

**3^ο Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας
Πανεπιστημίου Αιγαίου
Μόλυβος – 6-9 Σεπτεμβρίου 1993**

***Η ΠΛΗΡΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΜΠΟΡΕΙ
ΝΑ ΕΙΝΑΙ, ΟΧΙ ΜΟΝΟ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΦΙΚΤΗ ΑΛΛΑ ΚΑΙ
ΣΥΜΦΕΡΟΥΣΑ.***

**Δρ. ΣΤΕΦ. ΑΝ. ΚΩΝΣΤΑΣ "ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΩΝΣΤΑΣ" ΕΠΕ
Πλ. Βικτωρίας 5-104 34 Αθήνα**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες των αστικών κέντρων σε νερό, σε συνδυασμό και με την συνεχιζόμενη ανομβρία,- που ίσως μονιμοποιηθεί από το φαινόμενο του θερμοκηπίου που βρίσκεται σε εξέλιξη - επιβάλλουν να αλλάξει ριζικά ο σημερινός τρόπος διαχείρισης των λυμάτων.

Η τεχνολογία δίνει σήμερα την δυνατότητα πλήρους καθαρισμού για επαναχρησιμοποίηση, με ένα κόστος που να μπορεί να ανταγωνιστεί τα συχνά απαιτούμενα τεράστια τεχνικά έργα, χωρίς μάλιστα τις δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεγάλων έργων.

Σαν παράδειγμα του προτεινόμενου τρόπου προσέγγισης γίνεται μία προκαταρκτική τεχνικοοικονομική διερεύνηση των περιπτώσεων της Αθήνας και της Κέρκυρας.

**THE COMPLETE RECYCLING OF MUNICIPAL WASTEWATER CAN BE NOT
ONLY TECHNICALLY FEASIBLE, BUT ALSO ADVANTAGEOUS.**

**Dr. STEF. AN KONSTAS - "KONSTAS ENGINEERING" Ltd.
5, Pl. Viktorias GR 104 34 - ATHENS.**

SUMMARY

The increasing consumption of drinking water in the cities, in combination with the actual drought period - which can be the result of a long lasting greenhouse effect - force us to reconsider the way municipal effluents are actually managed. Presently technology gives the possibility to treat waste water to an extent allowing complete recycling, at a cost that can compete the cost of the gigantic works needed to bring water from remote locations, without their extensive environmental impact.

A preliminary tecnoeconomical investigation of the cases of Athens and Corfou is used as an example for the proposed approach.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εισήγηση που ακολουθεί, αποτελεί μία προσπάθεια επεκτάσεως ή συμπληρώσεως του έντονου σημερινού προβληματισμού γύρω από τους τρόπους αντιμετώπισης των ολοένα μεγαλύτερων αναγκών σε νερό ύδρευσης, σε συνδυασμό με τον διαγραφόμενο κίνδυνο μακράς περιόδου ανομβρίας.

Το φαινόμενο της λειψυδρίας γίνεται ιδιαίτερο αισθητό σε πόλεις που αναπτύχθηκαν μακριά από πηγές υδροδότησης, όπως η Αθήνα, σε νησιά όπου συνδυάζεται η ξηρασία με την υψηλή τουριστική αιχμή το καλοκαίρι και σε περιπτώσεις όπου το νερό ύδρευσης που υπάρχει είναι κακής ποιότητας και η επεξεργασία του προς πόσιμο είναι πολυδάπανη, όπως στην περίπτωση της Κέρκυρας.

Έχοντας σαν δεδομένο ότι η σημερινή τεχνολογία επιτρέπει την επεξεργασία προς πόσιμο κάθε προσελεύσεως νερού, ανεξάρτητα από το είδος και την ποσότητα των ρύπων η προσμίξεων που περιέχει, δεν είναι δυνατόν να παραβλέπουμε, σαν επιστήμονες και σαν μελετητές, μία ροή νερού που αυξάνει παράλληλα με τις ανάγκες σε νερό ύδρευσης, δηλαδή τα αστικά λύματα. Η επιλογή αν θα προτιμηθεί ο καθαρισμός και η ανακύκλωση των αποβλήτων από άλλο τρόπο υδροδότησης είναι, συνεπώς, καθαρά θέμα σύγκρισης του κόστους των προσφερομένων λύσεων, σε συνδυασμό με την αξιοπιστία τους και με τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις.

Παρά το γεγονός ότι η εκτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους σε δραχμές χωράει μεγάλο βαθμό υποκειμενικής κρίσεως, είναι οπωσδήποτε δυνατόν όλη η διαδικασία επιλογής τρόπου ύδρευσης να στηριχθεί σε παραβολή κοστολογίων και να οδηγήσει σε προτάσεις που να μην σηκώνουν αμφισβήτηση.

Σε εκείνους που θα ήθελαν να επικαλεσθούν τον "ψυχολογικό παράγοντα", μπορεί κανείς να παρουσιάσει πλήθος παραδειγμάτων, τόσο από την Ελλάδα όσο και από την Κεντρική Ευρώπη, όπου, μέσω των ποταμών, τα απόβλητα μιας πόλης καταλήγουν στην ύδρευση της επόμενης και μάλιστα παραπάνω από μία φορά.

2. ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Πρέπει αμέσως να διευκρινισθεί ότι οι επιβαρύνσεις που καταλήγουν στο νερό της ύδρευσης κατά την διέλευσή του από αστικές και μεταποιητικές χρήσεις και το μετατρέπουν σε λύμα, παρουσιάζουν σοβαρές διακυμάνσεις, ανάλογα με τις δραστηριότητες που επικρατούν σε κάθε αστικό κέντρο και με τον μεταξύ τους συσχετισμό.

Επειδή τα στοιχεία που υπάρχουν για τα λύματα των Ελληνικών πόλεων παρουσιάζουν πολλά κενά, η εργασία αυτή έχει στηριχθεί σε διεθνή βιβλιογραφικά δεδομένα, που διασταυρώθηκαν με ορισμένα που βρέθηκαν για ελληνικά λύματα.

Το νερό κατά την χρήση του ρυπαινόμενο εμπλουτίζεται με οργανικές και με ανόργανες ουσίες. Οι οργανικές, εκφραζόμενες σε BOD, είναι όπως γνωρίζετε, της τάξης των 300 PPM. Αντίστοιχη, σύμφωνα με την βιβλιογραφία είναι και η αύξηση των ανόργανων ενώσεων στα λύματα.

Η αύξηση κατά 300 PPM των ανοργάνων αλάτων διασταυρώθηκε με αναλύσεις του νερού και των λυμάτων της Λάρισας.

Τα οργανικά συστατικά των λυμάτων υφίστανται μία δραστικότερη μείωση κατά τον βιολογικό καθαρισμό. Αντίθετα τα ανόργανα ελάχιστα επηρεάζονται, με εξαίρεση την αμμωνία, τα νιτρικά και τα φωσφορικά, που μπορούν να μειωθούν σημαντικά, συμμετέχοντας στις βιολογικές διεργασίες.

