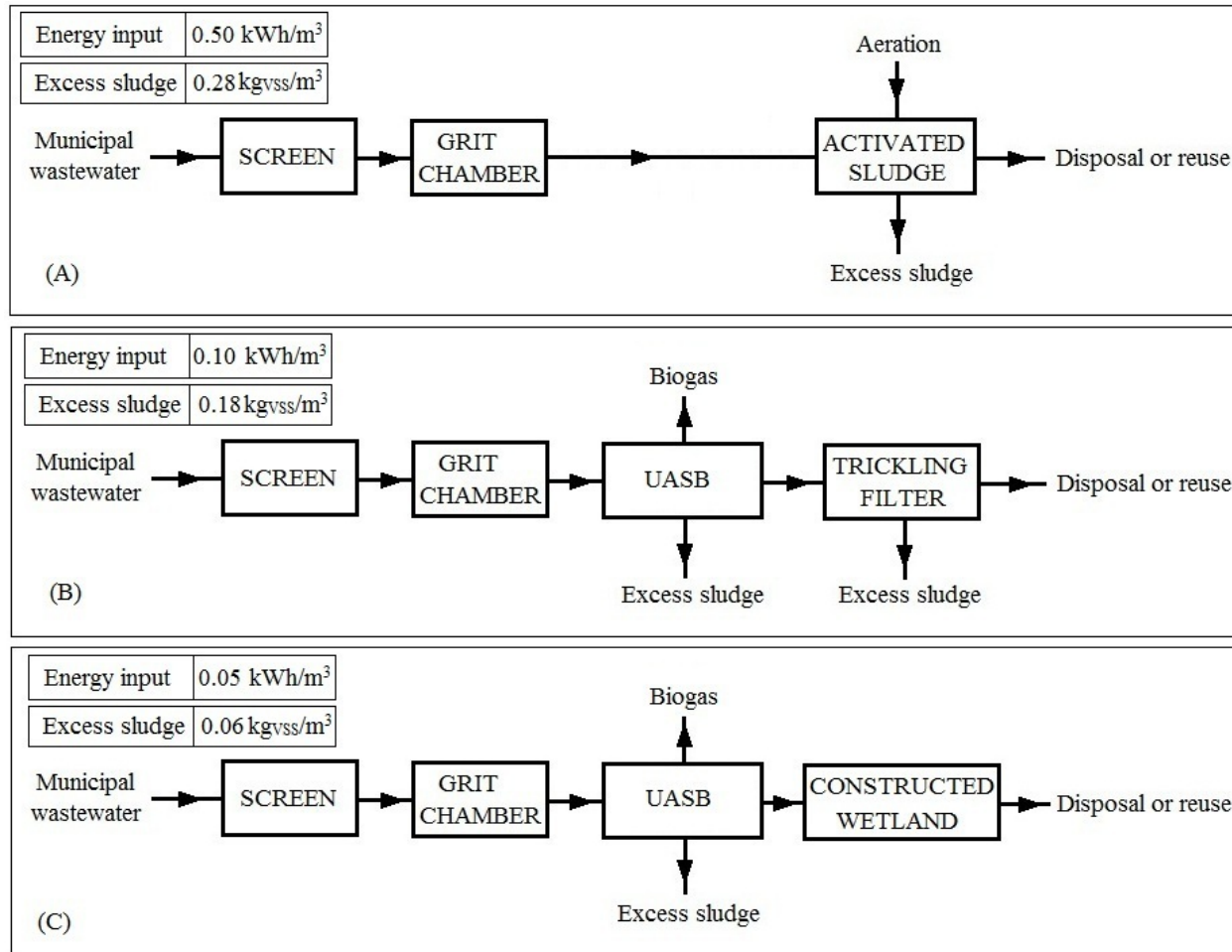


IV. Μετ-επεξεργασία

- Τεχνητοί υγρότοποι

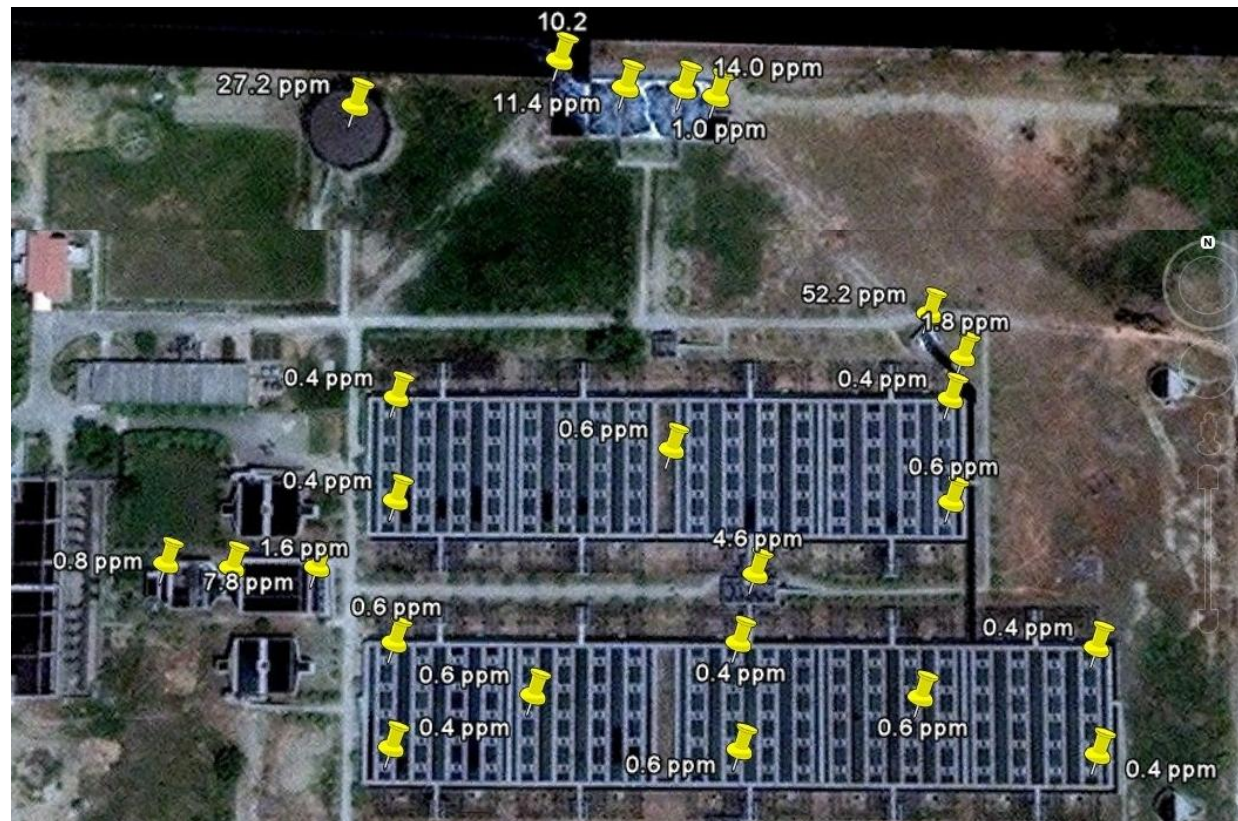


IV. Μετ-επεξεργασία



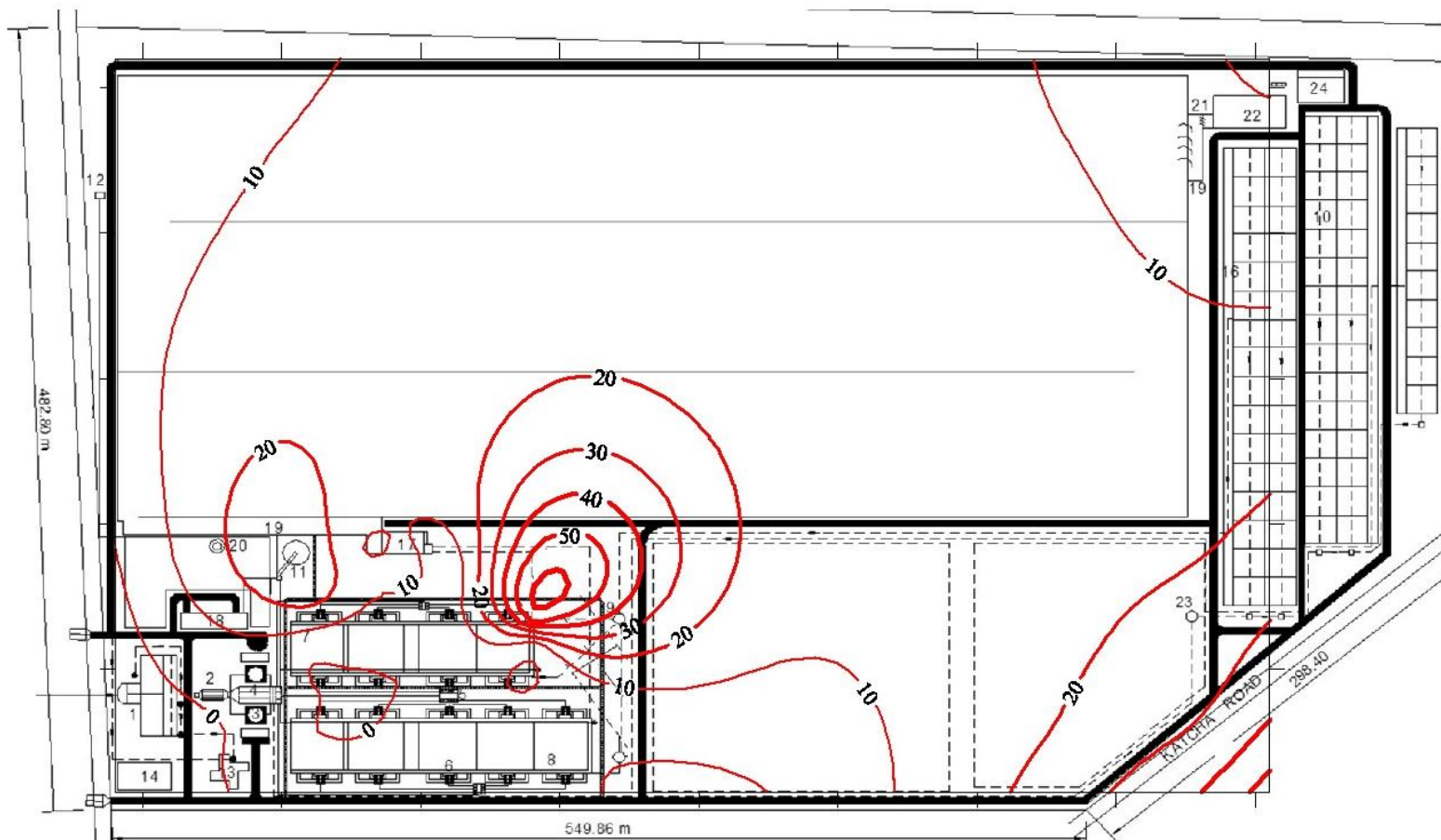
Συμπερασματικά: UASB με μηδενική κατανάλωση ενέργειας και χαμηλή παραγωγή περίσσειας ιλύος

