

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ
Περιβάλλοντος και Πολιτισμού



ΝΕΡΟ ΓΙΑ ΤΑ ΝΗΣΙΑ

Επιμέλεια έκδοσης
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ

egaiο Αειφόρο
Αιγαίο

Σειρά: ΠΟΙΚΙΛΑ ΘΕΜΑΤΑ

Τίτλος: ΝΕΡΟ ΓΙΑ ΤΑ ΝΗΣΙΑ

Επιμέλεια έκδοσης: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ

Φωτογραφία εξωφύλλου: ΗΛΙΑΣ ΝΟΚΑΣ-ΖΩΓΡΑΦΟΣ, Στέρνα βρόχινου νερού στη Φολέγανδρο

Copyright ©:

Ελληνική Εταιρεία Περιβάλλοντος και Πολιτισμού

Τριπόδων 28, 105 58 Πλάκα Αθήνα

Απαγορεύεται η αναδημοσίευση, η αναπαραγωγή, ολική, μερική ή περιληπτική, ή η απόδοση κατά παράφραση ή διασκευή του περιεχομένου του βιβλίου με οποιονδήποτε τρόπο, μηχανικό, ηλεκτρονικό, φωτοτυπικό, ηχογράφησης ή άλλο, χωρίς προηγούμενη γραπτή άδεια του εκδότη. Νόμος 2121/1993 και κανόνες του Διεθνούς Δικαίου που ισχύουν στην Ελλάδα.

Παραγωγή: Εκδοτικός Οργανισμός Λιβάνη

ISBN 978-960-99550-2-7



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ
Περιβάλλοντος και Πολιτισμού



ΝΕΡΟ ΓΙΑ ΤΑ ΝΗΣΙΑ

ΑΘΗΝΑ 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος Ι. Μιχαήλ, Προέδρου της Ελληνικής Εταιρείας Περιβάλλοντος και Πολιτισμού	6
Εισαγωγή Κ. Καρρά, Προέδρου της Επιτροπής Παρακολούθησης Προγράμματος ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ	7
Εισαγωγικό Σημείωμα Γ. Κίκου, Υπεύθυνης Προγράμματος ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ	9
Γ. Λύρας, Μέλος της Επιτροπής Παρακολούθησης Προγράμματος ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ: «Αν τελειώσει το νερό...»	10

ΕΝΟΤΗΤΑ Α

Αειφόρος διαχείριση των υδατικών πόρων στα ελληνικά νησιά

Π. Γκίκας: Αειφόρος διαχείριση των υδατικών πόρων στα ελληνικά νησιά	11
--	----

ΕΝΟΤΗΤΑ Β

Εμπειρίες διαχείρισης των υδατικών πόρων

Μ. Γλέζος: Λειψυδρία-Πλημμύρες-Αποσάθρωση. Η εμπειρία στ' Απεράθου της Νάξου	39
Γ. Αντωνίου: Βιώσιμη διαχείριση παραδοσιακών υδατικών πόρων στην Αμοργό	43
Γ. Καραβέλατζης: Καστελόριζο. Διαχείριση των ομβρίων υδάτων	50

Η. Νόκας-Ζωγράφος: Η διαχείριση των υδάτων στις Κυκλάδες και στα Δωδεκάνησα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα	56
--	----

ΕΝΟΤΗΤΑ Γ

Τεχνολογικές παράμετροι

Α. Παπαδόπουλος: Φυσικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Προοπτικές για εφαρμογή στα ελληνικά νησιά	65
Ι. Καλαβρουζιώτης: Δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης αστικών λυμάτων στη γεωργία σε νησιωτικές περιοχές.....	71
Ε. Τζεν: Αφαλάτωση. Μια λύση στη λειψυδρία	73
Δ. Καραμούζης - Π. Γεωργίου: Διαχείριση υδατικών πόρων. Προστασία από υπαλμύριση	80

ΕΝΟΤΗΤΑ Δ

Η εξάντληση των φυσικών πόρων και η κλιματική αλλαγή

Κ. Αρσένης: Η εξάντληση των φυσικών πόρων και η κλιματική αλλαγή	88
--	----

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ιωάννης Μιχαήλ

*Πρόεδρος της Ελληνικής Εταιρείας
Περιβάλλοντος και Πολιτισμού*

Συχνά γίνεται λόγος για τη φέρουσα ικανότητα των νησιών του Αιγαίου. Ένας πρωτεύων παράγοντας αυτού του ορισμού είναι η επάρκεια του ύδατος, λαμβανομένου υπόψη ότι η κάθε υπέρβαση της τοπικής επάρκειας σήμαινε μέχρι τώρα υπερ-τοπική τροφοδοσία, δηλαδή μεταφορά ύδατος με υψηλό οικονομικό κόστος, το οποίο βαρραίνει το δημόσιο, αλλά και περιβαλλοντικό βάρος, το οποίο βαρραίνει διάφορες τοπικές κοινωνίες.

Επομένως, η βιώσιμη διαχείριση υδατικών πόρων αποβαίνει αντικείμενο σφαιρικής επιστημονικής προσέγγισης, όπως αυτή επιχειρήθηκε στην Ημερίδα της Ελληνικής Εταιρείας Περιβάλλοντος και Πολιτισμού τον Ιούνιο 2010 στη Σύρο και στη συνέχεια μέσα από τα άρθρα που δημοσιεύονται σ' αυτό το μικρό, αλλά πολύτιμο τόμο.

Ευχαριστώ θερμότατα την εταιρεία S&B, η οποία ήταν χορηγός της ημερίδας, και τον κ. Γιώργο Προκοπίου, ο οποίος με τη γενναιοδωρία του έκανε δυνατή την έκδοση αυτή, η οποία ευελπιστεί να αναγνωστεί από όσο το δυνατόν περισσότερους κατοίκους των νησιών του Αιγαίου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κώστας Καρράς

*Πρόεδρος Επιτροπής Παρακολούθησης
Προγράμματος ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ*

Νερό για τα Νησιά. Ο τίτλος αμέσως φέρνει στο νου την εξίσου αντιπεριβαλλοντική και αντιοικονομική πρακτική να μεταφέρεται νερό από την ηπειρωτική Ελλάδα ή από ένα νησί με πλεόνασμα στα άλλα νησιά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, με στόχο να ικανοποιηθούν οι ανάγκες όχι μόνο του αυξημένου τουρισμού, αλλά επίσης της αντιπαραγωγικής, εδαφόβορης και συνήθως αντιαισθητικής υπερδόμησης με νεόδητες δεύτερες κατοικίες οι οποίες χρησιμοποιούνται το πολύ δύο μήνες το χρόνο.

Νερό για τα Νησιά. Σε αντίθεση μ' αυτό το σπάταλο, περιβαλλοντικά μη βιώσιμο και οικονομικά μη ανεκτό βάρος, ιδίως σε μια χώρα που παλεύει να βρει το δρόμο της αειφόρου ανάπτυξης έπειτα από τόσα χρόνια αντιοικονομικής και αντιοικολογικής κραυγής, τα άρθρα που ακολουθούν διαπραγματεύονται ένα υγιέστερο πρότυπο. Κατά το πρότυπο αυτό, το πρόβλημα της επάρκειας νερού θα πρέπει να αντιμετωπιστεί κυρίως με την ανάγκτηση και επαναχρησιμοποίηση νερού και δευτερευόντως με την αφαλάτωση, επίσης όμως με τη συνεχή επαγρύπνηση και την εξοικονόμηση υδάτινων πόρων που στα περισσότερα νησιά του Αιγαίου (όχι όμως σε όλα) βρίσκονται σε ανεπάρκεια.