Ετσι τα λύματα, βγαίνοντας από ένα βιολογικό καθαρισμό με απονιτροποίηση, μπορούν να θεωρήσουμε ότι, σε σχέση με το νερό ύδρευσης, περιέχουν επί πλέον γύρω στα 50 PPM οργανικές ουσίες και 300 PPM ανόργανα ιόντα.

Συνολικά δηλαδή το καθαρισμένο νερό περιέχει 350 γραμμάρια ανά κυβικό μέτρο ουσίες που δεν είχε όσο το θεωρούσαμε κατάλληλο για ύδρευση, και που, αν τις αφαιρέσουμε, θα το επαναφέρουμε στην αρχική του κατάσταση.

Ο μελετητής καλείται να επιλέξει τον αποτελεσματικότερο για κάθε περίπτωση συνδυασμό διεργασιών, για την αφαίρεση αυτών των παραπανίσιων 350 PPM, να εκτιμήσει την αναγκαία επένδυση και το κόστος λειτουργίας και να συγκρίνει το αποτέλεσμα με τους άλλους προσφερόμενους τρόπους ύδρευσης.

3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Χωρίς πρόθεση αναλυτικής παρουσίασης των διαφόρων μεθόδων, κρίνεται σκόπιμο να γίνει μία σύντομη αναφορά για να υπάρξει σαφέστερη εικόνα.

3.1. Καταστροφή και απομάκρυνση οργανικών ουσιών

Πολύ αποτελεσματική απαλλαγή του νερού από οργανικές ουσίες επιτυγχάνεται με συνδυασμό χημικής οξειδωσης και προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα. Το πιο ενδεδειγμένο οξειδωτικό μέσο, που δεν δημιουργεί επιβλαβή παραπροϊόντα, όπως το χλώριο, είναι το όζον, η χρήση του οποίου διευρύνεται ταχύτατα τα τελευταία χρόνια.

Καλλίτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με οζόνωση σε δύο στάδια και παρεμβολή ενδιάμεσα διήθησης σε φίλτρα άμμου για αφαίρεση των δημιουργουμένων στερεών καταλοίπων. Σήμερα προσφέρονται συσκευές παραγωγής όζοντος από πολλούς κατασκευαστές και με διάφορες δυναμικότητες, ώστε να μην υπάρχουν προβλήματα στην επιλογή του καταλληλότερου εξοπλισμού.

Τα υπολείμματα οργανικών ενώσεων που παραμένουν μετά την οξειδωση προσροφώνται σε ενεργό άνθρακα. Για τον σκοπό αυτό αποτελεσματικότερος είναι ο κοκκώδης ενεργός άνθρακας. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις η αναγέννηση μπορεί να γίνει επί τόπου, ενώ για μικρότερες την αναλαμβάνουν οι προμηθευτές.

3.2. Απομάκρυνση της περίσσειας των ανοργάνων ιόντων

Για τον σκοπό αυτό προσφέρονται τόσο η αντίστροφη όσμωση όσο και η ηλεκτροδιάλυση. Η πρώτη κάνει καλλίτερο καθαρισμό, διότι κατά την διέλευση του νερού από τις μεμβράνες κατακρατούνται και μη ιονιζόμενες ουσίες οργανικής προελεύσεως. Η δεύτερη είναι πιο ενδεδειγμένη για μικρές συγκεντρώσεις αλάτων.

Κατά την διαδικασία αυτή ανακτάται το 80% περίπου του νερού, ενώ το υπόλοιπο απορρίπτεται με τα απομακρυνόμενα άλατα. Η επιλογή τρόπου διάθεσης των συμπυκνωμένων αποβλήτων πρέπει να αποφασίζεται σε κάθε

περίπτωση με βάση το είδος και την ποσότητα των αλάτων αλλά και τον αποδέκτη.

Το Σχήμα 3-I δείχνει μία δυνατότητα συνδυασμού διεργασιών που μπορούν να εφαρμοσθούν σε επεξεργασμένα λύματα με στόχο τον καθαρισμό τους για ανακύκλωση.

Το Σχήμα 3-II δείχνει την αναμενόμενη εξέλιξη του οργανικού φορτίου (BOD) και της περιεκτικότητας σε ανόργανα, κυρίως, άλατα (TDS), κατά τα διάφορα στάδια που διέρχεται το νερό από την ύδρευση ως την ανακύκλωση.

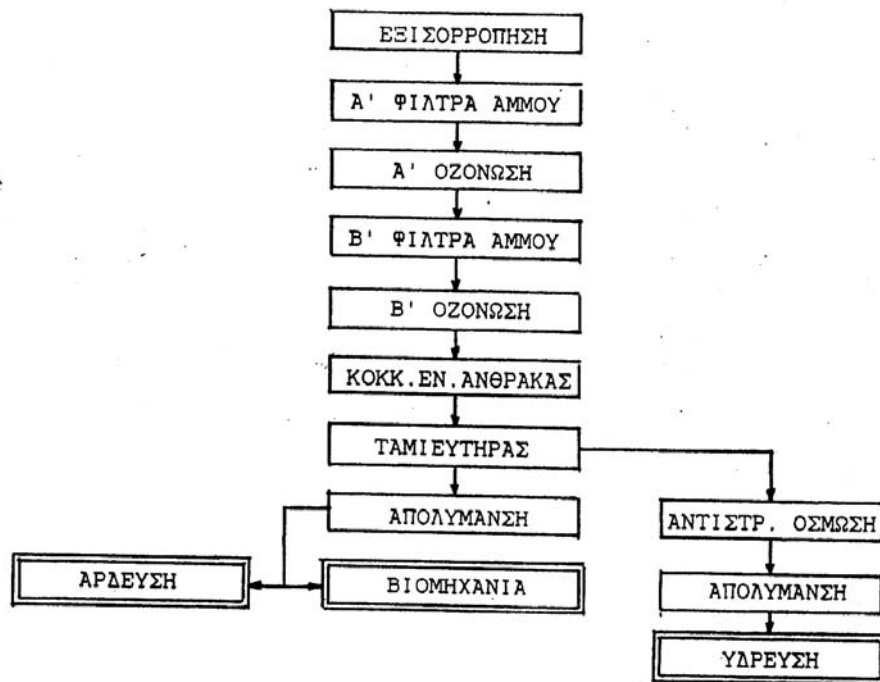
Το Σχήμα 3-III δείχνει τις δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων, ανάλογα με τον βαθμό επεξεργασίας τους.

