

HELECO 1995-ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΥΔΡΕΥΣΗ Ένα θέμα που αξίζει να διερευνηθεί περισσότερο

Στέφανος Α. Κώνστας

Δρ Χημικός - Μελετητής

Πλ. Βικτωρίας 5, 104 34 ΑΘΗΝΑ - Τηλ. 8239974, Φαξ 8835286

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η επαναχρησιμοποίηση των καθαρισμένων λυμάτων για άρδευση και παρεμφερείς χρήσεις, εφαρμόζεται ήδη και δεν αποτελεί πια καινοτομία, αλλά επιβεβλημένη πρακτική.

Η επεξεργασία των λυμάτων για ύδρευση μπορεί να ανταγωνισθεί οικονομικά την αφαλάτωση της θάλασσας και υφάλμυρων νερών, που αποτελούν την μοναδική πηγή πόσιμου νερού πολλών νησιών μας. Μπορεί επίσης να αποτελέσει μία λύση στο πρόβλημα ύδρευσης μεγάλων πόλεων, χωρίς γιγαντιαία έργα εκτροπής. Τα καθαρισμένα λύματα, που σήμερα απορρίπτονται, λίγο διαφέρουν στην σύνθεση από τα νερά κάποιων ποταμών που χρησιμοποιούνται για ύδρευση ευρωπαϊκών πόλεων.

Η επιλογή της μεθόδου ή του συνδυασμού των μεθόδων επεξεργασίας που θα δώσει τα καλλίτερα αποτελέσματα πρέπει να γίνεται χωριστά για κάθε περίπτωση, σύμφωνα με τις ιδιαιτερότητές της.

Είναι συνεπώς επιτακτική η ανάγκη να αναπτυχθεί η σχετική τεχνογνωσία, π.χ. με την επέκταση της πιλοτικής εγκατάστασης στον βιολογικό καθαρισμό της ΕΥΔΑΠ στην Μεταμόρφωση.

SUMMARY

Whereas the reuse of treated effluents for irrigation or similar applications is in our days a common practice, their complete recycling back into the drinking water supply system is avoided, although in some cases it could compete successfully the "classic" drinking water supply systems. It is reminded, that some river waters used for municipal supply, do not show substantial quality difference to treated effluents

To-day's technology allows the complete purification of the municipal effluents, making them suitable for drinking at a cost lower than the sea water desalination, applied in some islands, or the diversion of rivers used for the water supply of major cities (Athens). Solutions as the latter have also very important negative environmental impacts, that could be avoided by the reuse of effluents.

The selection of the method or combination of methods to be used for advanced purification, differs from case to case, depending on the effluents and other local conditions. Therefore it is necessary to develop the corresponding know-how, and for this purpose it is suggested to expand the existing pilot plant of the Metamorphosis waste water treatment plant.

1. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Σε παλαιότερες εποχές, η ανάπτυξη μιάς πόλης ήταν σε άμεση συνάρτηση με την διαθέσιμη ποσότητα νερού για την ύδρευσή της. Σήμερα η τεχνολογία μας προσφέρει πολλές δυνατότητες να καλύψουμε τις ανάγκες σε νερό, όταν η φυσική παροχή δεν επαρκεί. Μπορούμε να δημιουργήσουμε μεγάλες αποθήκες νερού με φράγματα, να εκτρέψουμε ποτάμια, να αντλήσουμε από μεγάλα βάθη και να αφαλατώσουμε την θάλασσα και τα υφάλμυρα νερά.

Με τους τρόπους αυτούς έχουμε την δυνατότητα να ικανοποιήσουμε τις ανάγκες των πόλεων σε πόσιμο νερό, με ένα κόστος που είναι συνάρτηση του χρησιμοποιούμενου συστήματος. Τα απαιτούμενα έργα προκαλούν όμως σε αρκετές περιπτώσεις σοβαρές, συχνά μη αντιστρέψιμες αλλαγές, στα οικολογικά συστήματα της ευρύτερης περιοχής, που δεν κοστολογούνται κατά την συγκριτική αξιολόγηση για την επιλογή του τρόπου κάλυψης των αναγκών σε νερό.