- Σχηματισμός και απελευθέρωση υδροθείου



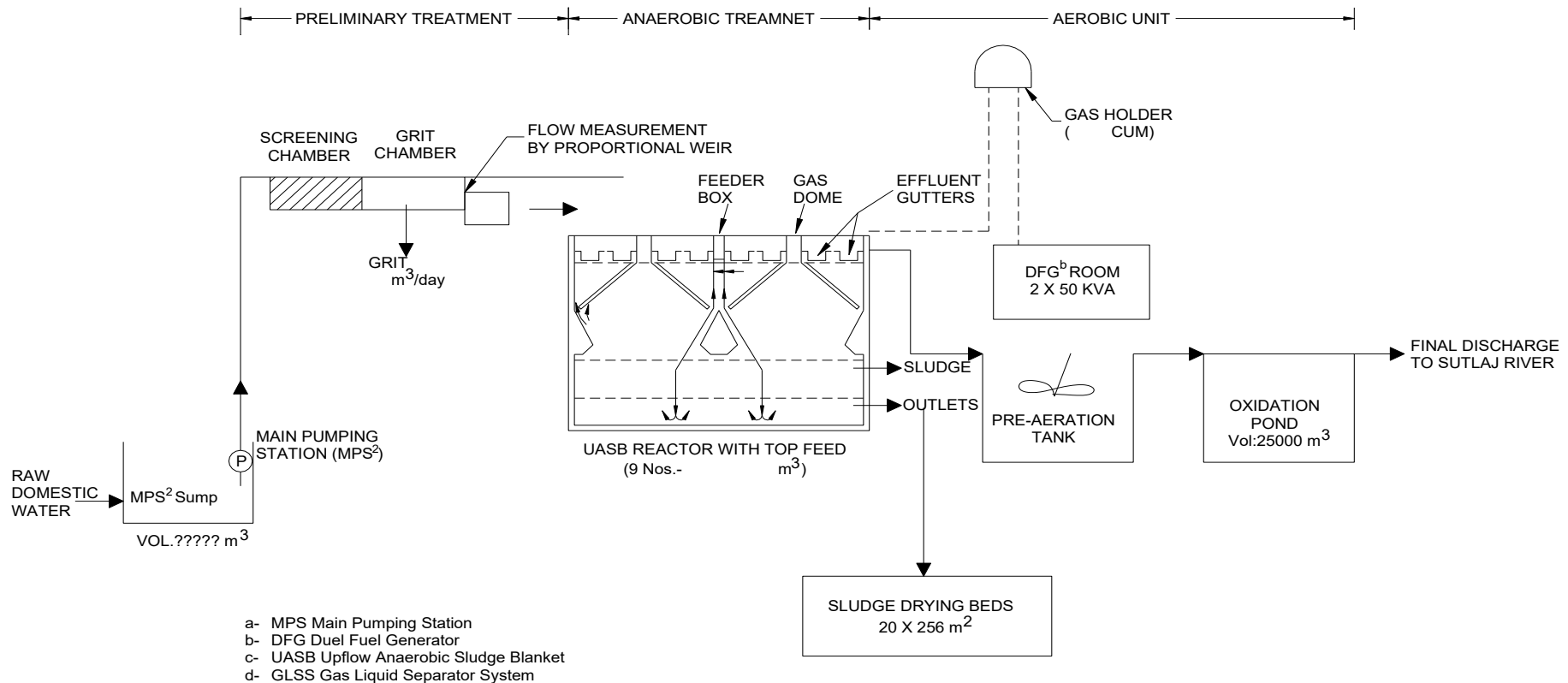
Ν. Έλεγχος δυσοσμίας

- Σχηματισμός και απελευθέρωση υδρόθειου



V. Έλεγχος δυσοσμίας

- Μικρο-αερόβια οξείδωση θειούχων

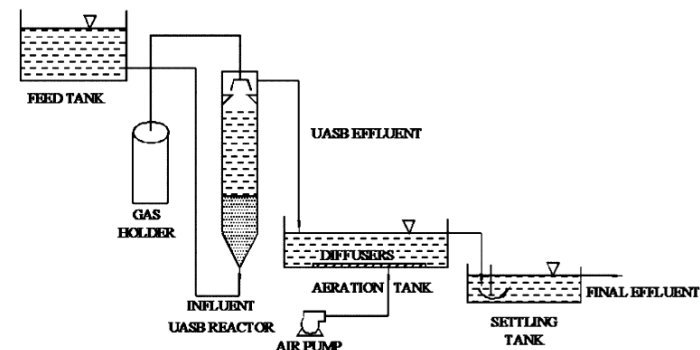
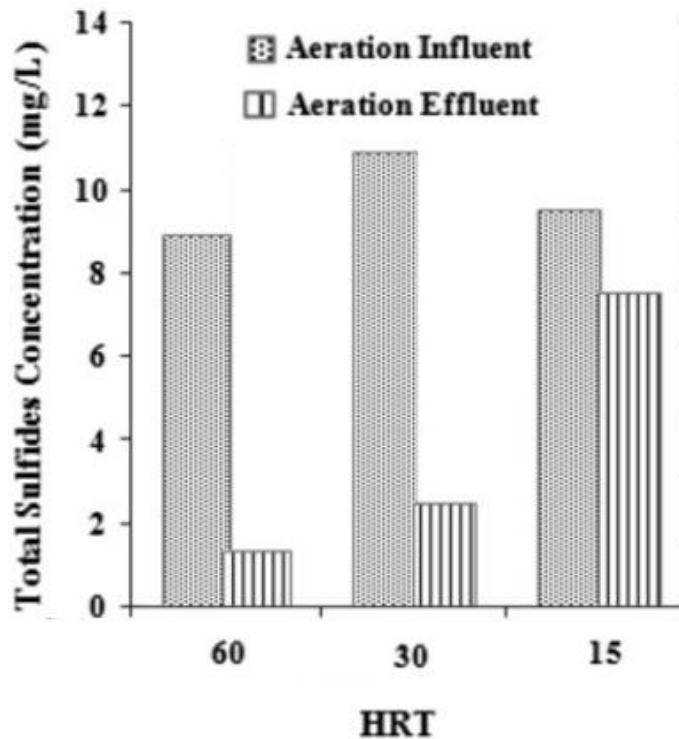


FLOW-SHEET OF 111 MLD UASB PLANT, BHATTIAN. LUDHIANA

Ν. Έλεγχος δυσοσμίας

- Οξείδωση υδροθείου με αερισμό του νερού

Khan et al. (2012) Bioproc Biosyst Eng



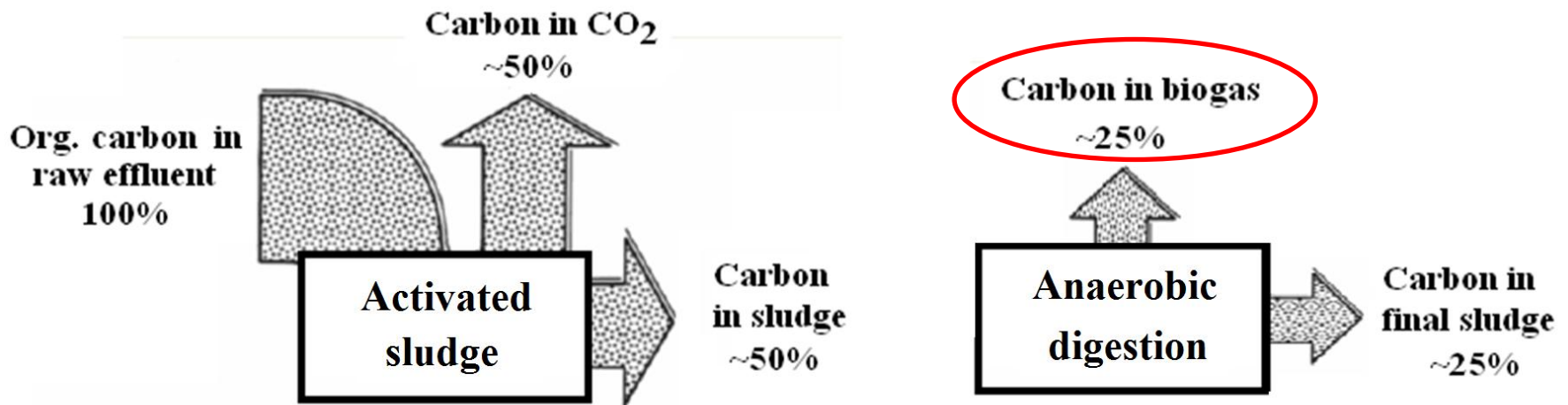
Συμπερασματικά

- Τα συστήματα UASB πετυχαίνουν 50-60% απομάκρυνση BOD και COD.
- Μηδενική κατανάλωση ενέργειας
- Υψηλότερη απόδοση συγκριτικά με κλασική πρωτοβάθμια επεξεργασία (TSS, COD, μέταλλα)
- Μπορούν να συν-επεξεργαστούν υγρά απόβλητα υψηλού οργανικού φορτίου