Η τελική επιλογή του βαθμού καθαρισμού και του τρόπου επαναχρησιμοποίησης θα εξαρτηθεί από - τις δυνατότητες διάθεσης για αρδεύσεις - τις ανάγκες της βιομηχανίας σε νερό - το κόστος των συμπληρωματικών ή παράλληλων δικτύων. Η τελευταία αυτή παράμετρος μπορεί να αποβεί καθοριστική, δεδομένου ότι, αν τα σημεία κατανάλωσης, π.χ. για βιομηχανική χρήση, είναι διάσπαρτα, είναι πολύ πιθανό το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης του προσθέτου δικτύου, να είναι μεγαλύτερο από το απαιτούμενο για πλήρη καθαρισμό του νερού προς πόσιμο.

Σε κάθε περίπτωση, ακριβείς εκτιμήσεις δεν μπορούν να γίνουν αν δεν προηγηθεί έρευνα σε εργαστηριακό και πιλοτικό επίπεδο, ώστε να διευκρινισθούν όλες οι λειτουργικές παράμετροι και να συγκεντρωθούν τα στοιχεία υπολογισμού.

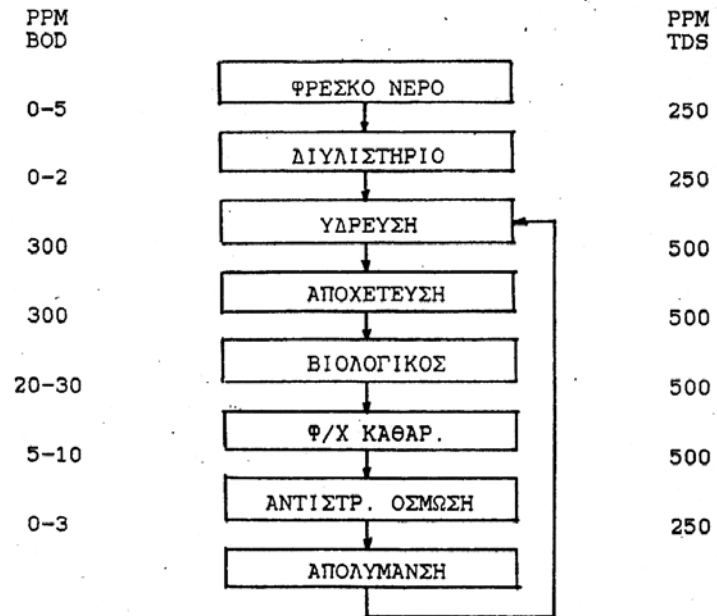
ΣΧΗΜΑ 3-1

 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΛΗΡΟΥΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ
 ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ
 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟ



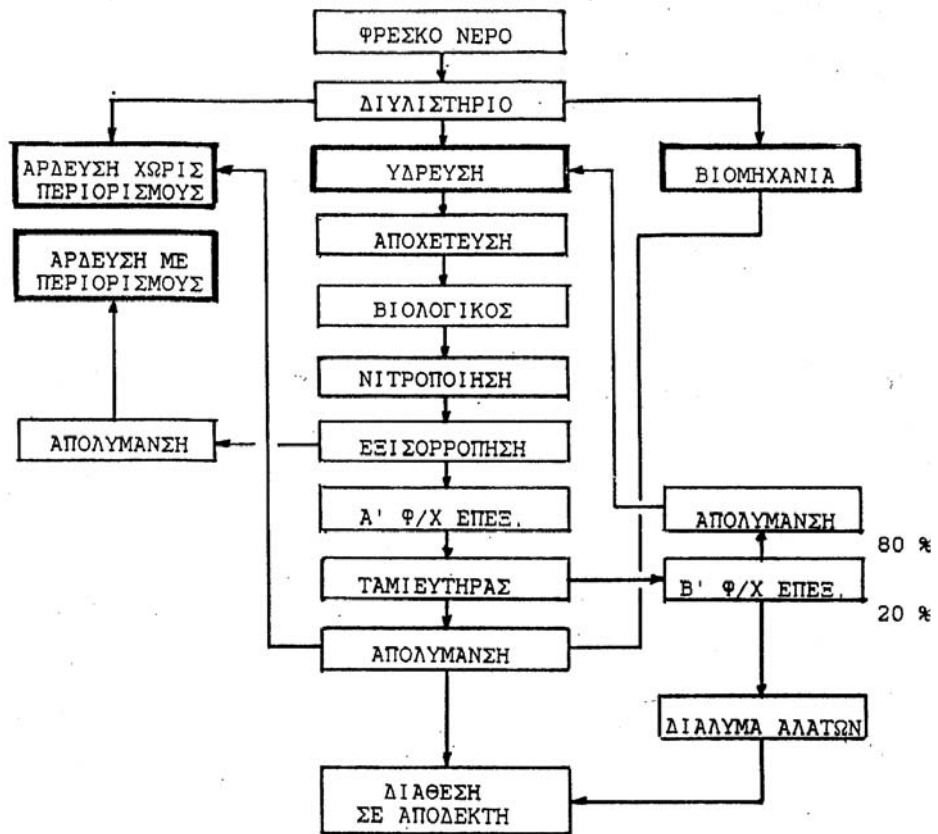
ΣΧΗΜΑ 3-11

 ΕΞΕΛΙΞΗ BOD ΚΑΙ TDS



ΣΧΗΜΑ 3-III

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ



4. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ

Η εκτίμηση κόστους των διεργασιών, που απαιτούνται για την περαιτέρω επεξεργασία βιολογικά καθαρισμένων λυμάτων, έχει γίνει με βάση στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από την διεθνή βιβλιογραφία και από μελέτες εγκαταστάσεων στον ελληνικό χώρο.

Η εκτίμηση του κόστους κατασκευής και λειτουργίας - συντηρήσεως των μονάδων ενός συγκροτήματος της συνθέσεως που εμφανίζεται στο Σχήμα 3-1, για μία δυναμικότητα κατεργασίας 50.000 κ.μ/ημέρα, φαίνεται στον Πίνακα 4-1:

Οι επιβαρύνσεις από την εξυπηρέτηση του κεφαλαίου και τις αποσβέσεις εξαρτώνται βέβαια τόσο από τον τρόπο χρηματοδότησης, όσο και τον βαθμό απασχόλησης των εγκαταστάσεων, αναμένεται πάντως να κυμαίνονται γύρω στις 20 - 25 δρχ. ανά κυβ. μέτρο για την φυσικοχημική επεξεργασία και στις 30 - 35 δρχ. για την αντίστροφο όσμωση.