Για να προετοιμαστεί το βιβλίο αυτό, που εύχομαι να αναγνωστεί όχι μόνο από όσους κατέχουν οποιαδήποτε θέση ευθύνης στα νησιά του Αιγαίου αλλά και από όσους γίνεται περισσότερους κατοίκους των νησιών αυτών, δούλεψαν με αφοσίωση πολλά μέλη της Ελληνικής Εταιρείας Περιβάλλοντος και Πολιτισμού. Την επιμέλεια των κειμένων, όπως και την προετοιμασία της ημερίδας στην Ερμούπολη, είχε η Γεωργία Κίκου, που ήδη στους δεκαοκτώ μήνες μετά την αποχώρηση από το Πρόγραμμα ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ του Κρίτωνα Αρσένη, άξιου και δραστήριου πλέον ευρωβουλευτή, έχει γίνει γνωστή για την αποτελεσματικότητα, τη συνέπεια και την καλοσύνη με τις οποίες προωθεί το συνεχή αγώνα για τη βιώσιμη ανάπτυξη στα νησιά του Αιγαίου.

Εξίσου θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Πέτρο Γκίκα, ο οποίος συνδυάζει απαράμιλλες γνώσεις του συγκεκριμένου αντικειμένου, με συνεχείς και πρόσφατες επισκέψεις σε ερευνητικά κέντρα του εξωτερικού κι έναν πηγαίο ενθουσιασμό που τον έχει οδηγήσει ως δραστήριο μέλος της Ελληνικής Εταιρείας Περιβάλλοντος και Πολιτισμού σε πολλά νησιά του Αιγαίου για να ενισχύσει τις προσπάθειες και των τοπικών επιτροπών πάνω στο θέμα.

Ευχαριστώ επίσης όλους τους άλλους αρθρογράφους οι οποίοι, ο καθένας με βάση τις ιδιαίτερές του εμπειρίες και γνώσεις, φωτίζουν κάποιες σημαντικές όψεις του συνολικού προβλήματος, είτε από τη σκοπιά της παραδοσιακής είτε της σύγχρονης τεχνολογίας. Τέλος, καμιά από τις πολλές προσπάθειες του Προγράμματος ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ που χρονολογούνται από το 2005, εμπνευσμένες από την ταινία *Φωνή Αιγαίου* της Λυδίας Καρρά, δε θα είχε μπορέσει να τελεσφορήσει χωρίς τη συνεχή στήριξη κυρίως του Ιδρύματος Α. Γ. Λεβέντη και του Θέμη Βώκου.

Το συγκεκριμένο βιβλίο έχει χρηματοδοτήσει γενναιόδωρα ο Γιώργος Προκοπίου, ο οποίος, όπως τόσοι άλλοι που τρέφουν αγάπη για τα νησιά, με αυτό τον τρόπο συνεισφέρει αποτελεσματικά στη βιώσιμη ανάπτυξή τους.

Το βιβλίο βασίζεται εν μέρει, όχι όμως και αποκλειστικά, σε ομιλίες που έγιναν στην ημερίδα που έλαβε χώρα στην Ερμούπολη τον Ιούνιο του 2010. Την ημερίδα εκείνη έχει χορηγήσει η εταιρεία S&B και ευχαριστούμε θερμά το διευθύνοντα σύμβουλό της κ. Ευθύμιο Βιδάλη.

Στην ημερίδα της Ερμούπολης αντιπρόσωπος της τότε Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης μας απήντησε και κάποια λόγια κριτικής διότι ο αριθμός των παρευρισκομένων δεν ήταν, κατά τη γνώμη του, ισοβαρής με τη σημασία του θέματος ή το επίπεδο των εισηγήσεων. Είχε βέβαια δίκιο, αλλά η κριτική αυτή θα έπρεπε να έχει αποταθεί στην τοπική κοινωνία γενικότερα. Το βιβλίο *Νερό για τα Νησιά* αποτελεί αντικείμενο μελέτης και ανάγνωσης, αλλά όχι μόνο. Είναι επίσης ένα κάλεσμα σε όποιους –και δεν είναι λίγοι– έχουν αγαπήσει τα νησιά του Αιγαίου να αναλάβουν δράση για την υπεράσπισή τους. Το Δίκτυο Αιγαίου και οι Τοπικές Επιτροπές της Ελληνικής Εταιρείας Περιβάλλοντος και Πολιτισμού αποτελούν δύο από τους ποικίλους τρόπους με τους οποίους μπορεί ο καθένας μας να δραστηριοποιηθεί στο δημιουργικό και απόλυτα αναγκαίο αυτό αγώνα για την ποιότητα ζωής, την οικονομική βιωσιμότητα και την αειφόρο ανάπτυξη στα νησιά.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Γεωργία Κίκου

*Γεωγράφος, MSc Περιβαλλοντολόγος,
Υπεύθυνη Προγράμματος ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ*

Το Πρόγραμμα ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ, έχοντας ως βασικό στόχο την ευαισθητοποίηση των κατοίκων των νησιών για το περιβάλλον και την πολιτιστική κληρονομιά του Αιγαίου, διοργάνωσε ημερίδα (19 Ιουνίου του 2010, στην Ερμούπολη) με θέμα τη βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων στα νησιά του Αιγαίου και με τη συμμετοχή εξεχόντων ομιλητών. Η ιδέα προέκυψε έπειτα από την επιτυχημένη δράση που είχε υλοποιήσει το Πρόγραμμα στην Αμοργό (2009) με τίτλο «Διαδρομές νερού στην Αμοργό: παραδοσιακή διαχείριση και η βιώσιμη προοπτική της».

Βλέποντας το ενδιαφέρον που υπήρξε από τους κατοίκους και τα ΜΜΕ για το μείζον θέμα του νερού στα νησιά, είναι ιδιαίτερη χαρά μας η συνέχιση της διάχυσης των πληροφοριών που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια της ημερίδας με την έκδοση του παρόντος έντυπου. Στόχος του είναι να δώσει στους κατοίκους όλων των νησιών την ευκαιρία να ενημερωθούν για το σοβαρότατο αυτό θέμα που ταλανίζει το Αιγαίο. Ευελπιστούμε να συμβάλει σημαντικά στην ευαισθητοποίηση όλων των νησιωτών και να αποτελέσει άλλο ένα σημαντικό εργαλείο όπως και οι άλλες δράσεις που το Πρόγραμμα ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ υλοποιεί εδώ και χρόνια: τις Δράσεις Ευαισθητοποίησης των μαθητών στα σχολεία του Αιγαίου και το Δίκτυο καλών πρακτικών ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ (www.egaio.gr).

Ευχή μας είναι το παρόν έντυπο να αποτελέσει έμπνευση για σοφές επιλογές στο μέλλον, οι οποίες θα συμβάλουν στην αειφόρο ανάπτυξη των νησιών μας.

ΑΝ ΤΕΛΕΙΩΣΕΙ ΤΟ ΝΕΡΟ...