Συμπερασματικά

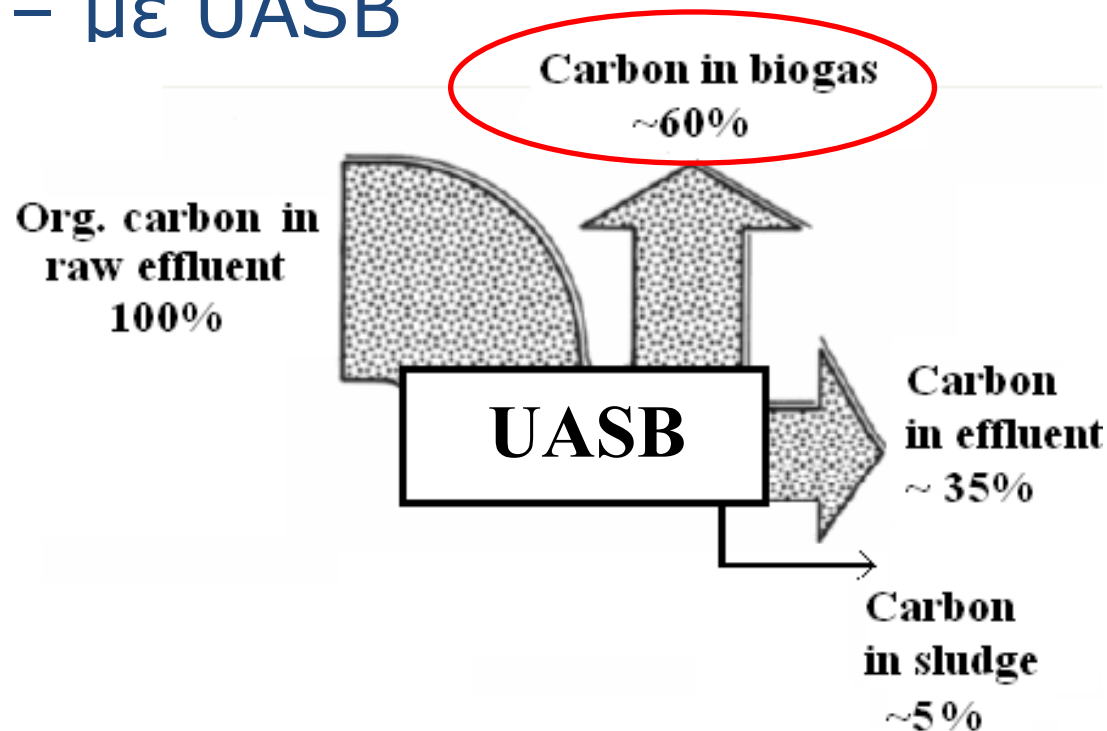
- Ανάκτηση ενέργειας από αστικά λύματα
- Έμμεσα –χώνευση λυματολάσσης



Επιτυγχάνεται μερική ανάκτηση ενέργειας (25%)

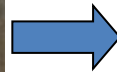
Συμπερασματικά

- Ανάκτηση ενέργειας από αστικά λύματα
- Άμεσα – με UASB



Είναι δυνατή ανάκτηση ενέργειας έως 60% με το υπόλοιπο μεθάνιο να χάνεται στην εκροή

Τεχνολογίες ανάκτησης νερού από αστικά λύματα



Ανάκτηση νερού

Φυσικό περιβάλλον



Επεξεργασία



Μεταφορά



ΧΡΗΣΗ



Μεταφορά



Επεξεργασία



Φυσικό περιβάλλον



Μεταφορά

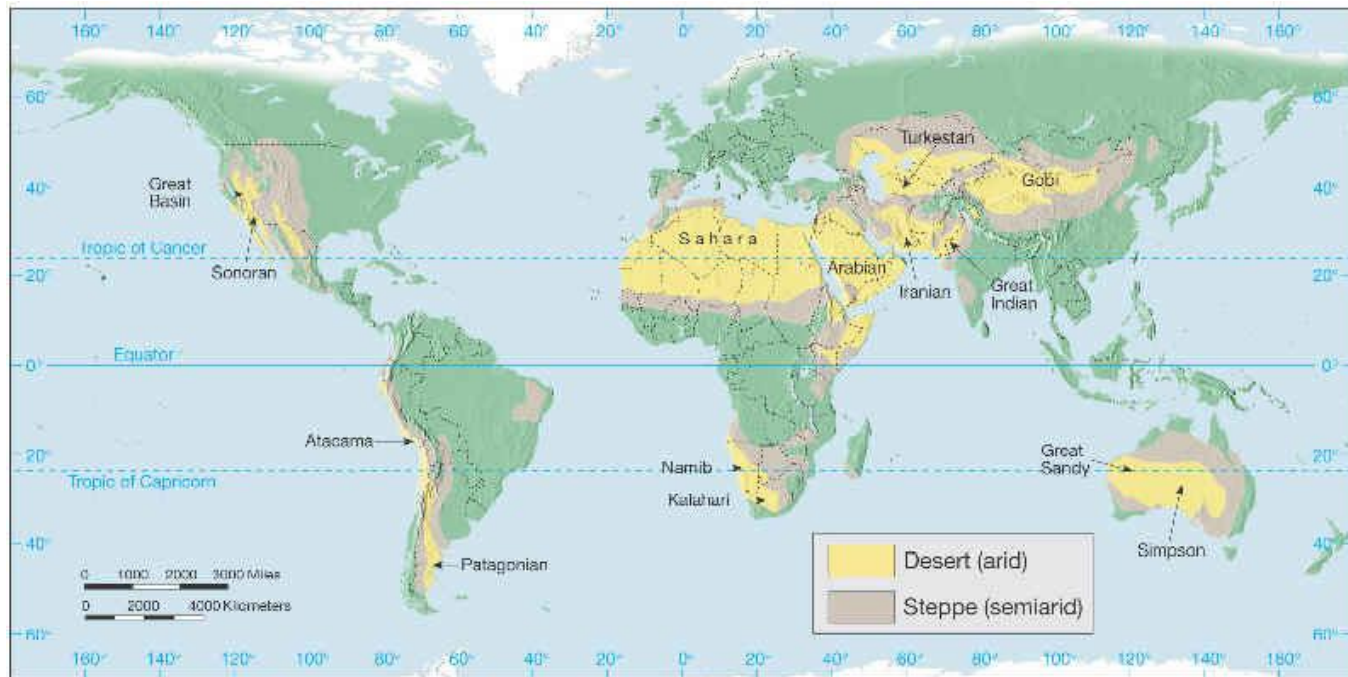


Προχωρημένη επεξεργασία



Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων

- Ξηρές περιοχές
- Ελάχιστα αποθέματα γλυκού νερού



Προβλήματα λειψυδρίας

CURRENT AFFAIRS, GREEK NEWS, LATEST NEWS — 29 JULY 2024

- ΚΡΗΤΗ

Urgent Call for Water Management in Crete Amid Severe Shortage

by KOWALENKO CHARLIE



A group of experts from the University of Crete's (UOC) Museum of Natural History has issued a stark warning about the urgent need for a comprehensive water resources management plan for Crete to avoid severe drought.

The UOC team described the current conditions on the southern Aegean island as "extreme," following disappointing hydrological data that revealed very low rainfall and snowfall, coupled with two years of exceptionally high temperatures.

Προβλήματα λειψυδρίας

- ΚΕΡΚΥΡΑ

Ξεκινούν διακοπές υδροδότησης τις νυκτερινές ώρες σε πόλη και προάστια



by CorfuPress.com — Τετάρτη, 13/11/2024

ΑΑ



Ολιγόωρες διακοπές υδροδότησης κατά τις νυκτερινές ώρες ανακοίνωσε η ΔΕΥΑΚ.

Αναλυτικά:

Σας ενημερώνουμε ότι, λόγω των προβλημάτων που έχουν παρουσιαστεί στις γεωτρήσεις της Χρυσήιδας και των Γουβιών από την πτώση στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα εξαιτίας της παρατεταμένης ανομβρίας και μέχρι την ολοκλήρωση των εργασιών ανόρυξης νέων γεωτρήσεων στις ανωτέρω περιοχές, η ΔΙΑΔ.Ε.Υ.Α.Κ. με γνώμονα την κατά το δυνατό ικανοποίηση των υδρευτικών αναγκών των πολιτών, πρόκειται να προβεί σε ολιγόωρες διακοπές υδροδότησης κατά τις νυκτερινές ώρες στην πόλη και στα προάστια της Κέρκυρας.