Αν λοιπόν τα διαθέσιμα στοιχεία είναι σχετικά αξιόπιστα, ο καθαρισμός των επεξεργασμένων βιολογικά λυμάτων, σε βαθμό που να επιτρέπει την πλήρη ανακύκλωσή τους στο δίκτυο υδρεύσεως, θα έχει κόστος λειτουργίας και συντηρήσεως περί τις 45 δρχ./κ.μ., ενώ μαζί με την εξυπηρέτηση του κεφαλαίου και τις αποσβέσεις θα φθάνει τις 100 - 120 δρχ/κ.μ.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 4 - 1		
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ		
	Επένδυση Δισ. Δρχ.	Κόστος λειτουργίας Δρχ./κ.μ.
A' Φίλτρα άμμου	0.2	1
A' Οζόνωση	0.1	5
B' Φίλτρα άμμου	0.3	1,5
B' Οζόνωση	0.2	7
Κοκκώδης ενεργός άνθρακας	0.4	10
Ταμιευτήρες κλπ. έργα	0.3	0,5
	-----	-----
	1,5	25
Αντίστροφη Οσμωση	2,0	20
	-----	-----
ΣΥΝΟΛΟ	3,5	45

5. ΤΑ ΛΥΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ

Η περίπτωση είναι γνωστή σε όλους. Για να υδρευθεί το 40 % του πληθυσμού της Ελλάδας και να εξυπηρετηθεί και το 50 % της βιομηχανικής δραστηριότητας, που έχει συγκεντρωθεί σε μία χερσόνησο με ελάχιστες βροχοπτώσεις και καθόλου γλυκά επιφανειακά νερά, έχει αποξηρανθεί η λίμνη Υλίκη, έχει εκτραπεί προς τα εκεί ο Μόρνος, ακολουθεί σε λίγο ο Εύηνος και παίρνει σειρά ο πολύπλαγκτος Αχελώος, ενώ συζητείται η επιστράτευση και της λίμνης Τριχωνίδας καθώς και η μεταφορά με τάνκερ νερού από τον Ανάβαλο ή ακόμη και η αφαλάτωση θαλασσινού νερού.

Τα έργα στον Εύηνο (φράγμα, σήραγγα κλπ.) έχουν προϋπολογισθεί περί τα 50 δισ. δρχ. σε τεχνικά έργα. Με αναμενόμενη απόδοση 150 εκατομ. κ.μ./έτος, η δαπάνη αυτή αντιστοιχεί σε 333 δρχ. ανά ετήσιο κ.μ. νερού.

Η δαπάνη συντηρήσεως των έργων καθώς και η απόσβεση και η εξυπηρέτηση του κεφαλαίου, αν αναπτυχθεί σε ένα διάστημα 50 χρόνων, δίνει επιβάρυνση γύρω στις 20 δρχ. ανά κ.μ.

Μέχρις ότου το νερό διοχετευθεί στο υδρευτικό δίκτυο επιβαρύνεται ακόμη

- με την απόσβεση και συντήρηση των έργων του Μόρνου και του δικτύου μεταφοράς προς Αθήνα.
- με την λειτουργία, απόσβεση και συντήρηση των διύλιστηρίων γύρω από την Αθήνα.

Το πρόσθετο αυτό κόστους εκτιμάται χονδρικά γύρω στις 50 δρχ./κυβ. μέτρο, με αποτέλεσμα, στην είσοδο του υδρευτικού δικτύου, το κόστος του νερού του Εύηνου να βρίσκεται γύρω στις 70 δρχ./κυβ.μέτρο.

Τονίζεται ότι αυτό είναι το καθαρό επιχειρηματικό κόστος, χωρίς να έχει ληφθεί καθόλου υπ' όψη το περιβαλλοντικό κόστος από την άμεση και έμμεση υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος και την φθορά περιουσιακών και άλλων στοιχείων που προκαλούνται από το έργο.

Διάφορες προσεγγίσεις που έχουν γίνει από επιστήμονες διεθνούς κύρους, εκτιμούν ότι το περιβαλλοντικό κόστος ενός έργου κυμαίνεται γύρω στο 100 - 200 % του επιχειρηματικού του κόστους και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φθάνει και να υπερβαίνει το 300 %.

Ειδικά βέβαια στις περιπτώσεις εκτροπών ποταμών με μεγάλα τεχνικά έργα, των οποίων οι συνέπειες μπορούν να είναι πολύ εκτεταμένες, είναι πολύ δύσκολη η έστω και προσεγγιστική εκτίμηση.

Δεν είναι πάντως καθόλου αδικαιολόγητη η σχετική ευαισθησία που έχει αναπτυχθεί από Ελληνικές και διεθνείς οικολογικές οργανώσεις σε άλλες αντίστοιχες περιπτώσεις. Ας υπενθυμίσουμε, για την ιστορία, ότι για να μην υποβαθμισθεί μέρος του Δέλτα του Εύηνου ματαιώθηκε η κατασκευή του εργοστασίου πολυαιθυλενίου, με συνέπεια άμεση ζημία του ελληνικού δημοσίου που υπερβαίνει τα 30 δισ. δραχμές.

5.1. Η εναλλακτική πηγή νερού

Η μόνη σταθερή παροχή νερού στο Λεκανοπέδιο είναι εκείνη που έχει αποκληθεί ο τρίτος σε ροή Ελληνικός ποταμός, που εκβάλλει στον Ακροκέραμο. Η παροχή του είναι ανάλογη με τις ανάγκες σε νερό όλης της εξυπηρετούμενης περιοχής και ουσιαστικά σταθερή όλο τον χρόνο.

Σήμερα το νερό αυτό αποτελεί την κυρία πηγή ρυπάνσεως του Σαρωνικού. Όταν κάποτε συμπληρωθούν και ολοκληρωθούν οι εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού στην Ψυττάλεια, τότε το νερό αυτό, σχεδόν καθαρό, θα οδηγείται στην θάλασσα.

Η ημερήσια παροχή ήταν, πριν τα πρόσφατα μέτρα εξοικονόμησης, 700.000 κυβ. μέτρα, με αναμενόμενη αύξηση, αν βρεθεί νερό, στα 1.000.000 κ.μ./ημέρα, ή 11,6 κ.μ./1".

Σήμερα καθαρίζεται βιολογικά ένα ελάχιστο ποσοστό, μόνο περί τις 20.000 κ.μ./ημέρα βοθρολυμάτων (αν τα στοιχεία μου είναι σωστά) στην μονάδα της Μεταμόρφωσης, που έχει την δυνατότητα να φθάσει τις 100.000 κ.μ./ήμερα, αν τροφοδοτηθεί με λύματα.

Το μεγαλύτερο μέρος (90 % περίπου) των λυμάτων προβλέπεται να οδηγείται για καθαρισμό στην γιγαντιαία εγκατάσταση της Ψυττάλειας. Η επιλογή της θέσης της Ψυττάλειας, που έγινε με κριτήριο πολιτικού κόστους, ήταν ατυχής. Είχε σαν άμεσες συνέπειες

- Να σπάσει η εγκατάσταση σε δύο τμήματα (εσχαρισμός στην στερεά, επεξεργασία στο νησί).
- Να επιβαρυνθεί το έργο με ένα πολύ ακριβό και όχι πολύ ασφαλή δίδυμο υποβρύχια αγωγό μεταφοράς λυμάτων που κόστισε πολλά δισεκατομμύρια.
- Να μην υπάρχει οδική προπέλαση στο έργο με συνέπεια την αύξηση τόσο του κόστους κατασκευής, που καταβάλλεται μία φορά, όσο και του κόστους λειτουργίας και συντήρησης, που θα καταβάλλεται στο διηνεκές.
- Να ενταθεί το πρόβλημα μεταφοράς και διαθέσεως της βιολογικής ιλύος.
- Να αφανιστεί ένα ιστορικό νησί.