Γιάννης Λύρας

*Μέλος της Επιτροπής Παρακολούθησης
Προγράμματος ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ*

Τη δεκαετία του '60 οι καλοκαιρινές διακοπές στις Οινούσσες για την οικογένειά μας, που τότε διέμενε στο Λονδίνο, ήταν το γεγονός που προσμέναμε με λαχτάρα όλο το χρόνο. Εκείνη την εποχή στις Οινούσσες λειτουργούσε γεννήτρια μέχρι τις 9 μ.μ. (μετά ανάβαμε λάμπες), τα ψυγεία (όσοι είχαν) λειτουργούσαν με κολόνες πάγου και το χωριό είχε το πολύ πέντε κολόνες φωτισμού.

Το νερό ήταν βρόχινο στις στέρνες κι εμείς που είχαμε καλομάθει από την Αγγλία ήμασταν στα μάτια της γιαγιάς μας, της οικοδέσποινας, ιδιαίτερα σπάταλοι με τα καθημερινά μας ντους και λουσίματα. Μια μέρα, αγανακτισμένη μετά τις επανειλημμένες νουθεσίες, μας δήλωσε κατηγορηματικά: «Πιο λίγα μπάνια διότι θα τελειώσει το νερό! Κι αν τελειώσει το νερό, τελείωσαν και οι διακοπές!».

ΕΝΟΤΗΤΑ Α

ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΗΣΙΑ

ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΗΣΙΑ

*του Δρ. Πέτρου Γκίκα, Επίκουρου Καθηγητή του Τμήματος
Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης,
μέλους του Συμβουλίου Φυσικού Περιβάλλοντος της Ελληνικής Εταιρείας
Περιβάλλοντος και Πολιτισμού
e-mail: petrosgikas@gmail.gr*

1. Εισαγωγή

Το κύριο χαρακτηριστικό του πλανήτη μας, εμφανές ακόμη και από χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά, είναι η κυριαρχία του υδάτινου στοιχείου. Ωστόσο, παρά τη μεγάλη ποσότητα νερού, μόνο το 1% περίπου είναι «γλυκό νερό», αφού το 97% είναι αλμυρό νερό και το υπόλοιπο 2% είναι δεσμευμένο στους πολικούς και αλπικούς πάγους. Το 98% του «γλυκού νερού» βρίσκεται στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες, ενώ μόνο το 2% απαντάται με τη μορφή ποτάμιου και λιμναίου ύδατος (Bouwer 2000). Η σχετικά μικρή ποσότητα καλής ποιότητας νερού σε συνδυασμό με τη γεωγραφική και εποχική ανισοκατανομή καθιστούν επιβεβλημένη τη βιώσιμη διαχείρισή του. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μη βιώσιμης διαχείρισης αποτελεί η υπεράντληση υπόγειου ύδατος για την κάλυψη κυρίως αρδευτικών αναγκών, στις περισσότερες περιπτώσεις για υδροβόρες καλλιέργειες.

Τα περισσότερα ελληνικά νησιά ανέκαθεν είχαν ελλειμματικά υδατικά ισοζύγια (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2008, Υπουργείο Ανάπτυξης, 2006), πάντα, όμως, κάλυπταν τις ανάγκες τους σε νερό, σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, κάνοντας σωστή διαχείριση των εντόπιων υδατικών πηγών. Μόνο τα τελευταία χρόνια η έλλειψη νερού αντιμετωπίζεται με εισαγωγή από την ενδοχώρα. Το πρόβλημα της έλλειψης νερού έχει επιταθεί την τελευταία δεκαετία για τους εξής λόγους:

- Έχει πολλαπλασιαστεί η τουριστική κίνηση στα νησιά, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες.

- Έχει αναβαθμιστεί η τουριστική υποδομή και οι ανέσεις που παρέχονται στους τουρίστες, με συνέπεια την αύξηση της κατανάλωσης νερού ανά διανυκτέρευση.
- Έχουν πολλαπλασιαστεί οι παραθεριστικές κατοικίες, οι οποίες ανήκουν σε μόνιμους κατοίκους της ηπειρωτικής Ελλάδας ή του εξωτερικού, οι οποίοι δε διαπραγματεύονται τη μείωση των ανέσεών τους και επιθυμούν να ξοδεύουν νερό κατά βούληση.
- Έχει παρατηρηθεί τάση αύξησης των μονίμων κατοίκων των νησιών, οι οποίοι απαιτούν ισότιμο μερίδιο στην κατανάλωση νερού σε σχέση με τους παραθεριστές και τους τουρίστες.
- Έχει επικρατήσει η αντίληψη ότι η πολιτεία είναι υποχρεωμένη να παράσχει στα νησιά άφθονο νερό σε επιδοτούμενες τιμές.

2. Βιώσιμη διαχείριση νερού σε μακροχρόνια βάση

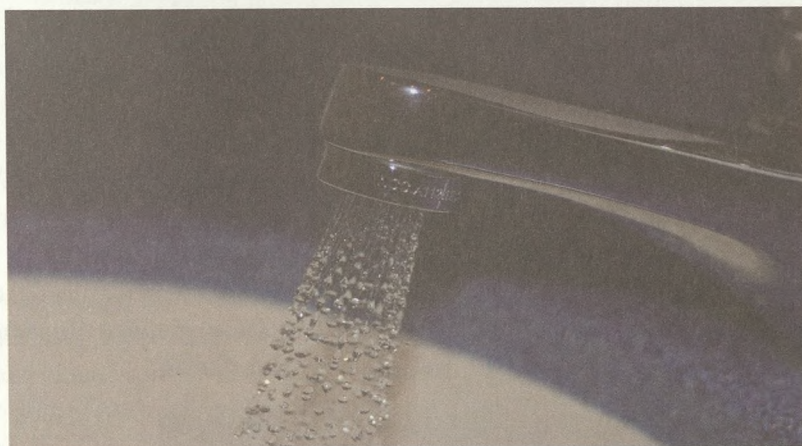
Παρ' ότι για πάρα πολλά αγαθά έχει γίνει πλέον κοινά αποδεκτό ότι πρέπει να ανακυκλωθούν μετά τη χρήση τους (π.χ. γυαλί, χαρτί, μέταλλα), δε συμβαίνει το ίδιο για το νερό, τουλάχιστον στη χώρα μας. Ακόμα και σε περιοχές με έντονα αρνητικά υδατικά ισοζύγια λίγες προσπάθειες γίνονται για ορθολογική χρήση και επαναχρησιμοποίηση του νερού. Με πολλή ευκολία θεωρούμε ότι η έλλειψη νερού μπορεί απλά να καλυφθεί με μεταφορά του από άλλες περιοχές όπου θεωρητικά βρίσκεται σε αφθονία. Η πρακτική αυτή, εκτός του ότι εμπεριέχει μεγάλα οικονομικά και περιβαλλοντικά κόστη, δε βοηθά στη διαμόρφωση περιβαλλοντικής συνείδησης, με συνέπεια να ζητούνται όλο και μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Οι πιθανές εναλλακτικές λύσεις για τα ελληνικά νησιά περιλαμβάνουν τις ακόλουθες περιπτώσεις:

2.1. Εξοικονόμηση νερού

Η εξοικονόμηση νερού είναι αδιαμφισβήτητη η πρώτη επιλογή όταν η ζήτηση νερού υπερβαίνει τη διαθέσιμη ποσότητα (Bakir, 2001). Για να επιτύχει οποιαδήποτε πολιτική εξοικονόμησης νερού, πρέπει κατ' αρχάς το κοινό να αντιληφθεί το μέγεθος του προβλήματος και να πειστεί ότι η συμβολή του στις πολιτικές εξοικονόμησης νερού θα είναι καθοριστική. Υπεύθυνοι για την ενημέρωση του κοινού είναι οι τοπικές αρχές αλλά και οι τοπικές περιβαλλοντικές οργανώσεις. Οι πρώτες δεν πρέπει να περιοριστούν απλά στην αύξηση των τιμολογίων, η οποία πιθανόν να είναι αναπόφευκτη, άλλα να ενημερώσουν σωστά το κοινό και οι δεύτερες πρέπει να δουν το πρόβλημα με σύγχρονο πνεύμα, κάνοντας εποικοδομητικές προτάσεις. Είναι προφανές ότι η αύξηση του κόστους του οικιακού νερού αναμένεται να έχει μικρή επίδραση σε τουριστικές περιοχές, αφού οι τουρίστες συνήθως καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες νερού ανεξαρτήτως του κόστους.

Μεγάλη συμβολή στην οικιακή εξοικονόμηση νερού μπορεί να επιτευχθεί απλά αν ενθαρρυνθεί ή καταστεί υποχρεωτική η χρήση συσκευών ή υδραυλικών εξαρτημάτων εξοικονόμησης. Αυτά, μεταξύ άλλων, μπορεί να περιλαμβάνουν:

- i) Χρήση πλυντηρίων ρούχων και πιάτων χαμηλής κατανάλωσης ύδατος.
- ii) Χρήση σταλακτών για άρδευση των οικιακών κήπων.
- iii) Χρήση οικιακών συστημάτων για επιτόπια επεξεργασία και ανάκτηση νερού για επαναχρησιμοποίηση σε αρδευτικές εφαρμογές (σε μεμονωμένες οικίες).
- iv) Αποκλειστική χρήση διπλού πλήκτρου σε καζανάκια τουαλετών (χαμηλής και πλήρους παροχής).
- v) Χρήση ειδικών ρακόρ στις απολήξεις των κρουνών που να παροχετεύουν το νερό εν είδει σταγόνων και όχι ως κρουνό (φωτό 1).
- vi) Χρήση κρουνών δύο σταδίων (κρουνοί νεροχύτη ή νιπτήρα οι οποίοι όταν ανοίξουν δίνουν χαμηλή παροχή νερού –συνήθως ικανοποιητική για τις περισσότερες χρήσεις– και απαιτούν δεύτερη προσπάθεια για να δώσουν πλήρη παροχή).



ΦΩΤΟ 1

Η χρήση ειδικού ρακόρ σε βρύση νιπτήρα στη Σαουδική Αραβία έχει σαν αποτέλεσμα την παροχέτευση νερού σε σταγόνες αντί συμπαγούς ροής. Η παροχή, αν και σημαντικά μικρότερη, υπερκαλύπτει τις ανάγκες.

Κάποια από τα παραπάνω, και ειδικά τα τρία τελευταία, θα έπρεπε κατά την άποψη του συγγραφέα να επιβάλλονται από τον πολεοδομικό κανονισμό.

Μπορεί επίσης να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση αρδευτικού νερού για άρδευση γεωργικών καλλιεργειών και χώρων πρασίνου με τη χρήση σύγχρονων τεχνικών άρδευσης.

2.2. Περαιτέρω ανάπτυξη των τοπικών πηγών ύδατος

Οι τοπικές πηγές νερού συνίστανται στον συνήθως υπερεκμεταλλευμένο υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα (ο οποίος σε πολλές περιπτώσεις δίνει υφάλμυρο νερό) και σε λιγοστές φυσικές πηγές.

Το βρόχινο νερό είναι μια πηγή νερού που στο παρελθόν (όταν δεν υπήρχαν οι βαθιές γεωτρήσεις) αποτελούσε την κύρια πηγή νερού όλο το χρόνο (με αποθήκευση σε στέρνες, φωτο 2), η οποία μπορεί και πάλι να αποτελέσει σημαντική πηγή αν τύχει σωστής διαχείρισης.

Αν και με την πρώτη ματιά φαίνεται ότι η κατασκευή τεχνητών λιμνοδεξαμενών [έχουν κατασκευαστεί πολλές στα νησιά (Υπουργείο Γεωργίας, 1996, και αναθεώρηση 2002)] μπορεί να δώσει οριστικές λύσεις στη λειψυδρία, εντούτοις, το οικονομικό κόστος κατασκευής τους μπορεί να είναι ιδιαίτερα υψηλό, ενώ από περιβαλλοντικής σκοπιάς ίσως να δημιουργήσουν περισσότερα προβλήματα από αυτά που υποτίθεται ότι θα επιλύσουν. Δυστυχώς, για τα ελληνικά νησιά δεν υπάρχουν μακροχρόνια τοπικά δεδομένα βροχοπτώσης, με συνέπεια τα έργα συλλογής όμβριου ύδατος να υπερδιασεολογούνται επιτείνοντας ακόμη περισσότερο το περιβαλλοντικό και οικονομικό κόστος.

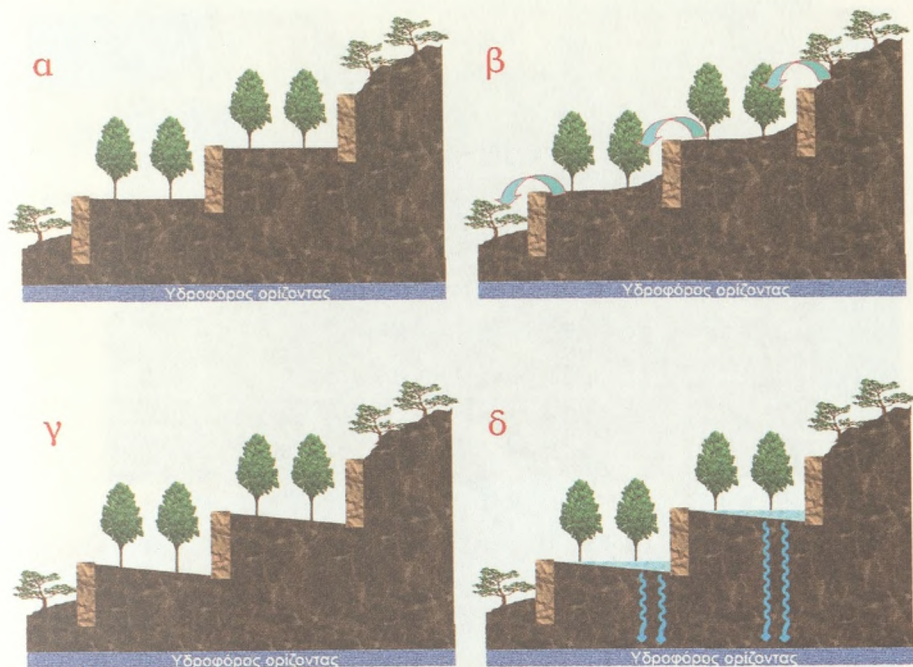
Εναλλακτικά, η συντήρηση των αναβαθμίδων (πεζούλες), οι οποίες έχουν κατασκευαστεί κατά το παρελθόν (για την οριζοντίωση της γης για αγροτικές εφαρμογές) και τελευταία εγκαταλειφθεί, μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στον εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα (Σχήμα 1). Η εφαρμογή της πιο πάνω πρακτικής στην Απείραθο της Νάξου είχε ως αποτέλεσμα την επανεμφάνιση φυσικών πηγών νερού, οι οποίες είχαν στερέψει εξαιτίας της υπεράντλησης (Γλέζος, 2009).