Τελευταία σχόλια

 baggelis alamanos στο «Άνοιξαν οι ουρανοί» στην Κέρκυρα, σημαντικά ύψη βροχής στο νησί: "Μην ανησυχείτε το καλοκαίρι που δεν θα έχουμε νερό οι υπεύθυνοι θα μιλάνε για κλιματική αλλαγή, και λειψυδρία"
Δεκ 8, 21:43

 Σπυρος Στεφανίδης στο Αιωνιότης: "Ένα Ιερατείο μας βέβαια από το ΣΥΡΙΖΑ (vidéo)": "Αν οι πετυχημένοι της"

Προβλήματα λειψυδρίας

- ΚΥΠΡΟΣ

Cyprus faces looming water crisis (updated)



Everetou reservoir on Sunday

The ongoing **drought and looming water crisis** facing Cyprus this summer will be raised by Agriculture Minister Maria Panayiotou during a meeting with her counterparts in Brussels.

Προβλήματα λειψυδρίας

- **ΚΥΠΡΟΣ (2008)**

Drought-hit Cyprus starts emergency water rations

Σύσταση | Γίνετε οι πρώτοι από τους φίλους σας που προτείνουν αυτό.



NICOSIA | Mon Mar 24, 2008 3:43pm GMT

(Reuters) - Cyprus on Monday ordered emergency water rationing and imports from [Greece](#) to cope with a growing shortage exacerbated by a fourth year of drought.

Drought-stricken Cyprus gets water from Greece

By Tom Aspell, NBC News Correspondent



NICOSIA, Cyprus – A Greek tanker carrying about 1.76 million cubic feet of water arrived in the Cypriot port of Limassol on Monday to help the drought-stricken island replenish its dwindling water reserves.

The tanker is the first in a fleet of ships chartered by the Cypriot government at a cost of \$65 million to provide water to towns now experiencing emergency rationing.

With the Mediterranean island's 17 main reservoirs now at critical levels – just seven percent full – Cypriots have endured meager water rations since March.

Προβλήματα λειψυδρίας

- **ΙΣΠΑΝΙΑ (2008)**

theguardian | TheObserver

[News](#) | [Sport](#) | [Comment](#) | [Culture](#) | [Business](#) | [Money](#) | [Life & style](#)

[News](#) > [World news](#) > [Spain](#)

Drought ignites Spain's 'water war'

After months of low rainfall, parched Catalonia has had to appeal to Madrid for help - and now ecologists fear the costs of a long-term solution

Graham Keeley in Barcelona
The Observer, Sunday 6 April 2008
[Article history](#)

Table 10. Cost-efficiency ratio of some of the implemented measures

Measure	Cost-efficiency ratio (€/m ³)
Demand constraint	1.18
Water shipping	32.59
Water transport by lorry	2.3
Well recovery and groundwater supply*	0.18
Desalinated water supply (desalination plant enlargement)**	0.48

Ortega and Markandya (2009) The costs of drought: the exceptional 2007-2008 case of Barcelona

Ανεπάρκεια νερού

- **ΙΣΠΑΝΙΑ (2008)**

Κατεπείγουσα εισαγωγή νερού στη Βαρκελώνη (22 mil €)

theguardian | TheObserver

News | Sport | Comment | Culture | Business | Money | Life & style

News > World news > Spain

Drought ignites Spain's 'water war'

After months of low rainfall, parched Catalonia has had to appeal to Madrid for help - and now ecologists fear the costs of a long-term solution

Graham Keeley in Barcelona
The Observer, Sunday 6 April 2008
[Article history](#)

<http://www.guardian.co.uk/world/2008/may/14/spain.water>

Ανεπάρκεια νερού

- **ΚΥΚΛΑΔΕΣ (2008)**

Πολλά νησιά βρίσκονται στα όριά τους και οι τοπικές αρχές αναγκάζονται να προβαίνουν σε **ολιγόωρες διακοπές της υδροδότησης**

Υδροοικονομία, **Σεπτέμβρης 2008**, τεύχος 59, σελ. 28

Η ηλιψυδρία
στα νησιά των Κυκλάδων

Το πρόβλημα έχει βαθιές ρίζες λόγω της γεωγραφικής και γεωφυσικής τους θέσης

Τα τελευταία χρόνια είναι εμφανείς και στη χώρα μας οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών που παρατηρούνται σε παγκόσμιο επίπεδο: παρατεταμένα και πιο συχνά κύματα καύσωνα, αυξημένος αριθμός πυρκαγιών, σταδιακές αλλοιές σε οικοσυστήματα και ελλείψεις στη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων, είναι μερικές μόνο από αυτές.

βασίζεται στα υφιστάμενα έργα, με σημαντική την υποστήριξη στη μεταφορά νερού από τα υδροφόρα οχήματα.

Προβλήματα

Ωστόσο, συχνά παρατηρούνται προβλήματα στον ανεφοδιασμό των νησιών μέσω των υδροφόρων αυτών σκαφών, ενώ ειδικά τους

οποίων σημειώνονται απώλειες.

Έργα

Η λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος στα νησιά μπορεί να προκύψει συνδυασμό έργων. Ιδιαίτερα σημαντική εγκατάσταση μονάδων

Ανεπάρκεια νερού

- **ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ (2008)**

Ξοδεύονται ετησίως περισσότερα από 5.500.000 € για τη μεταφορά νερού στα νησιά Καστελόριζο, Χάλκη, Σύμη, Νίσυρο, Πάτμο.

Υδροοικονομία, **Ιούλιος-Αύγουστος 2008**, τεύχος 96-70, σελ. 18

Euro-Mediterranean Information System on know-how in the Water sector
International portal



ners | Initiatives & Projects | Resources | Documentation | Topics | Who Does What | NFP Private Area |

[Home](#) » [Resources](#) » [News](#) » [News for 2008](#) » [News for 2008/08](#) » [Greece forced to import water to drought stricken Aegean islands](#)

Greece forced to import water to drought stricken Aegean islands

Dozens of drought stricken Greek islands in the Aegean are being forced to import greater amounts of water every year.

Faced with a water shortage crisis on its hands, the Greek government is currently trying to tackle the problem by importing millions of cubic metres of water Tinos, Sikinos, Thirasis, Donoussa, Patmos, Symi, Halki and Palionissos.

Charalampos Theopemptou, the Cypriot Commissioner for the Environment, insists the Mediterranean will be the worst affected by climate change because of In the height of the tourist season, many of the Greek islands, however, are not receiving the imported water the government has promised.

Dozens of islands in the eastern Aegean have been promised desalination plants to solve the problem, but until now the government has failed to deliver.

The eastern Mediterranean island of Cyprus is currently trying to tackle its water shortage problem with household rationing and importing 8-million-cubic-met It is also trying to build two desalination plants which have been on the drawing board for years.

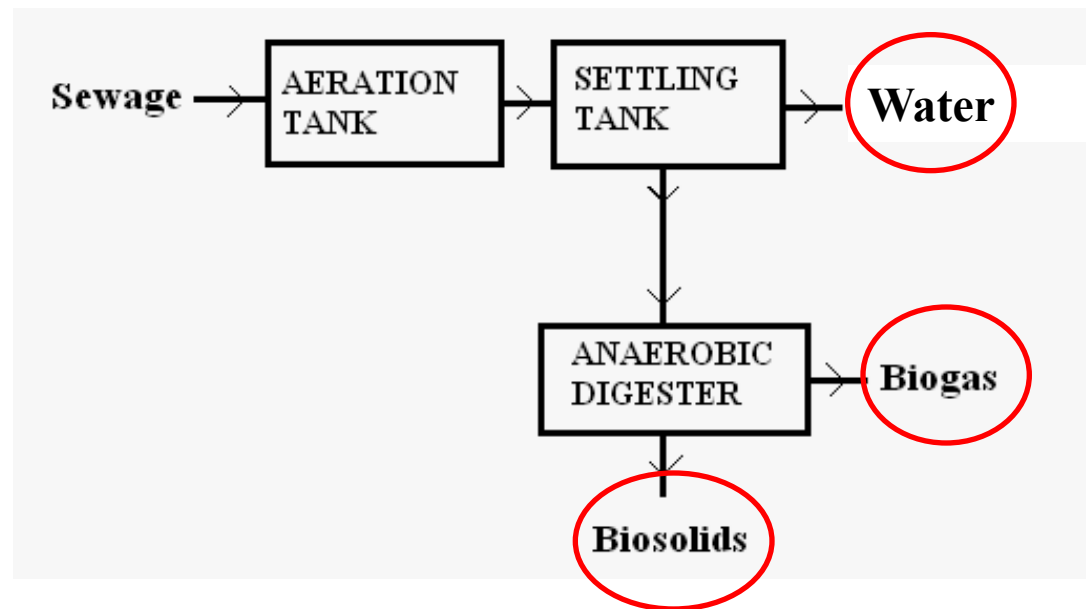
The Kouris Dam, the main source for the pipeline serving the districts of the capital Nicosia and the southern regions of Limassol and Larnaca, is now less than

<http://www.emwis.org/>

Το κόστος επεξεργασίας αστικών λυμάτων

- CAPEX + OPEX = 0.15-0.33 €/m³

Cote et al. (2004) *Desalination* **167**, 1-11



Συμπερασματικά: Σε μια συμβατική μονάδα επεξεργασίας αστικών λυμάτων το κόστος ανέρχεται σε **0.2-0.6 €/m³**

Επεξεργασία οικιακών λυμάτων

- Συνολικό επενδυτικό κόστος (CAPEX)