Η οικολογική παρέμβαση όμως δεν σταματάει με τα έργα ύδρευσης. Ολοκληρώνεται με την αποχέτευση των λυμάτων που, στην χώρα μας, κατά τη μεγαλύτερη αναλογία τους, οδηγούνται στην θάλασσα, δημιουργώντας ενδεχομένως νέα οικολογικά προβλήματα. Τα αστικά λύματα που καταλήγουν στις ελληνικές θάλασσες, στο συντριπτικό τους ποσοστό ακόμη σήμερα ανεπεξέργαστα, υπερβαίνουν το ένα εκατομμύριο κυβ. μέτρα την ημέρα και αποτελούν ένα μεγάλο όγκο γλυκού νερού, που χάνεται, παρ' όλο που στο μεγαλύτερο μέρος του προέρχεται από περιοχές που έχουν εντονότατο πρόβλημα επάρκειας γλυκού νερού.

Έχοντας σαν δεδομένο ότι η σημερινή τεχνολογία επιτρέπει τον μερικό ή πλήρη καθαρισμό νερού κάθε προσελεύσεως, ανεξάρτητα από το είδος και την ποσότητα των ρύπων ή προσμίξεων που περιέχει, δεν είναι επιτρεπτό να παραβλέπουμε μία ροή νερού που αυξάνει παράλληλα με τις ανάγκες της ύδρευσης, όπως είναι τα αστικά λύματα.

Η επιλογή αν θα προτιμηθεί ο καθαρισμός και η ανακύκλωση των αποβλήτων από άλλο τρόπο υδροδότησης θα στηριχθεί, συνεπώς, στην σύγκριση του κόστους των προσφερομένων λύσεων, σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις και με την αξιοπιστία τους. Αν ληφθούν υπ' όψη οι απώλειες από την ύδρευση ως την αποχέτευση καθώς και κατά τον καθαρισμό, η συνολική ποσότητα που μπορεί να ανακτηθεί είναι της τάξης των 2/3 του νερού ύδρευσης.

Σε εκείνους που θα επικαλεσθούν τον "ψυχολογικό παράγοντα", που θα επηρεάζει την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην ύδρευση, μπορεί να αντιπαρατεθεί πλήθος παραδειγμάτων, τόσο από την Ελλάδα όσο και από την Κεντρική Ευρώπη, όπου τα απόβλητα μιας παραποτάμιας πόλης καταλήγουν έμμεσα ή άμεσα στην ύδρευση της επόμενης και μάλιστα παραπάνω από μία φορά, χωρίς να δημιουργούνται κανενός είδους προβλήματα.

2. ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

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

Το νερό κατά την χρήση του, ρυπαίνεται, εμπλουτίζεται με οργανικές και με ανόργανες ουσίες. Οι οργανικές, εκφραζόμενες σε βιοχημική απαίτηση οξυγόνου (BOD), είναι της τάξης των 300 mg/l. Αντίστοιχη, σύμφωνα με την βιβλιογραφία, είναι και η αύξηση των ανόργανων ενώσεων στα λύματα.

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, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα λύματα, σε σχέση με το νερό ύδρευσης, βγαίνοντας από ένα βιολογικό καθαρισμό με απονιτροποίηση, περιέχουν επί πλέον γύρω στα 50 mg/l οργανικές ουσίες και 300 mg/l ανόργανα ιόντα. Δηλαδή τα συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS) του καθαρισμένου νερού περιέχουν γύρω στα 350 γραμμάρια ανά κυβικό μέτρο ουσίες που δεν είχε το αρχικό νερό ύδρευσης, που, αν αφαιρεθούν, θα επανέλθω το νερό στην αρχική του κατάσταση.

3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

3.1 Καταστροφή και απομάκρυνση οργανικών ουσιών

Μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους:

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. Τα υπολείμματα οργανικών ενώσεων που παραμένουν μετά την οξειδωση προσροφώνται σε ενεργό άνθρακα.

Τα τελευταία χρόνια έχει προοδεύσει πολύ η τεχνολογία των μεμβρανών, με την χρήση των οποίων είναι δυνατόν να γίνει επιλεκτική απομάκρυνση διαφόρων προσμίξεων, με πολύ μεγάλη αποτελεσματικότητα και περιορισμένη κατανάλωση ενέργειας.