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι ο εντοπισμός και η αξιοποίηση των υποθαλάσσιων πηγών γλυκού νερού μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτικό τρόπο ύδρευσης, αν και το κόστος ανάκτησης του νερού είναι ακόμη σχετικά υψηλό.



ΦΩΤΟ 2

Αποιεδείς στέρνες συλλογής ομβρίων υδάτων στην Αμοργό.



ΣΧΗΜΑ 1

Εμπλουτισμός υδροφόρου ορίζοντα με συντήρηση των αναβαθμίδων (πεζούλες): (α) παραδοσιακή διαμόρφωση των αναβαθμίδων, (β) η εγκατάλειψη έχει σαν αποτέλεσμα την απορροφή του βρόχινου νερού, (γ) η αναμόρφωση των αναβαθμίδων με μικρή κλίση προς τη βάση αναμένεται (δ) να κατευθύνει τα όμβρια ύδατα προς τον υδροφόρο ορίζοντα.

2.3. Μεταφορά νερού από την ηπειρωτική Ελλάδα

Η μεταφορά νερού από την ηπειρωτική Ελλάδα ή από άλλα νησιά που έχουν σχετικό πλεόνασμα νερού είναι συνήθης πρακτική (Υπουργείο Αιγαίου, 2007). Το οικονομικό κόστος του μεταφερόμενου νερού είναι πολύ υψηλό και μπορεί να φτάσει τα €10/m³. Πολύ υψηλό είναι επίσης και το περιβαλλοντικό κόστος, αφού με αυτή την πρακτική αποστερούνται πολύτιμες ποσότητες νερού από άλλες περιοχές, ενώ η χρήση ορυκτών καυσίμων, τα οποία χρησιμοποιούνται για την κίνηση των υδροφόρων πλοίων, συμβάλλει στην αύξηση του αποτυπώματος του άνθρακα. Οι ετήσιες ποσότητες νερού που μεταφέρονται στα νησιά του Αιγαίου φαίνονται στο Σχήμα 2. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Τουρκία (η οποία έχει μόνο δύο νησιά στο Αιγαίο) έχει κατασκευάσει υποθαλάσσιο αγωγό μεταφοράς νερού από τη Μικρά Ασία στην Τένεδο (φωτό 3) (Tokyar, 2010), ενώ στην Ελλάδα ακόμη δεν έχουν εκπονηθεί σχετικές μελέτες για νησιά που γειτνιάζουν στην ηπειρωτική Ελλάδα, όπως είναι για παράδειγμα οι Σπέτσες, όπου μεταφέρεται χαμηλής ποιότητας νερό με υδροφόρο πλοίο από την Πελοπόννησο (φωτό 4).



ΣΧΗΜΑ 2

Ποσότητες νερού (σε κυβικά μέτρα) που μεταφέρθηκαν με υδροφόρα πλοία προς διάφορα νησιά του Αιγαίου το 2007. Η μεταφορά στα νησιά των Κυκλάδων έγινε από τα λιμάνια του Λαυρίου και του Ασπρόπυργου στην Αττική, ενώ στα Δωδεκάνησα από τη Ρόδο (από Gikas and Angelakis, 2009).



ΦΩΤΟ 3

Καθέλκυση του αγωγού ύδρευσης που συνδέει την Τένεδο με τη μικρασιατική ακτή.



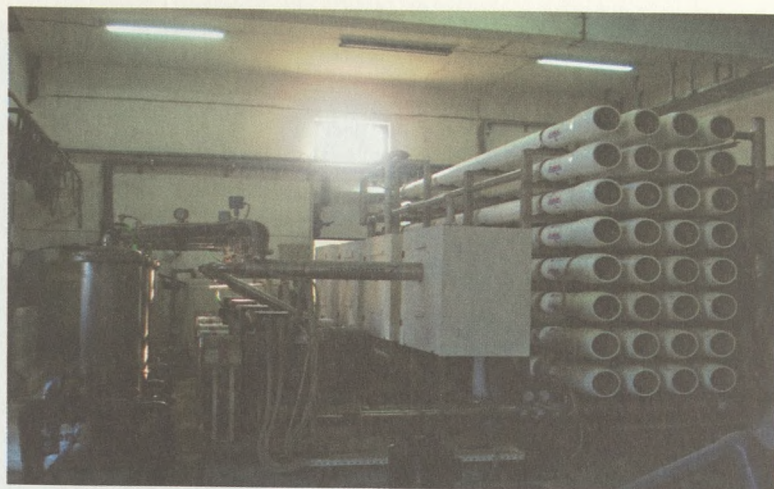
ΦΩΤΟ 4

*Υδροφόρο πλοίο μεταφοράς νερού από την Πελοπόννησο στις Σπέτσες.
Στα αριστερά διακρίνεται το στόμιο του αγωγού εκφόρτωσης (φωτό: Α. Μπούφης).*

2.4. Αφαλάτωση νερού

Με τη βελτίωση της ποιότητας των μεμβρανών (Matsuura, 2001, Porter, 1990) αλλά και συνολικά της τεχνολογίας της αφαλάτωσης, η χρήση αφαλατωμένου θαλασσινού νερού είναι πλέον πολύ διαδεδομένη σε υδατικά ελλειμματικές περιοχές που γειτνιάζουν με τη θάλασσα. Σε μερικά νησιά του Αιγαίου, όπως για παράδειγμα στη Σύρο, το αφαλατωμένο νερό αποτελεί την κύρια πηγή υδροδότησης (φωτό 5). Το κόστος της αφαλάτωσης θαλάσσιου ύδατος είναι σχετικά υψηλό, ενώ έχουν αναφερθεί μια σειρά περιβαλλοντικά προβλήματα, τα οποία έχουν κυρίως να κάνουν με τη μεγάλη κατανάλωση ενέργειας καθώς και με την απόρριψη του συμπυκνώματος (άλμη) στη θάλασσα (Al-Barwani and Purnama, 2007, Latorre, 2005), η οποία έχει ενοχοποιηθεί ότι παρεμποδίζει την ανάπτυξη της ποσειδωνίας (υποθαλάσσια βλάστηση που χαρακτηρίζει τα υγιή θαλάσσια οικοσυστήματα στη Μεσόγειο, Latorre, 2005). Προς τη σωστή κατεύθυνση είναι ο συνδυασμός της αφαλάτωσης με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (φωτό 6), εφόσον αυτές έχουν σχεδιαστεί σωστά και εφόσον η άλμη απορρίπτεται σε θαλάσσιες περιοχές με έντονα θαλάσσια ρεύματα, ώστε να μη δημιουργείται τοπικό πρόβλημα.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι το υφάλμυρο νερό, το οποίο συνήθως αφθονεί στα νησιά, μπορεί να αποτελέσει εναλλακτική πηγή ύδρευσης έπειτα από αφαλάτωση. Το κόστος παραγωγής γλυκού νερού από υφάλμυρο νερό είναι υποπολλαπλάσιο σε σχέση την αφαλάτωση θαλασσινού νερού. Σε κάθε περίπτωση, η χρήση υπόγειου ύδατος πρέπει να γίνεται έπειτα από ενδελεχή υδρολογική μελέτη για να αποφευχθεί ο κίνδυνος αλμύρινης του εδάφους λόγω διείσδυσης θαλασσινού νερού (Spilotro et al., 2002, Gikas and Angelakis, 2009).