Ισοδύναμοι κάτοικοι (0.15 m ³ /IK d)	2000 IK
Μέγιστη παροχή	450 m ³ /d
CAPEX	
Πρωτοβάθμια επεξεργασία	50.000,00
Δευτεροβάθμια επεξεργασία	190.000,00
Τριτοβάθμια επεξεργασία	70.000,00
Μηχανολογικός εξοπλισμός	20.000,00
Διαχείριση λυματολάσπης	25.000,00
Σύνολο κύριων μονάδων	355.000,00
Οικίσκος	20.000,00
Πρόσθετο κόστος	75.000,00
Συνολικό CAPEX (€)	450.000,00
Ετήσιο κόστος (15 χρόνια, 6% επιτ.)	45.000,00
Κόστος ανά IK και έτος	22 €/ IK έτος
Κόστος ανά m ³ νερού	0.26 €/ m ³

Επεξεργασία οικιακών λυμάτων

- Επενδυτικό (CAPEX) και λειτουργικό (OPEX) κόστος

Περιγραφή κόστους	Ετήσιο κόστος (€/ έτος)	Κόστος ανά m ³	Κόστος ανά ΙΚ και έτος
CAPEX	45.000,00	0,26	22
OPEX (ηλ. ενέργεια)	20.000,00	0,11	10
OPEX (λειτουργία)	20.000,00	0,11	10
Συνολικό κόστος	85.000,00	0,48 €/ m ³	42 €/ ΙΚ έτος

Συμπερασματικά: Ο καθαρισμός λυμάτων σε σύστημα αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας κοστίζει ~ 0.50 €/m³

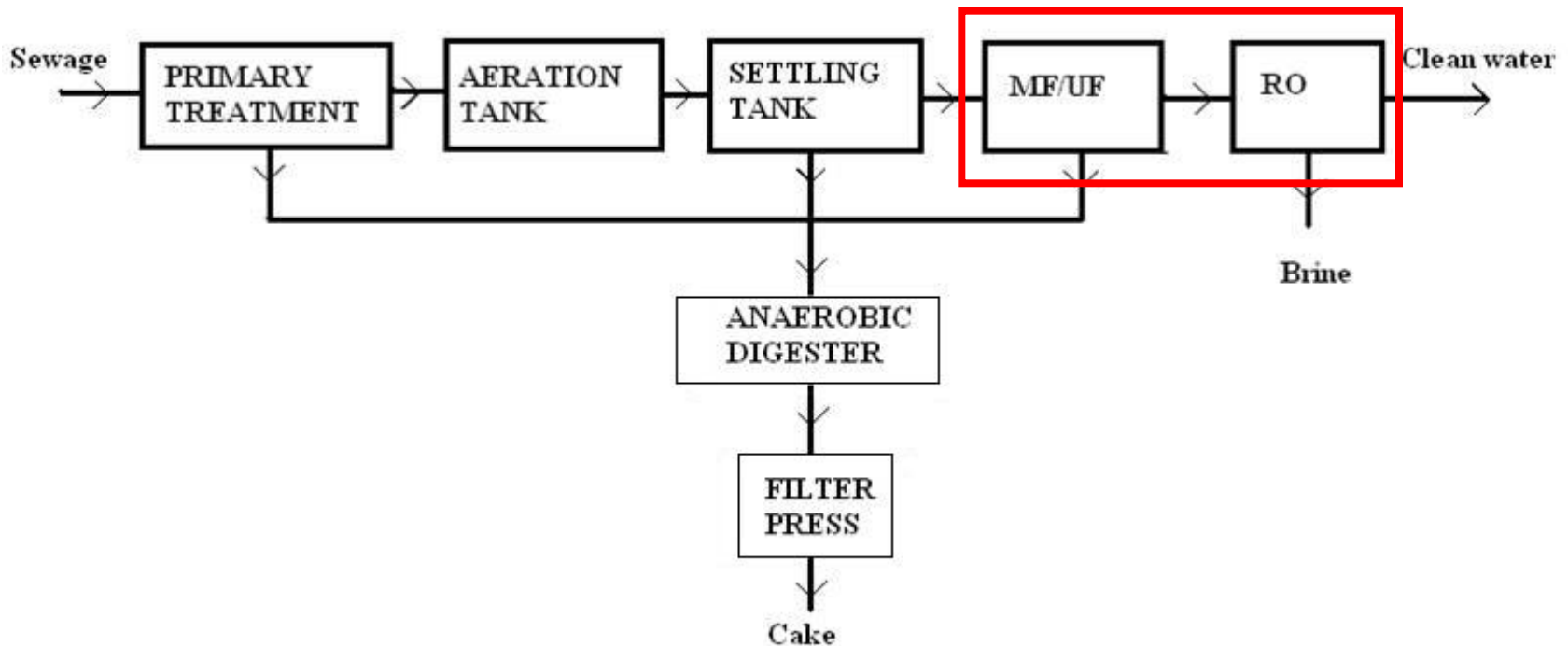
Επεξεργασία οικιακών λυμάτων

- Τεχνητοί υγροβιότοποι
- Φυσικά συστήματα τα οποία συμβάλλουν σε υψηλό βαθμό καθαρισμού με μηδενική κατανάλωση ενέργειας



Τεχνολογίες ανάκτησης νερού από αστικά λύματα

- Μετά από σύστημα ενεργού ιλύος

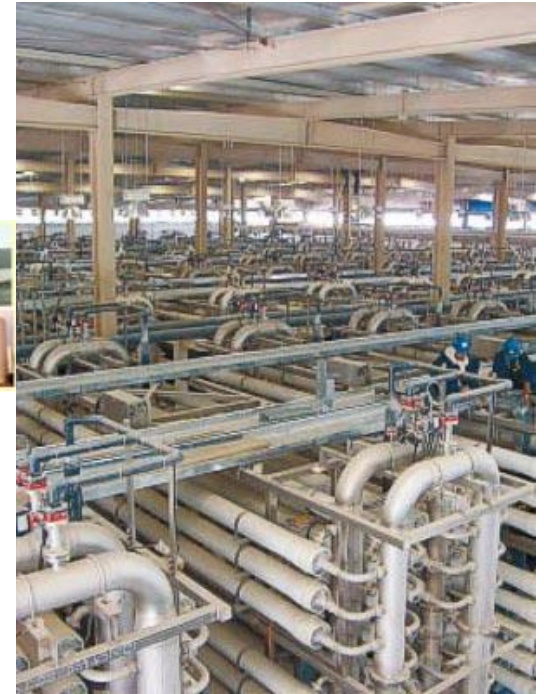


Εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης νερού μεγάλης κλίμακας



Water 21 Factory, Orange County, California

Εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης νερού μεγάλης κλίμακας



Sulaibiya Wastewater Recycle plant, Kuwait
425.000 m³/d product water

Εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης νερού μεγάλης κλίμακας



“NewWater”, Singapore

Freshwater sources
Seawater desalination
Wastewater recycling

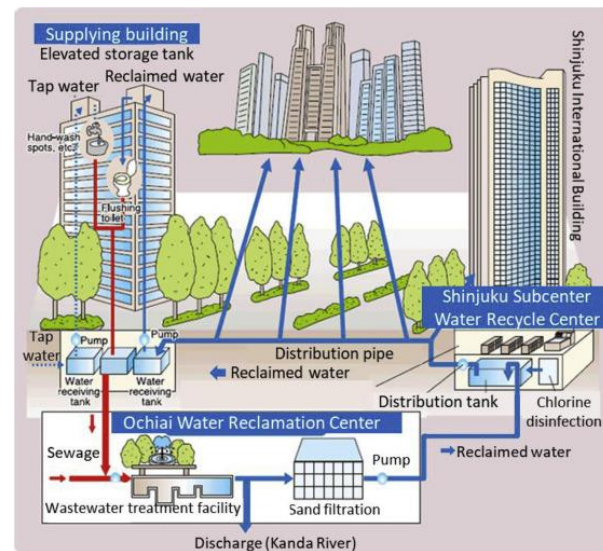
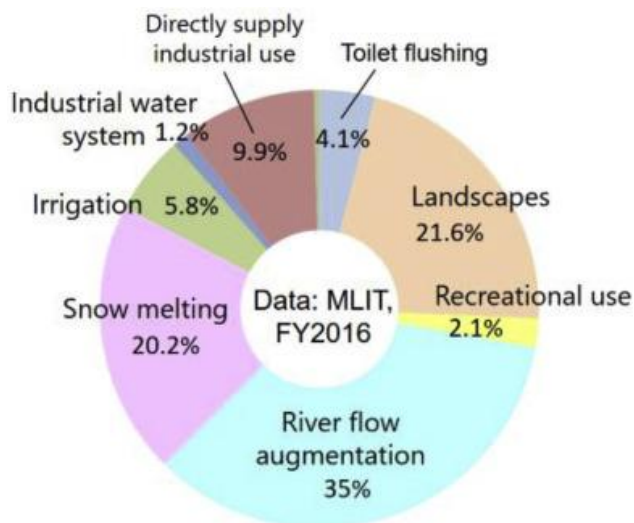
Εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης νερού μεγάλης κλίμακας



Torreele reuse-plant, Belgium

Εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης νερού μεγάλης κλίμακας

- Ιαπωνία
- ΕΕΛ > 2000
- Επαναχρησιμοποιούν > 200 εκ. m³/ έτος
- Κόστος ανακτημένου νερού 0.8 \$/ m³
- Κόστος πόσιμου νερού 1.1-4.0 \$/ m³



Συμβατικές τεχνολογίες ανάκτησης νερού από αστικά λύματα

Κόστος ανακτημένου νερού

Σύγκριση κόστους νερού από δευτεροβάθμια εκροή και θάλασσα μέσω αντίστροφης όσμωσης ($Q = 38000 \text{ m}^3/\text{d}$)