Υπάρχει όμως μία ακόμη δυσμενής επίπτωση από την επιλογή της μιάς κεντρικής μονάδας και την τοποθέτησή της σε νησί:

Η επανεκμετάλλευση αυτών των εκατοντάδων χιλιάδων κυβ. μέτρων νερού επιβαρύνεται με υποβρύχους αγωγούς μεταφοράς και με πρόσθετες αντλήσεις. Αντίθετα, από άποψη δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης, είναι πολύ ευνοϊκά χωροθετημένη η εγκατάσταση της Μεταμόρφωσης, που όμως σήμερα επεξεργάζεται μικρές ποσότητες λυμάτων.

5.2. Δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων της Ψυττάλειας

Όπως έχει προγραμματισθεί η λειτουργία στην πρώτη φάση, με μόνο μηχανικό καθαρισμό (πρωτοβάθμια καθίζηση), οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης στην περιοχή της Αττικής είναι μηδενικές. Για τον λόγο αυτό όλοι οι υπολογισμοί που ακολουθούν ξεκινούν από την παραδοχή ότι θα γίνει πλήρης βιολογικός καθαρισμός στην Ψυττάλεια, που θα φθάνει τουλάχιστον μέχρι νιτροποίηση, κατά προτίμηση μάλιστα μέχρι απονιτροποίηση.

Κάτω από αυτές τις προϋποθέσεις:

α, Όταν βγαίνουν τα λύματα από την μονάδα, θα είναι κατάλληλα για άρδευση υπό περιορισμό.

β. Μετά προωθημένο φυσικοχημικό καθαρισμό με όζον και ενεργό άνθρακα θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν - για άρδευση χωρίς περιορισμούς - στην βιομηχανία με περιορισμούς - για οικιακή χρήση σε WC, καθαρισμούς, πότισμα.

γ. Μετά πλήρη Φ/Χ καθαρισμό και με αντίστροφο όσμωση, το νερό θα είναι κατάλληλο για κάθε χρήση.

Η λύση "α" πρέπει να απορριφθεί επειδή στην περιοχή της Αττικής δεν υπάρχουν εκτάσεις προσφερόμενες για άρδευση υπό περιορισμούς, ικανές να απορροφήσουν περί το 1.000.000 κυβ. μέτρα την ημέρα. Και αν υπήρχαν όμως, η αξιοποίηση του νερού θα γίνονταν μόνο κατά τους θερινούς μήνες, ενώ κατά τα 2/3 του έτους το νερό θα διοχετευόταν αναγκαστικά στην θάλασσα, άρα το όφελος για τους ταμιευτήρες ύδρευσης θα ήταν περιορισμένο.

Η λύση "β" πάσχει επίσης. Η άρδευση και εδώ, θα απορροφά μικρό ποσοστό της ετήσιας παραγωγής. Οι βιομηχανικές ανάγκες, που θα μπορούσαν να καλυφθούν με σχεδόν καθαρό νερό, παρά το γεγονός ότι υφίστανται όλο τον χρόνο, είναι και αυτές ποσοτικά χαμηλές.

Η διοχέτευση νερού, σε όλα το νοικυριά για δευτερεύουσες χρήσεις προϋποθέτει την κατασκευή ενός πλήρους δεύτερου δικτύου διανομής, με αντίστοιχες εγκαταστάσεις μέσα σε όλες τις οικοδομές, που θα ανέβαζαν το κόστος του εγχειρήματος σε εκατοντάδες δισεκατομμύρια δραχμές. Αρα και αυτή η δυνατότητα ανακύκλωσης πρέπει να αποκλεισθεί.

Απομένει συνεπώς να εξετασθεί η δυνατότητα εφαρμογής της λύσεως "γ", δηλαδή της πλήρους ανακύκλωσης των επεξεργασμένων λυμάτων στο δίκτυο ύδρευσης της Αθήνας.

Το Σχήμα 5-Ι δείχνει πως θα μπορούσε να διαμορφωθεί το ισοζύγιο μάζης της ύδρευσης-αποχέτευσης της μείζονος περιοχής Πρωτευούσης, για την κάλυψη αναγκών 1.000.000 κ.μ. την ημέρα.

Τεχνικά η δυνατότητα εφαρμογής του συστήματος πρέπει να θεωρείται δεδομένη. Φυσικά θα χρειαστεί μία σειρά εργαστηριακών και πιλοτικών διερευνήσεων πριν οριστικοποιηθεί το σχήμα επεξεργασίας.

Για μία προσεγγιστική κοστολόγηση, πάντως, είναι δυνατόν να θεωρηθεί ότι η επεξεργασία θα ανταποκρίνεται στο διάγραμμα του Σχήματος 3-Ι και η όλη εγκατάσταση θα έχει την μορφή του Σχήματος 5-ΙΙ.

Το ύψος της επένδυσης που θα απαιτηθεί, διαιρείται σε 3 τμήματα:

Τον αγωγό επιστροφής από τη Ψυττάλεια στο κέντρο τελικού καθαρισμού.

1. Στην εγκατάσταση καθαρισμού.

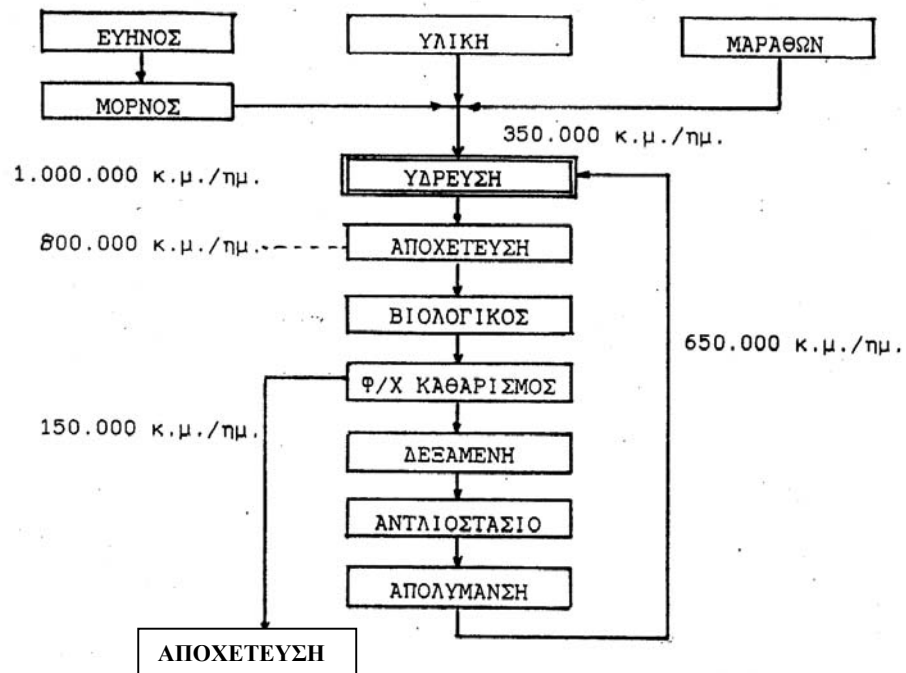
2. Στο αντλιοστάσιο και το δίκτυο διοχέτευσης στην ύδρευση.