ΦΩΤΟ 5

Άποψη του εσωτερικού της εγκατάστασης αφαλάτωσης στη Σύρο (φωτό: Γ. Βακόνδιος).



ΦΩΤΟ 6

Η εγκατάσταση αφαλάτωσης νερού στην Ηρακλειά βασίζεται ενεργειακά στην αιολική και την ηλιακή ενέργεια.

2.5. Ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση

Η τεχνολογία επιτρέπει σήμερα την ανάκτηση νερού από υγρά απόβλητα με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση (Gikas and Tchobanoglous, 2008). Η ανάκτηση νερού γενικά απαιτεί πολύ μικρότερη ενέργεια από την αφαλάτωση και έχει σημαντικά μι-

κρότερο κόστος ανά μονάδα όγκου νερού. Έτσι, η χρήση ανακτημένου νερού μπορεί να αποδεσμεύσει σημαντικές ποσότητες (φυσικού ή αφαλατωμένου) νερού υψηλής ποιότητας, οι οποίες χρησιμοποιούνται ως νερό άρδευσης χωρίς να υπάρχει απαίτηση τόσο καλής ποιότητας.

Είναι προφανές ότι η χρήση ανακτημένου νερού μπορεί να συμβάλει αποτελεσματικά στην εκπόνηση βιώσιμων στρατηγικών διαχείρισης του υδατικού δυναμικού των νησιωτικών περιοχών (Gikas and Angelakis, 2009).

Επίσης, η χρήση ανακτημένου νερού θα ενισχύσει το αίσθημα της αντάρκειας στους κατοίκους των νησιών, το οποίο είναι σημαντικός ψυχολογικός παράγοντας και σε τελική ανάλυση βελτιώνει το επίπεδο ζωής. Πρέπει να σημειωθεί ότι τοπικές νομοθεσίες (π.χ. Νομαρχία Δωδεκανήσου, 1981) επιβάλλουν πολλές φορές ανώτερο επίπεδο επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων σε σχέση με τις σχετικές ευρωπαϊκές οδηγίες (European Commission, 1991), γεγονός που καθιστά μικρότερο το επιπλέον κόστος για την ανάκτηση του νερού.

3. Δυνατότητες και περιορισμοί κατά την επαναχρησιμοποίηση του νερού

Δεν είναι λίγα τα παραδείγματα από αναπτυγμένες χώρες όπου το ανακτημένο νερό έχει καλύτερα χαρακτηριστικά από το φυσικό νερό το οποίο είναι διαθέσιμο για πόσιμη χρήση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η λεκάνη απορροής του ποταμού Κολοράντο, ο οποίος χρησιμοποιείται εναλλάξ ως πηγή υδροδότησης και ως δέκτης των υγρών αποβλήτων των πόλεων και των οικισμών που είναι χτισμένοι κατά μήκος του (Σχήμα 3). Έτσι, το νερό που ανακτάται από την εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της πόλης του Σαν Ντιέγκο έχει καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά από αυτό του ποταμού Κολοράντο, το οποίο διατίθεται για την υδροδότησή του (City of San Diego Water Department, 2006).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση δεν έχει θεσπίσει ενιαία ποιοτικά κριτήρια επαναχρησιμοποίησης νερού. Κύρια αιτία είναι η μεγάλη ανισοκατανομή υδατικών πόρων μεταξύ των χωρών μελών της Ένωσης και η συνεπακόλουθη απροθυμία των κρατών μελών που έχουν πλεονάζοντες πόρους.

Στην Ελλάδα μόλις πρόσφατα θεσπίστηκε νομοθεσία για την επαναχρησιμοποίηση νερού για απεριόριστη άρδευση χώρων πρασίνου (ΦΕΚ Β' 2089, 2008), ενώ δεν υπάρχει σαφές νομικό πλαίσιο για την άρδευση γεωργικών καλλιεργειών. Τα ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση νερού στην Ελλάδα για άρδευση χώρων πρασίνου συνοψίζονται στον Πίνακα 1. Η ελληνική νομοθεσία (την οποία είχε την τιμή να επιμεληθεί ο συγγραφέας ως τότε στέλεχος της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων) βασίζεται κατά ένα μεγάλο μέρος της στην αντίστοιχη νομοθεσία της Πολιτείας της Καλιφόρνιας (California Code of Regulations, 2000), η οποία είναι η πρώτη πε-

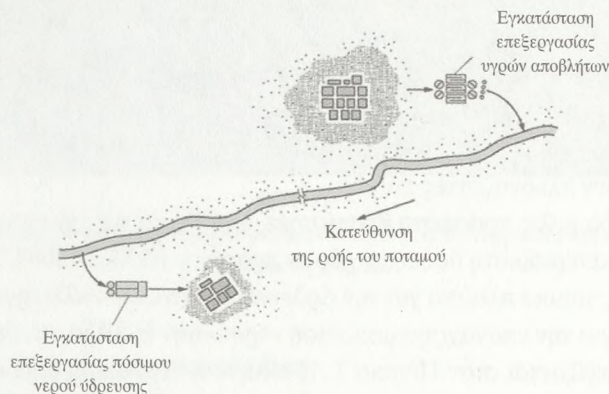
ριοχή όπου εφαρμόστηκαν ποιοτικά κριτήρια επαναχρησιμοποίησης νερού. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα σχετικά ποιοτικά κριτήρια επαναχρησιμοποίησης νερού του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO) είναι ιδιαίτερα χαλαρά και δε συνιστάται αυτούσια εφαρμογή τους στον ευρωπαϊκό χώρο (WHO, 2006).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Ποιοτικά κριτήρια επαναχρησιμοποίησης νερού για απεριορίστη άρδευση χώρων πρασίνου στην Ελλάδα

Ολικά κολοβακτηρίδια (TC)	Άλλες παράμετροι	Απαιτούμενη κατ' ελάχιστο επεξεργασία
$\leq 2/100\text{mL}$ για το 90% των δειγμάτων. Επιπροσθέτως ο αριθμός των ολικών κολοβακτηριδίων δεν πρέπει να ξεπερνά τα 20/100mL σε περισσότερα του ενός δείγματα για οποιοδήποτε συνεχές χρονικό διάστημα 2 μηνών.	$\text{BOD}_5 < 10 \text{ mg/L}$ Αιρούμενα στερεά (SS) $< 10 \text{ mg/L}$	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία και κροκίδωση και διήθηση και απολύμανση. Οι ως άνω επεξεργασίες πρέπει να λαμβάνουν χώρα με τη σειρά που αναγράφονται. Η ταχύτητα διήθησης να μην υπερβαίνει τα 8 μέτρα ανά ώρα κατά τη διάρκεια κανονικής λειτουργίας.