Κόστος	Δευτεροβάθμια εκροή	Θαλασσινό νερό
Επενδυτικό		
Υποδομές και προ-επεξεργασία	250 €/(m^3/d)	496 €/(m^3/d)
Αντίστροφη Όσμωση	498 €/(m^3/d)	967 €/(m^3/d)
Σύνολο	748 €/(m^3/d)	1463 €/(m^3/d)
Συνολικό		
Επενδυτικό	0.11 €/m ³	0.39 €/m ³
Λειτουργικό	0.33 €/m ³	0.57 €/m ³
Σύνολο	0.44 €/m³	0.96 €/m³

Cote et al. (2005) *Desalination* **182**, 251-257

Συμβατικές τεχνολογίες ανάκτησης νερού από αστικά λύματα

Κόστος ανακτώμενου νερού

Παράδειγμα: **Torreele reuse-plant, Belgium**



Συνολικό κόστος: 0.46 €/m³ water

van Houtte and Verbauwheide (2001) *Desalination* **218**, 198-207

Συμπερασματικά: Ενεργός ιλύος + Τριτοβάθμια επεξεργασία

$0.2-0.6 \text{ €/m}^3 + 0.4-0.5 \text{ €/m}^3 = \mathbf{0.6-1.1 \text{ €/m}^3}$

Κόστος πόσιμου νερού

- ❑ Πόσιμο νερό σε χώρες της ΕΕ: 0.5-3.0 €/m³

Organization for Economic Co-operation and Development (www.oecd.org)

- ❑ Αφαλάτωση θαλασσινού νερού: 0.7-2.0 €/m³

Cote et al. (2005) *Desalination* 182, 251-257

- ❑ Εισαγωγή νερού (Ελληνικά νησιά): 5-7 €/m³

Gikas and Tchobanoglous (2009) *J. Environ Manage* 90, 2601-2611

- ❑ Ανάκτηση από αστικά λύματα: 0.5-1.0 €/m³

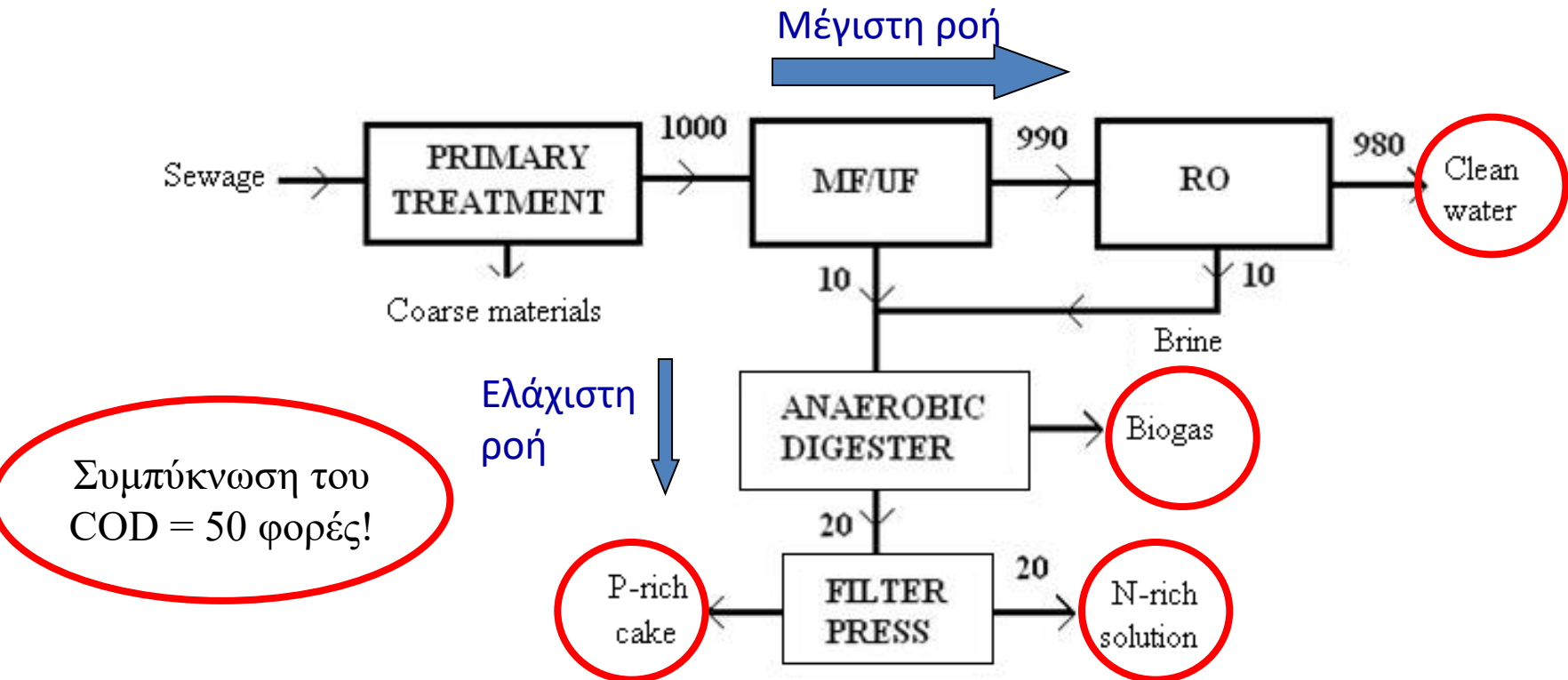
Torrele, Belgium; Newater, Singapore; West Basin, California; Sulabiya, Kuwait

Συμπερασματικά: η ανάκτηση νερού από αστικά
λύματα είναι οικονομικά ενδιαφέρουσα

Ανακύκλωση νερού



Απευθείας διήθηση με μεμβράνες



Συμπερασματικά: Ανάκτηση ενέργειας από βιοαέριο

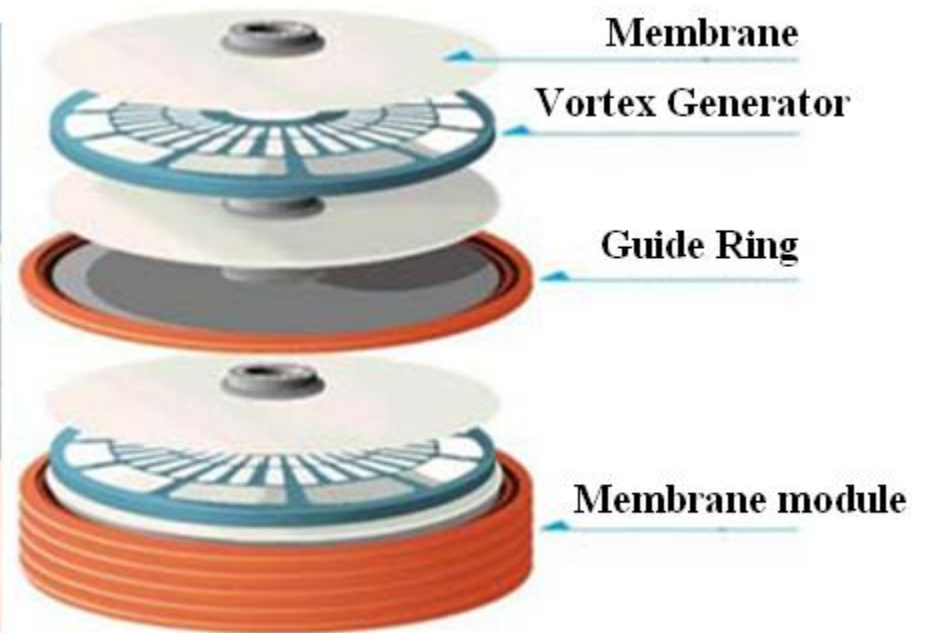
Ανάκτηση αζώτου από την εκροή του χωνευτή