3.2 Απομάκρυνση της περίσσειας την ανοργάνων ιόντων

Για τον σκοπό αυτό προσφέρονται τόσο η αντίστροφη όσμωση όσο και η ηλεκτροδιάλυση. Η δεύτερη είναι πιο ενδεδειγμένη για μικρές συγκεντρώσεις αλάτων. Κατά την διαδικασία αυτή ανακτάται το 80% περίπου του νερού, ενώ το υπόλοιπο χάνεται 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 I δείχνει την αναμενόμενη εξέλιξη του οργανικού φορτίου και της περιεκτικότητας σε ανόργανα, κυρίως, άλατα, κατά τα διάφορα στάδια που διέρχεται το νερό από την ύδρευση ως την πλήρη ανακύκλωση πίσω στο δίκτυο ύδρευσης. Φυσικά η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα ποικίλλει σε κάθε περίπτωση.

3.3 Καταστροφή των παθογόνων

Τα παθογόνα δεν θα παρουσιάσουν πρόβλημα εξουδετέρωσης, διότι καταστρέφονται ή απομακρύνονται από όλες τις διαδικασίες του φυσικοχημικού καθαρισμού, σε σημείο που να μην είναι ενδεχομένως αναγκαία η επί πλέον απολύμανση.

Η τελική επιλογή του βαθμού καθαρισμού και του τρόπου επαναχρησιμοποίησης θα εξαρτηθεί από

- τις υδρολογικές συνθήκες της περιοχής
- την επάρκεια νερού για ύδρευση
- τις δυνατότητες διάθεσης για αρδεύσεις
- τις ανάγκες της βιομηχανίας σε νερο
- το κόστος των συμπληρωματικών ή παράλληλων δικτύων για τις δύο τελευταίες περιπτώσεις.

ΣΧΗΜΑ Ι
ΕΞΕΛΙΞΗ BOD ΚΑΙ TDS

PPM BOD		PPM TDS
	ΦΡΕΣΚΟ ΝΕΡΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ	
0-5		300
	ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟ	
0-2		300
	ΥΔΡΕΥΣΗ	
300		600
	ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ	
300		600
	ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ	
15-25		600
	ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ	
0-3		300
	ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ	

Η τελευταία αυτή παράμετρος μπορεί να αποβεί καθοριστική, δεδομένου ότι, αν τα σημεία κατανάλωσης, για άρδευση ή βιομηχανική χρήση, είναι διάσπαρτα ή απομακρυσμένα, 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.

4. ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Υπολογισμοί που έγιναν, με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα και πληροφορίες από κατασκευαστές εξοπλισμού οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η επιβάρυνση πλήρους καθαρισμού προς πόσιμο, ανά κυβικό μέτρο λυμάτων προερχομένων από βιολογικό καθαρισμό, θα είναι της τάξης των 100 δραχμών, περιλαμβανομένων καί των δαπανών λειτουργίας και συντήρησης, καθώς και των αποσβέσεων.

Το ποσό αυτό είναι συγκρίσιμο με το κόστος πολλών συμβατικών εγκαταστάσεων ύδρευσης και χαμηλότερο από το απαιτούμενο για ειδικές εγκαταστάσεις, όπως η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού. Η διαφορά αυτή είναι άλλωστε εύλογη, αφού κατά την αφαλάτωση αφαιρούνται 38.000 PPM αλάτων, ενώ από τα καθαρισμένα λύματα μόνο 350 PPM.

5. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Όπως έχει αναφερθεί σε προγενέστερες παρουσιάσεις και ανακοινώσεις (5,6), υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις όπου θα μπορούσε να πλεονεκτεί η ανακύκλωση των λυμάτων προς ύδρευση, από άλλες λύσεις εξεύρεσης ή παραγωγής πόσιμου νερού. Δύο χαρακτηριστικές περιπτώσεις είναι η Αθήνα και η Κέρκυρα, ενώ τα νησιά των Κυκλάδων αποτελούν μία ομάδα με κοινά προβλήματα.

Αθήνα

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 ο Μόρνος, ακολουθεί ο Εύηνος και παίρνει σειρά ο πολύπλαγκτος Αχελώος, ενώ συζητήθηκε η επιστράτευση και της λίμνης Τριχωνίδας και η μεταφορά με τάνκερ νερού από τον Ανάβαλο ή ακόμη και η αφαλάτωση θαλασσινού νερού.

Παρ' όλο που δεν έχει γίνει γνωστός κανένας αναλυτικός υπολογισμός του πραγματικού κόστους του νερού που μας παρέχει η ΕΥΔΑΠ, είναι πολύ πιθανό ότι θα κυμαίνεται στα ίδια περιθώρια με το κόστος ανακύκλωσης των λυμάτων, χωρίς να συνυπολογισθεί το περιβαλλοντικό κόστος των έργων που έγιναν, βρίσκονται σε εξέλιξη ή θα απαιτηθούν μελλοντικά.