Η θέση της εγκατάστασης τελικού καθαρισμού θα επηρεάσει σημαντικά τον συσχετισμό των επενδύσεων για τα δίκτυα πριν και μετά.

Για τους υπολογισμούς μας θεωρήσαμε ότι βρίσκεται κάπου στην περιοχή του Μοσχάτου. Το κόστος που προέκυψε για τα τμήματα αυτά του έργου είναι:

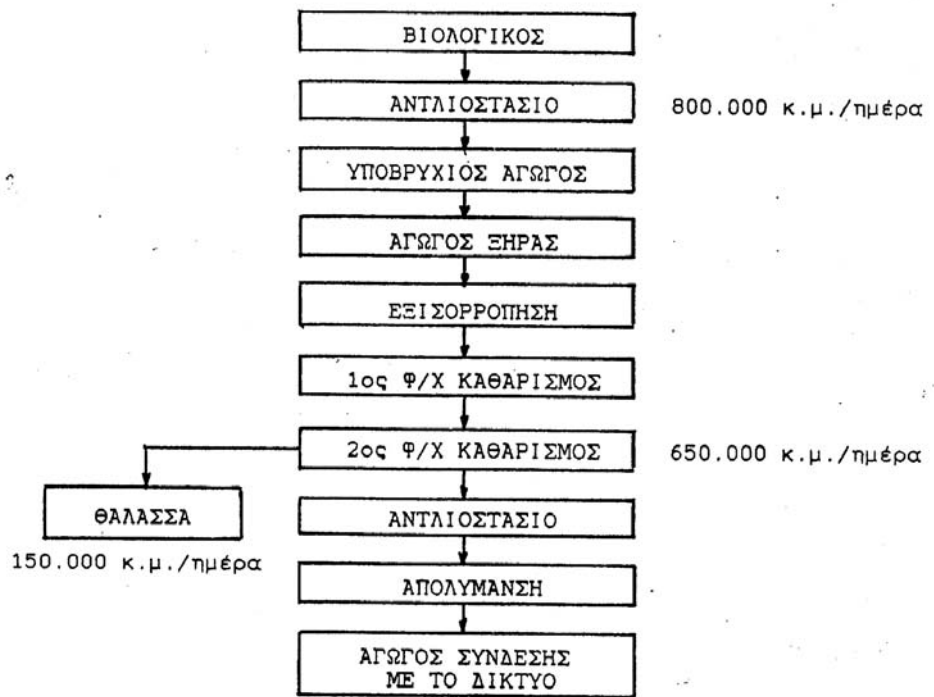
- Αγωγός από Ψυττάλεια προς εγκατάσταση για παροχή 800.000 κ.μ./ημέρα και μήκος 2 χιλιόμετρα υποβρύχιο και 5 χιλιόμετρα υπόγειο 10 δις.
- Συγκρότημα επεξεργασίας 800.000 κ.μ./ημέρα με παραγωγή 650.000 κ.μ./ημέρα καθαρού νερού. 50-60 δις.
- Αντλιοστάσιο και αγωγοί σύνδεσης με το δίκτυο 5 δις.

ΣΧΗΜΑ 5-1
 ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΗΣ ΤΗΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ-ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ
 ΤΗΣ ΜΕΙΖΟΝΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΗΣ,
 ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ



ΣΧΗΜΑ 5-11

 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΈΡΓΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΩΝ
 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΨΥΤΤΑΛΕΙΑΣ



Ετσι η συνολική επένδυση συμποσούται σε 70 δις. περίπου, που για παροχή καθαρισμού νερού 650.000 κ.μ./ημέρα ή 230.000.000 κ.μ./έτος έχει ένα κόστος ανά ετήσιο κ.μ. κάπως χαμηλότερο (300 δρχ.) και, πάντως, συγκρίσιμο με το αντίστοιχο για τα έργα του Ευήνου που εκτιμάται σε 330 δρχ./ετήσιο κ.μ.

Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης των εγκαταστάσεων, περιλαμβανομένων των αντλήσεων, εκτιμάται γύρω στις 60 δρχ./κ.μ. καθαρισμένου νερού.

Δεδομένου ότι οι επιβαρύνσεις από χρηματοοικονομικά έξοδα και αποσβέσεις δεν θα παρουσιάζουν σοβαρές διαφορές μεταξύ Ευήνου και ανακυκλώσεως, προκύπτει το ερώτημα αν αξίζει ή όχι να επιβαρυνθεί το νερό της Αθήνας με 40-50 δρχ/κ.μ. (εφ'όσον το 2/3 περίπου θα είναι ανακυκλωμένο), προκειμένου:

1. Να διασωθεί ο Ευήνος και να μην χρειασθεί να επεκταθεί η ΕΥΔΑΠ προς Τριχωνίδα, Αχελώο, Ανάβαλο κλπ.
2. Να είναι εξασφαλισμένα το 2/3 των αναγκών της πρωτεύουσας, ανεξάρτητα από το περιεχόμενο των ταμιευτήρων.
3. Να υδροδοτείται η Αθήνα με νερό καλής ποιότητας, χωρίς κίνδυνο υποβάθμισης από την προσθήκη σκληρών νερών από γεωτρήσεις ή μολυσμένων από λίμνες όπου συγκεντρώνονται απορροές καλλιεργειών.

Μία ανάλογη σειρά υπολογισμών έδωσε ευνοϊκότερα αποτελέσματα για την αξιοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων στην Μεταμόρφωση, όπου εξοικονομείται σημαντικό μέρος του κόστους των αγωγών, ενώ μειώνεται αντίστοιχα και το κόστος αντλήσεων, λόγω της πολύ ευνοϊκότερης θέσεως, γεωγραφικά και υψομετρικά, της μονάδας καθαρισμού.

Ετσι, για μία δυναμικότητα επεξεργασίας 50.000 κ.μ./ημέρα, η επένδυση εκτιμήθηκε σε 4 δις. δρχ., ενώ το κόστος πλήρους επεξεργασίας σε 50 δρχ./κ.μ. καθαρισμένου νερού.

6. ΤΑ ΛΥΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ

Η πόλη της Κέρκυρας έχει επιλεγεί σαν ενδιαφέρουσα περίπτωση για την παρούσα διερεύνηση, επειδή παρουσιάζει ένα συνδυασμό προβληματικής ύδρευσης με προβληματική αποχέτευση.