Ανάκτηση φωσφόρου στο στερεό υπόλειμμα

Προηγούμενες μελέτες απευθείας διήθησης αστικών λυμάτων

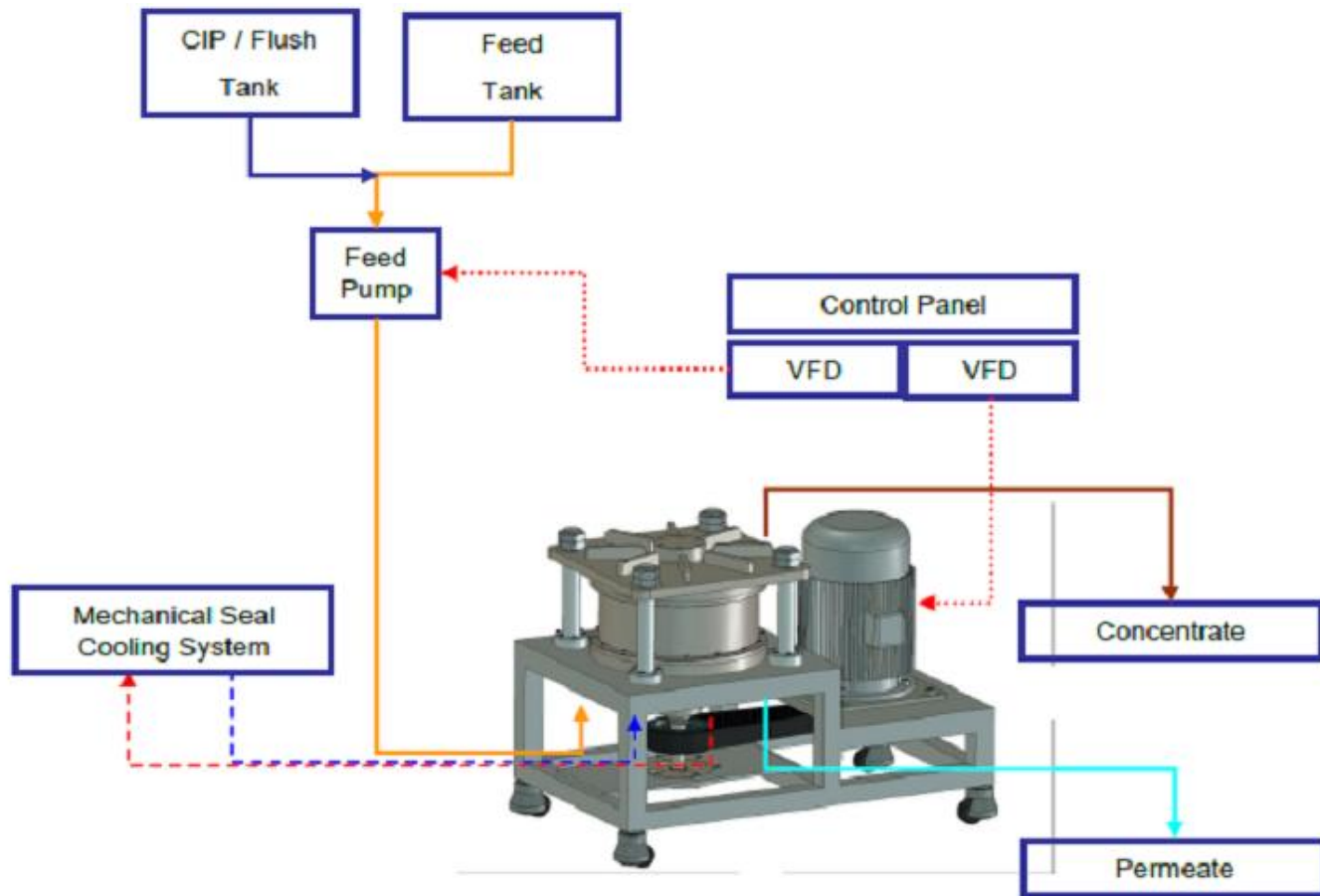
	Membrane	COD (mg/L)		SS (mg/L)		
Effluent origin	Type/ Pore size	Influent	Perm.	Influent	Perm.	Reference
Sewage/ settled	MF 0.05 μm	216	59	119	0.6	Bendick et al., 2005
Sewage/ screen	MF 0.1 μm	122	9	91	0.2	Ahn et al., 1999
Sewage/ settled	MF 0.2 μm	216	76	69	1.0	Bendick et al., 2005
Sewage/ settled	MF 0.22 μm			187	0	Gan, 1999
Sewage/ settled	MF 0.35 μm			187	7	Gan, 1999
Sewage/ settled	MF 0.45 μm	194	55	110	2	Till et al., 1998
Sewage/ settled	MF 0.5 μm	216	35	71	0.3	Bendick et al., 2005
Sewage/ settled	MF 0.8 μm	216	62	105	0.4	Bendick et al., 2005
Sewage/ settled	MF 1.2 μm	242	84	99	2	Till et al., 1998
Sewage/ settled	MF 1.3 μm			187	43	Gan, 1999
Sewage/ settled	MF 1.4 μm	216	52	61	0.4	Bendick et al., 2005
Sewage/ screen	NF	725	98			Sayed et al., 2006
Sewage/ settled	UF	135	78	46	0	Ravazzini et al., 2005
Sewage/ screen	UF	218	138	63	0	Ravazzini et al., 2005
Sewage/ filtered	UF100 kDa			30	0.0	Bourgeois et al., 2005
Sewage/ filtered	UF 50 kDa	416	12	100	4	Abdessemed et al., 1999
Sewage/ screen	UF 50 kDa	30	9	24	0	Ahn et al., 1999

Πιλοτικές μελέτες και έρευνες



Σύστημα μεμβρανών επίπεδων φύλλων για τη συμπύκνωση
αστικών λυμάτων

Πιλοτικές μελέτες και έρευνες



Πειραματική διάταξη

Αποτελέσματα

Χαρακτηριστικά αστικών λυμάτων και
λαμβανόμενου διηθήματος

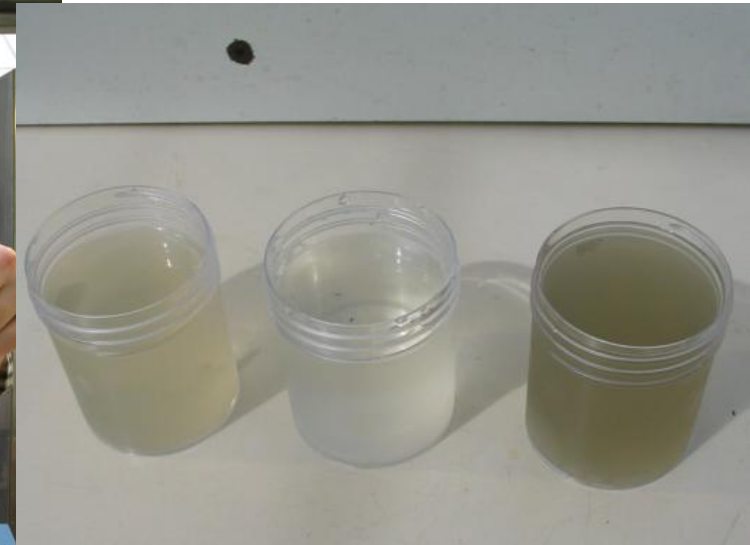
	TSS	EC	COD	Kj-N	TAN	PO ₄ ³⁻ -P	P _{tot}
	mg/L	μS	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Raw sewage	166	1355	262	34	23	8.6	11.2

membrane	TSS	EC	COD	Kj-N	TAN	PO ₄ ³⁻ -P	P _{tot}
	mg/L	μS	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
10 kDa	0	1169	38	18	12	3.9	4.6
50 kDa	0	1175	46	20	15	4.8	6.2
150 kDa	0	1231	51	26	17	6.4	8.3
0.05 μm	0	1243	35	25	21	6.2	8.3

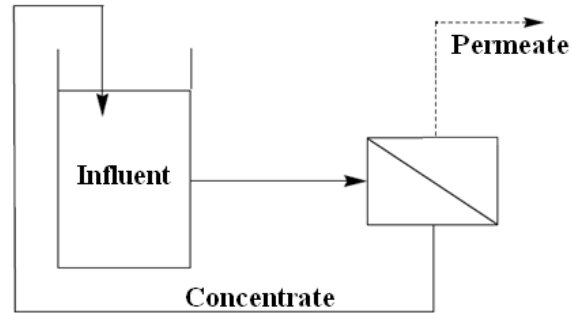
Συμπερασματικά: Δυνατότητα απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου έως 50% με μείωση του μεγέθους των πόρων της μεμβράνης