- Η άρδευση μπορεί να γίνει με οποιονδήποτε τρόπο, συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού.
- Για ολικά κολοβακτηρίδια και αιρούμενα στερεά: Τουλάχιστον ένα δείγμα ανά 3 ημέρες.
- Για BOD_5 : Τουλάχιστον ένα δείγμα ανά 7 ημέρες.
- Όλες οι σωληνώσεις, τα εξαρτήματα και οι κρουνοί πρέπει να έχουν ωδές χρώμα.
- Εξαιρέση: Σε μικρά νησιά, που δε διαθέτουν τις απαραίτητες εργαστηριακές υποδομές, οι πιο πάνω αναλύσεις μπορούν να γίνονται μία φορά ανά 7 ημέρες.



ΣΧΗΜΑ 3

Τυπικό σχήμα απόρριψης επεξεργασμένων αποβλήτων σε ποταμό, ανάντη του σημείου υδροληψίας των κατάντη πόλεων.

3.1. Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης νερού

Το ανακτημένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ένα πλήθος εφαρμογών. Ωστόσο, το κάθε νησί έχει τις δικές του ιδιαιτερότητες και ως εκ τούτου απαιτείται ειδικός σχεδιασμός. Οι διάφορες δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης νερού παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Οι κύριες εφαρμογές ανακτημένου νερού στα ελληνικά νησιά αφορούν μη πόσιμες αστικές και αγροτικές χρήσεις και δευτερευόντως εφαρμογές εμπλουτισμού του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα, αφού η βιομηχανική δραστηριότητα είναι γενικά περιορισμένη. Πρέπει να σημειωθεί ότι αν και έχουν επιτευχθεί μεγάλες προόδους σε σχέση με την πόσιμη επαναχρησιμοποίηση του νερού (Gikas and Tchobanoglous, 2008) δε θεωρείται ότι αυτή είναι μια λύση που πρέπει να εξεταστεί τουλάχιστον κατά τη σημερινή χρονική περίοδο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης νερού στα ελληνικά νησιά

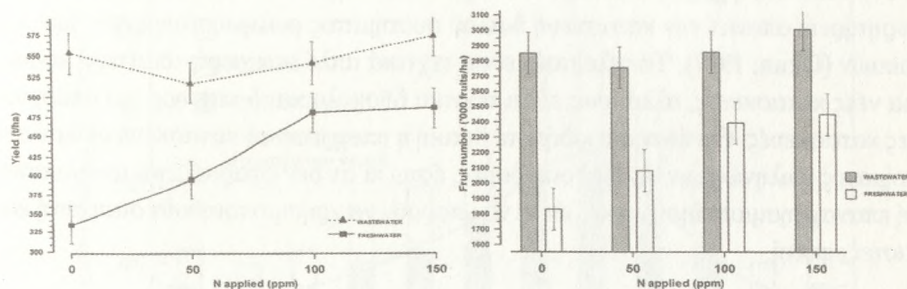
Εφαρμογή	Παρατηρήσεις	Νομικό καθεστώς
Γεωργική άρδευση	Ανακτημένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καλλιέργεια εποχικών λαχανικών και φρούτων καθώς και για την άρδευση δέντρων (π.χ. ελαιόδεντρα). Για λαχανικά που τρώγονται ωμά και για φρούτα που πιθανόν να έρχονται σε άμεση επαφή με το αρδευτικό νερό απαιτείται χρήση υψηλής ποιότητας ανακτημένου νερού.	Εξετάζεται κατά περίπτωση. Απαγορεύεται η χρήση για άρδευση λαχανικών που τρώγονται ωμά, ανεξάρτητα από την ποιότητα του ανακτημένου νερού.
Αστική άρδευση	Το ανακτημένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση χώρων αστικού (κοινόχρηστου ή ιδιωτικού) πράσινου, με οποιονδήποτε τρόπο, συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού.	Υπάρχει σαφές νομικό καθεστώς που το επιτρέπει.
Βιομηχανικές εφαρμογές	Υπάρχουν λίγες ευκαιρίες, λόγω της ουσιαστικής ανυπαρξίας βιομηχανικών υποδομών στα ελληνικά νησιά. Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιήσουν ανακτημένο νερό στο σύστημα ψύξης.	Εξετάζεται κατά περίπτωση. Η ανακύκλωση νερού στη βιομηχανία κατά κανόνα ενθαρρύνεται.

Εφαρμογή	Παρατηρήσεις	Νομικό καθεστώς
Μη πόσιμες αστικές εφαρμογές, εκτός της άρδευσης	Ανακτημένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καζανάκια τουαλετών και ουρητήρων, για πλύση αυτοκινήτων, σε βιομηχανικά πλυντήρια ρούχων και για πυροπροστασία.	Απαγορεύεται από την ισχύουσα νομοθεσία.
Περιβαλλοντικές εφαρμογές και εφαρμογές για αναψυχή	Αφορά τη δημιουργία χώρων αναψυχής με έντονο το υδατικό στοιχείο. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να δοθεί η δέουσα προσοχή ώστε να μην αλλοιωθεί το κατά κανόνα ξερικό περιβάλλον των νησιών.	Ασαφές νομικό καθεστώς.
Εμπλουτισμός υδροφορέων	Υψηλής ποιότητας ανακτημένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εμπλουτισμό υδροφορέων και για εξυγίανση αλμυρωμένων υδροφορέων.	Εξετάζεται κατά περίπτωση, αλλά δε θεωρείται πιθανό να επιτραπεί η χρήση σε πόσιμους υδροφορείς, ανεξάρτητα από το βαθμό επεξεργασίας του ανακτημένου νερού.
Επαύξηση των επιφανειακών υδάτων (έμμεση πόση)	Εισαγωγή υψηλής ποιότητας ανακτημένου νερού σε δεξαμενές αποθήκευσης πόσιμου νερού και ανάμειξη με άλλα πόσιμα ύδατα. Ωστόσο, αυτή η δυνατότητα θα μπορούσε να μελετηθεί αφού έχουν εξαντληθεί όλες όσες αναφέρονται πιο πάνω.	Απαγορεύεται από την ισχύουσα νομοθεσία.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση νερού δεν εφαρμόζεται συστηματικά στα ελληνικά νησιά (Tsagarakis et al., 2001) και μία από τις κύριες αιτίες είναι η μέχρι πρόσφατα έλλειψη σαφούς νομικού πλαισίου. Αν και το θέμα διευθετήθηκε προ διετίας όσον αφορά την αστική επαναχρησιμοποίηση (Πίνακας 1), απομένει να γίνουν πολλά σχετικά με την αγροτική επαναχρησιμοποίηση, η οποία έχει τη δυνατότητα να απορροφήσει όλο το νερό που μπορεί θεωρητικά να ανακτηθεί. Σύμφωνα με το ισχύον νομικό καθεστώς, άρδευση αγροτικών καλλιέργειών μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε περιφραγμένες καλλιέργειες, μη προσβάσιμες στο κοινό, ανεξάρτητα από την ποιότητα του ανακτημένου νερού (Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας, 1983, Υπουργείο Κοινωνικών Υπηρεσιών, 1965). Αρκετά νησιά εξετάζουν σήμερα τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης νερού στο πλαίσιο της ισχύουσας νομοθεσίας.