Η Κέρκυρα υδρεύεται κυρίως από τις μικρού βάθους γεωτρήσεις στην περιοχή της αρχαίας πηγής της Χρυσήιδος, που δίνουν ένα νερό με 2000 ppm - γύψο και όξινα ανθρακικά - που, επί πλέον, παρέχεται σε ανεπαρκείς ποσότητες.

Εχει ήδη γίνει μελέτη βελτίωσης της ύδρευσης και μία από της εναλλακτικές λύσεις είναι η μερική αφαλάτωση του νερού της Χρυσήιδος με ηλεκτροδιάλυση ή αντίστροφο όσμωση

Οι σημερινές ανάγκες της πόλης εκτιμούνται σε 20.000 κ.μ./ημέρα, ένω το διαθέσιμα νερό δεν ξεπερνάει τις 12.000 κ.μ./ήμερα. Αν εφαμοζόταν η αφαλάτωση της Χρυσήιδας, χωρίς ανακύκλωση, τότε το ισοζύγιο ύδρευσης αποχέτευσης θα είχε την μορφή του Σχήματος 6-Ι.

Όπως φαίνεται, θα εχρειάζοντο σχεδόν 30.000 κ.μ./ημέρα για να καλυφθούν οι ανάγκες της πόλης και στην αφαλάτωση θα έπρεπε να αφαιρούνται 47.200 kg άλατα την ημέρα

. Στην περίπτωση που γίνει ανακύκλωση των επεξεργασμένων λυμάτων - από την υπό κατασκευή μονάδα βιολογικού καθαρισμού, που περιλαμβάνει και απονιτροποίηση - τότε το ισοζύγιο της ύδρευσης την μορφή του Σχήματος 6-II. Οι ανάγκες σε νερό μειώνονται κατακόρυφα, περιοριζόμενες στα 10.000 κ.μ./ημέρα, ενώ τα άλατα που πρέπει να απομακρυνθούν μειώνονται και αυτά κατά 53 %.

Το Σχήμα 6-III δίνει το ισοζύγιο στην ενδιάμεση περίπτωση όπου δεν θα γίνεται αφαλάτωση του νερού της Χρυσήιδας, αλλά μόνο των καθαρισμένων λυμάτων που ανακυκλώνονται.

Τότε οι μεν ανάγκες σε φρέσκο νερό μειώνονται στα 8.000 κ.μ./ημέρα, από την άλλη πλευρά όμως οι Κερκυραίοι θα πρέπει να κάνουν την αβάρια να υδρεύονται με νερό που θα περιέχει αυξημένα άλατα (1.000 ppm), που θα είναι πάντως το μισά από τα σημερινά 2.000 ppm.

6.1. Οικονομοτεχνική διερεύνηση

Με βάση στοιχεία της βιβλιογραφίας και προσφορές κατασκευαστών, το κόστος κατασκευής και λειτουργίας για τις 3 εναλλακτικές λύσεις των Σχ. 6-I, 6-II και 6-III, συνοψίζεται στον Πίνακα 6-1.

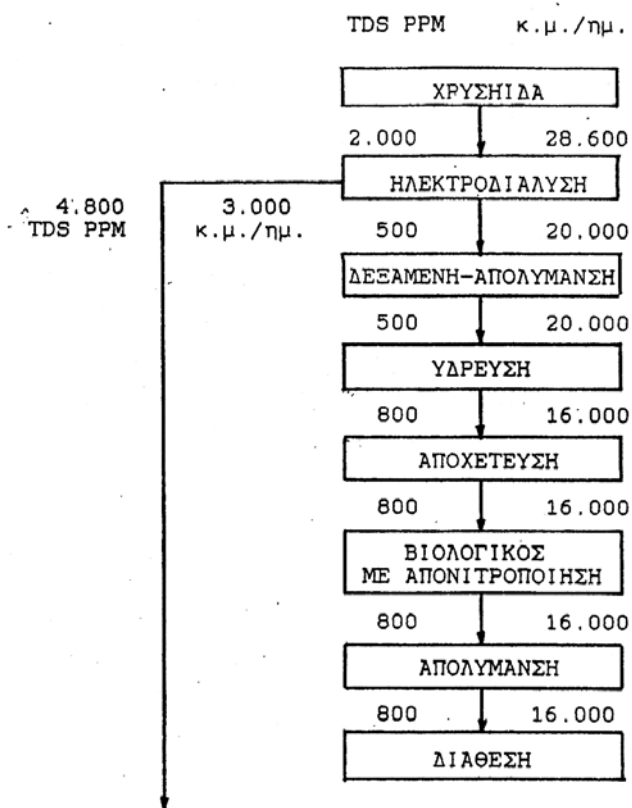
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-1

**ΥΔΡΕΥΣΗ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΛΥΣΕΩΝ**

	Υψος επένδυσης	Επιβάρυνση του νερού από το κόστος λειτουργίας	Αφαιρούμε να άλατα	TDS νερού ύδρευσης
1. Χωρίς ανακύκλωση με αφαλάτωση	3.000 εκατ.δρχ.	80 δρχ./κ.μ.	47.200 kg/ημέρα	500 ppm
2. Με ανακύκλωση και αφαλάτωση	3.500 εκατ.δρχ.	60 δρχ./κ.μ.	22.800 kg/ημέρα	475 ppm
3. Με ανακύκλωση χωρίς αφαλάτωση	2.500 εκατ.δρχ.		16.600 kg/ημέρα	980 ppm