Αποτελέσματα

Ποιότητα διηθήματος



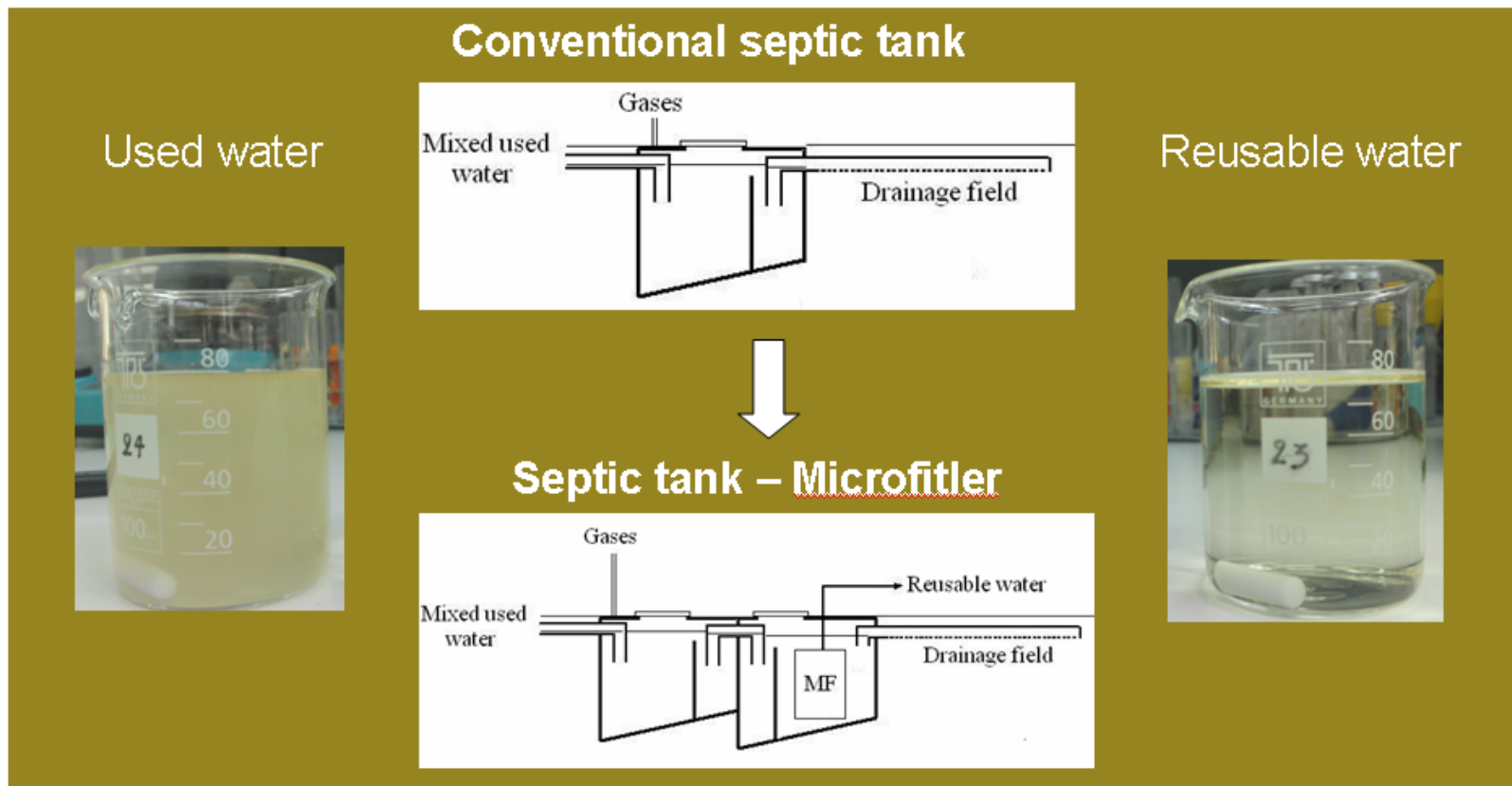
Αποτελέσματα



Συμπύκνωση οργανικού φορτίου

Χρήση μεμβρανών για ανάκτηση νερού

- Ανάπτυξη τεχνολογίας για την παραλαβή νερού απευθείας μέσα από τη σηπτική δεξαμενή



Χρήση μεμβρανών για ανάκτηση νερού

- Προέλευση λυμάτων: ΕΕΛ Ξάνθης



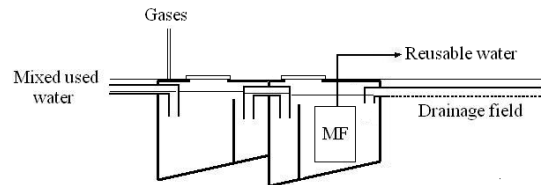
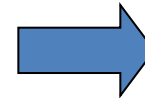
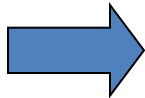
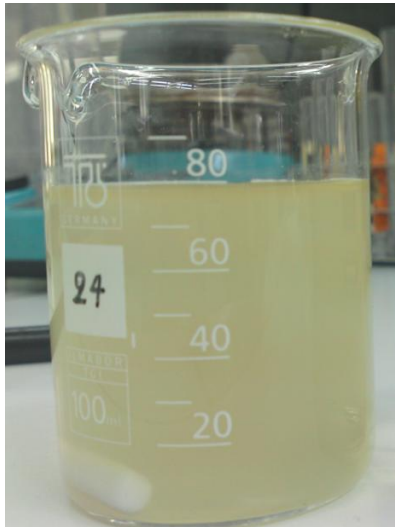
Χρήση μεμβρανών για ανάκτηση νερού

- Εξοπλισμός υπερδιήθησης



Χρήση μεμβρανών για ανάκτηση νερού

- Σηπτική δεξαμενή – μεμβράνες υπερδιήθησης



Παράμετρος	Λύματα
pH	7.50 (0.14)
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1276 (106)
SS (mg/L)	172 (34)
COD (mg/L)	527 (79)
NH ₄ -N (mg/L)	50.1 (4.5)

Παράμετρος	Νερό
pH	7.81 (0.11)
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1145 (11)
SS (mg/L)	0.0 (0)
COD (mg/L)	80 (16)
NH ₄ -N (mg/L)	39.4 (1.8)

Rivers forgotten

Rivers Forgotten Photography by Jeremy Kai

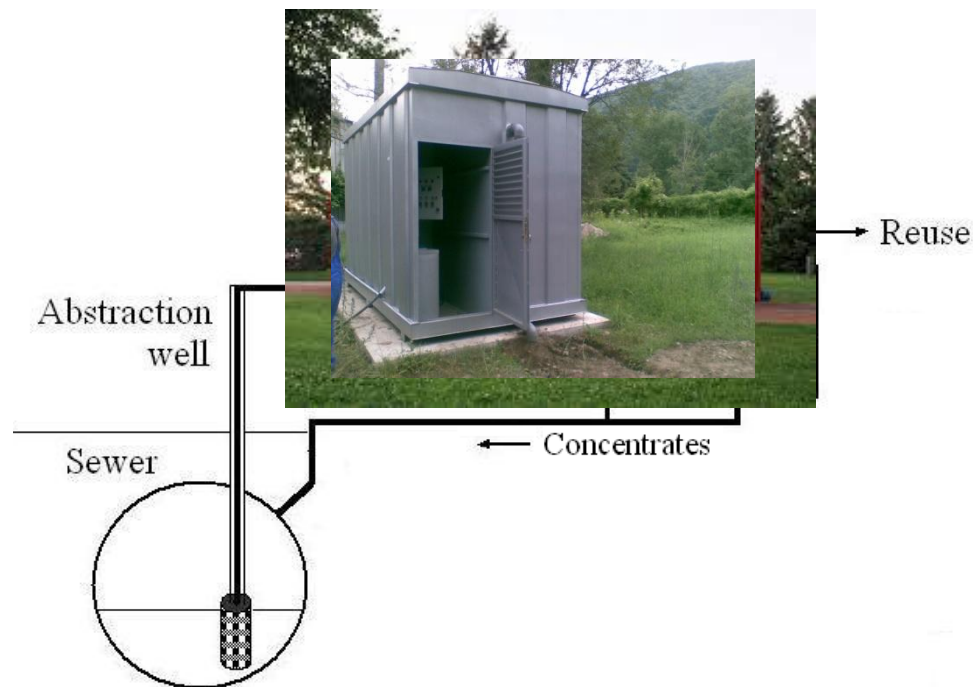
About News **Underground** Abandoned Urban Buy Press



<http://riversforgotten.com/>

Τεχνολογίες ανάκτησης νερού

- Sewer mining (μονάδες ανακύκλωσης νερού μέσα στις πόλεις)

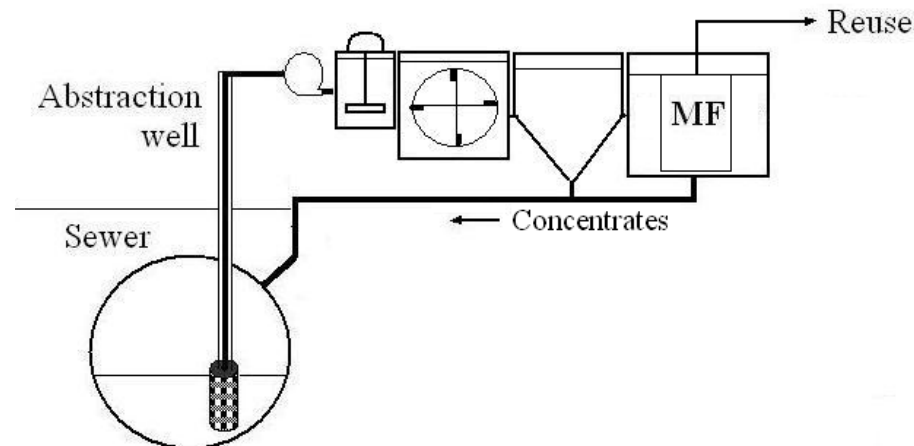


Τεχνολογίες ανάκτησης νερού

Μέγιστη συμπύκνωση αστικών λυμάτων

- Φυσικοχημική διεργασία
- Ενισχυμένη πρωτοβάθμια επεξεργασία (CEPT)
- Απευθείας διήθησης με μεμβράνες

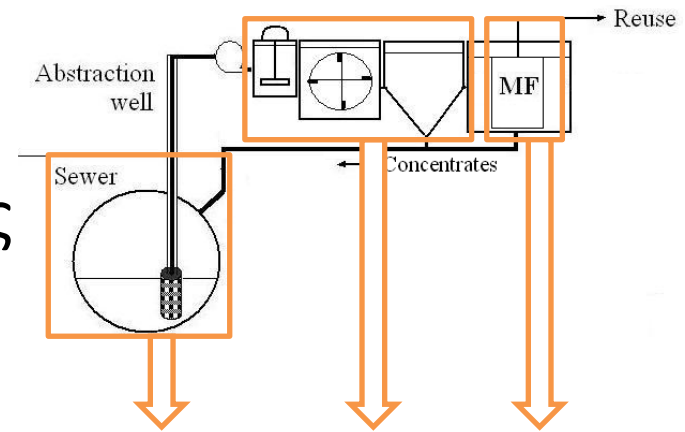
Diamantis et al (2011) In: Comprehensive Biotechnology, Vol 6, 507



Ενισχυμένη πρωτοβάθμια επεξεργασία (CEPT)

- **Φυσικο-χημική διεργασία**

- Εύκολο και γρήγορο ξεκίνημα
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Απλός σχεδιασμός
- Χαμηλός χρόνος παραμονής
- Υψηλή ποιότητα εκροής
- Απομάκρυνση μετάλλων
- Ανάκτηση αζώτου για άρδευση



Συμπερασματικά

- Η διεργασία της ενεργού ιλύος είναι κατάλληλη για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και του αζώτου.
- Συστήματα επεξεργασίας λυμάτων χωρίς τη χρήση ενεργού ιλύος δίνουν τη δυνατότητα συμπύκνωσης των οργανικών συστατικών και ανάκτησης του περιεχόμενου αζώτου για άρδευση.