Κέρκυρα

Ενα ενδιαφέρον παράδειγμα είναι η πόλη της Κέρκυρας, όπου το χρησιμοποιούμενο νερό ύδρευσης έχει ήδη απαγορευτική περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα, ενώ συχνά εμφανίζει και μόλυνση από οργανικές ενώσεις. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος έχουν προταθεί διάφορες λύσεις, που ξεκινούν από αφαλάτωση του νερού που χρησιμοποιείται σήμερα και φθάνουν μέχρι την ύδρευση της πόλης από την Αλβανία (!).

Από αναλυτικό υπολογισμό προέκυψε ότι μία πολύ ανταγωνιστική λύση θα ήταν ένας συνδυασμός αφαλάτωσης του νερού με ανακύκλωση των επεξεργασμένων λυμάτων. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούσαν να αντιμετωπισθούν συγχρόνως η ανεπάρκεια του νερού και το ποιοτικό πρόβλημα.

Κυκλάδες

Τα προβλήματα ύδρευσης των νησιών αυτών είναι πολύ έντονα και οξύνονται ιδιαίτερα κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Η συνηθέστερα συζητούμενη αντιμετώπιση είναι η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού, που δεν παρουσιάζει βέβαια προβλήματα ποσοτικής επάρκειας, αλλά που συνεπάγεται αφαίρεση των 38.000 PPM αλάτων. Η εναλλακτική λύση της ανακύκλωσης των λυμάτων θα ήταν δυνατή με αφαίρεση μόνο 350 PPM ανεπιθύμητων συστατικών.

6. ΣΥΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΗ

Η τεχνογνωσία στον τομέα του προωθημένου καθαρισμού των λυμάτων και γενικά νερών με πολλές επιβαρύνσεις, τόσο με "συμβατικές" μεθόδους, όπως η χημική οξειδωση και ο ενεργός άνθρακας, όσο και με τις πρόσφατες μεθόδους με μεμβράνες, προσφέρει πολλές εναλλακτικές λύσεις.

Η επιλογή της προσφορότερης για κάθε περίπτωση προϋποθέτει ερευνητική εργασία τόσο σε εργαστηριακό επίπεδο, όσο και με πιλοτικές μονάδες, όπως άλλωστε έχει γίνει σε "δύσκολες" περιπτώσεις ύδρευσης και σε άλλες χώρες.

Λαμβάνοντας υπ' όψη τα προβλήματα λειψυδρίας διαφόρων περιοχών της πατρίδας μας, που μπορεί να ενταθούν, εάν επιβεβαιωθούν οι θεωρίες ότι βρίσκεται σε εξέλιξη το φαινόμενο του θερμοκηπίου, θεωρούμε αναγκαίο να αρχίσουν το ταχύτερο οι έρευνες στον τομέα της ανακύκλωσης των λυμάτων.

Μία πολύ καλή βάση προς την κατεύθυνση αυτή μπορεί να αποτελέσει η πιλοτική μονάδα που λειτουργεί στις εγκαταστάσεις της ΕΥΔΑΠ στην Μεταμόρφωση, με την τεχνική υποστήριξη του ΕΜΠ, αφού γίνουν οι αναγκαίες επεκτάσεις και συμπληρώσεις, στα πλαίσια ενός από τα ερευνητικά προγράμματα που βρίσκονται σε εξέλιξη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. J.M. Baclier, O. Ricci, A. Montil, Y. Richard.
J. IWEM, 6, March 1992, p. 123
2. W. Lilly, G. Bourn, H. Chabtree, J. Upton.
J. IWEM 5, April 1991, p. 123
3. ΥΠΕΧΩΔΕ / Συμπράττοντα Γραφεία Μελετών.
Μελέτη ενίσχυσης της ύδρευσης Αθηνών, 1990
4. M.A. Thompson, M.P. Robinson.
Am. Water Works Membrane Conference, March 1991
5. Στ. Κώνστας
Η Ανακύκλωση του Νερού. Διημερίδα "ΥΔΡΕΥΣΗ ΑΘΗΝΑΣ" ΤΕΕ, Νοέμβριος 1992
6. Στ. Κώνστας
Η πλήρης ανακύκλωση αστικών λυμάτων μπορεί να είναι όχι μόνο τεχνικά εφικτή, αλλά και συμφέρουσα. 3ο Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Μόλυβος, Σεπτέμβριος 1993