ΣΧΗΜΑ 6-1

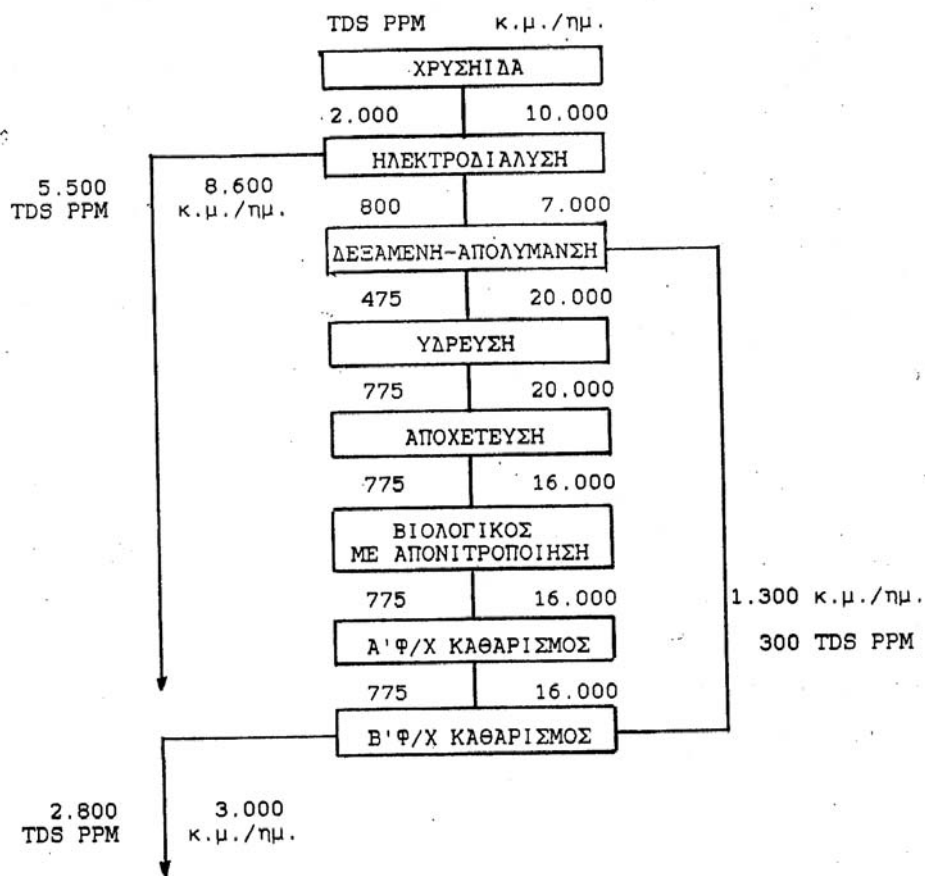
ΥΔΡΕΥΣΗ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ
ΜΕ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΧΡΥΣΗΙΔΑΣ



Αφαιρούμενα άλατα 47.200 kg

ΣΧΗΜΑ 6-11

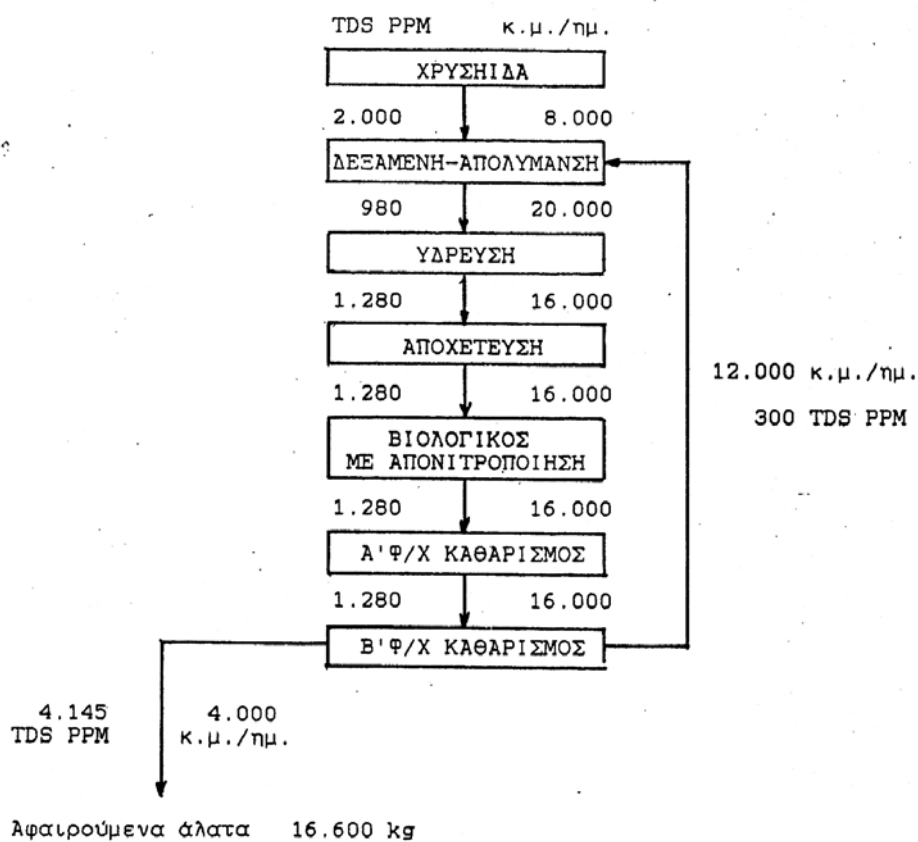
ΥΔΡΕΥΣΗ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ
ΜΕ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΧΡΥΣΗΙΔΑΣ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ



Αφαιρούμενα άλατα α) $3.000 \times 4,8 = 14,400 \text{ kg}$
 β) $3.000 \times 2,8 = 8,400 \text{ kg}$
 Σύνολο $\underline{\underline{22,800 \text{ kg}}}$

ΣΧΗΜΑ 6-III

ΥΔΡΕΥΣΗ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ
 ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ,
 ΧΩΡΙΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΧΡΥΣΗΙΔΑΣ



Από τον πίνακα αυτό προκύπτει ότι η μόνη δυνατότητα να υδρευθεί με άφθονο και καλό νερό η πόλη της Κέρκυρας από τις σήμερα διαθέσιμες πηγές, είναι με ανακύκλωση των επεξεργασμένων λυμάτων. Η λύση αυτή είναι και εφικτότερη και χαμηλότερης επένδυσης και μικρότερου κόστους ανά κ.μ. από άλλες που έχουν προταθεί, όπως μεταφορά νερού από τον Καλαμά ή τον Αώο και αφαλάτωση θαλασσινού νερού.

Συγκρινόμενη με την κατασκευή φράγματος στο όρος Παντοκράτωρα έχει πολύ μικρότερο κόστος κατασκευής, ενώ το ανά κ.μ. κόστος, αν συνυπολογισθούν και οι χρηματοοικονομικές δαπάνες, δεν πρέπει να παρουσιάζει σημαντική διαφορά..

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Προκύπτει, συνεπώς, το συμπέρασμα ότι, η ανακύκλωση των επεξεργασμένων λυμάτων στο δίκτυο ύδρευσης, μπορεί να αποτελέσει μία τεχνικά και οικονομικά αποδεκτή και αξιόπιστη λύση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων υδροδότησης, σε περιοχές όπου υπάρχει έλλειψη φρέσκου νερού.

Η οικονομική επιβάρυνση που προκύπτει βρίσκεται μέσα σε αποδεκτά πλαίσια, αν ληφθεί υπ'όψη ότι η χρέωση ύδρευσης -αποχετεύσης, όταν δεν επιδοτείται από το κράτος, πρέπει να κυμαίνεται περί τις 400 ως 1000 δρχ./κ.μ., πράγμα που συμβαίνει σε πολλές άλλες περιοχές της ΕΟΚ.

Για τον λόγο αυτόν, κατά την χωροθέτηση των εγκατάστασεων επεξεργασίας λυμάτων πρέπει να συνεκτιμάται σαν καθοριστικός παράγων, η δυνατότητα ανακύκλωσης των επεξεργασμένων νερών, που πρέπει να πάντων να θεωρούνται "απόβλητα".

Αθήνα, Μάρτιος 1993.