Οι κυριότερες δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης νερού στα ελληνικά νησιά εξετάζονται πιο κάτω:

Γεωργικές εφαρμογές Οι αγροτικές δραστηριότητες τελευταία έχουν περιοριστεί σημαντικά στα ελληνικά νησιά, αφού η ενασχόληση με τον τουρισμό αποφέρει συνήθως μεγαλύτερα έσοδα. Ένας λόγος για την παρατηρούμενη ύφεση στον αγροτικό τομέα είναι και η έλλειψη νερού. Αν υπήρχε νερό σε ανταγωνιστική τιμή, τότε θα ήταν δυνατό να υπάρξει ενδιαφέρον για τη γεωργία, αφού τα τοπικά γεωργικά προϊόντα εκτιμώνται ιδιαίτερα τόσο από τους ντόπιους όσο και από τους επισκέπτες, οι οποίοι είναι διατεθειμένοι να τα αγοράσουν σε πιο υψηλές τιμές από ό,τι τα εισαγόμενα. Αν ληφθεί επίσης υπόψη ότι τα εισαγόμενα προϊόντα επιβαρύνονται με το κόστος μεταφοράς, τότε φαίνεται ότι η γεωργία στα νησιά έχει μέλλον. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η γεωργία μπορεί να ωφεληθεί από την πιθανή περιεκτικότητα του ανακτημένου νερού σε φωσφόρο και άζωτο, τα οποία είναι απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών (Gori et al., 2004, Papadopoulos and Savvides, 2002, Kalavrouziotis et al., 2010, Σχήμα 4). Η απόφαση για το κατά πόσο πρέπει να απομακρυνθούν τα πιο πάνω στοιχεία από το ανακτημένο νερό είναι συνάρτηση της τοπικής νομοθεσίας και του πιθανού κινδύνου να επιβαρυνθεί ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας.



ΣΧΗΜΑ 4

Παραγωγή μελιτζάνας (αριστερά σε tn/ha, δεξιά σε χιλιάδες καρπούς ανά ha) σε συνάρτηση με την προσθήκη αζώτου. Σε κάθε περίπτωση παρατηρείται αυξημένη παραγωγικότητα όταν το νερό αντικαθιστάται από ανακτημένα νηρά απόβλητα (από: Papadopoulos and Savvides, 2002).

Αστική άρδευση Με τη δημιουργία νέων παραθεριστικών κατοικιών και ξενοδοχείων στα ελληνικά νησιά, είναι φυσικό να υπάρχουν αυξημένες ανάγκες ύδρευσης για άρδευση χώρων πρασίνου. Η χρήση πόσιμου νερού για την κάλυψη των πιο πάνω αναγκών είναι γενικά αντίθετη στην αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης και δεν μπο-

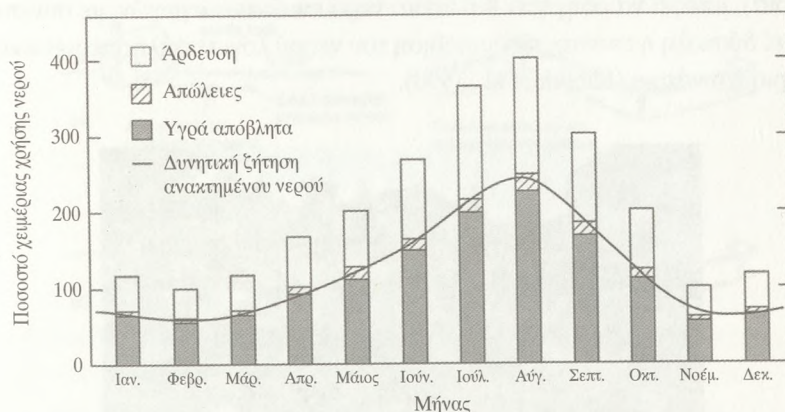
ρεί ουσιαστικά να γίνει με άλλο τρόπο παρά με τη μεταφορά νερού ή με την παραγωγή περισσότερου αφαλατωμένου νερού ή, τέλος, με την κατασκευή φραγμάτων για τη δημιουργία τεχνητών λιμνοδεξαμενών. Ωστόσο, το νερό που παράγεται με τις προαναφερθείσες μεθόδους είναι υψηλότερης ποιότητας από αυτή που απαιτείται για πότισμα και, όπως θα δειχθεί πιο κάτω, σαφώς μεγαλύτερου κόστους. Είναι πλέον αποδεκτό ότι οι αστικές αρδευτικές ανάγκες μπορούν να καλυφθούν με χρήση ανακτημένου νερού (Lazarova and Bahri, 2005). Ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση νερού σε τοπικό επίπεδο θα βοηθήσει στη μείωση της ανάγκης μεταφοράς νερού με άντληση, η οποία είναι κατά κανόνα δαπανηρή (Gikas and Tchobanoglous, 2009). Τέλος, η γνώση ότι το νερό επαναχρησιμοποιείται τοπικά αναμένεται να ευαισθητοποιήσει τις τοπικές αρχές σχετικά με την ανάγκη σωστής λειτουργίας και συντήρησης των σχετικών εγκαταστάσεων, γεγονός που θα οδηγήσει σε παραγωγή ακόμη καλύτερης ποιότητας νερού. Όπως και για την αγροτική επαναχρησιμοποίηση, δεν απαιτείται η ολοσχερής απομάκρυνση φωσφόρου και αζώτου για εφαρμογές αστικής άρδευσης.

Μη πόσιμες αστικές χρήσεις Οι μη πόσιμες αστικές χρήσεις ανακτημένου νερού (πέρα από την αστική άρδευση) περιλαμβάνουν τη χρήση σε καζανάκια τουαλετών και ουρητήρων, το πλύσιμο αυτοκινήτων και ρούχων σε επαγγελματικά πλυντήρια και την αποθήκευση νερού για λόγους πυροπροστασίας (Hurlimann and McKay, 2007). Ωστόσο, η χρήση ανακτημένου νερού στα καζανάκια των τουαλετών και των ουρητήρων απαιτεί την κατασκευή διπλού συστήματος σωληνώσεων εντός των κατοικιών (Okun, 1997). Το τελευταίο είναι τεχνικά απλό και χωρίς ιδιαίτερο κόστος για νέες κατασκευές, αλλά ίσως είναι τεχνικά δύσκολο και δαπανηρό για υπάρχουσες κατασκευές. Θα ήταν οπωσδήποτε θετική η υποχρεωτική κατασκευή διπλού συστήματος σωληνώσεων σε νέες οικοδομές, έστω κι αν δεν εφαρμόζεται ακόμα αστική επαναχρησιμοποίηση νερού, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν αυτή καταστεί εφικτή.

Φόρτιση υδροφορέων Οι υδροφόροι ορίζοντες στα ελληνικά νησιά (με εξαίρεση ίσως τα μεγαλύτερα) είναι κατά κανόνα μικροί και βρίσκονται πολύ κοντά στην πλήρη εξάντληση. Η εισβολή θαλάσσιου ύδατος είναι σύννηθες φαινόμενο, με συνέπεια πολλοί από αυτούς να αποδίδουν υφάλμυρο νερό (Spilotro et al., 2002). Η επαναφόρτιση των προβληματικών υδροφορέων μπορεί να συμβάλει στην εξυγίανσή τους, ωθώντας πίσω τα θαλασσινά άλατα (Masciopinto and Carrieri, 2002). Επιπλέον, οι υπόγειοι υδροφορείς μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φυσικές αποθήκες νερού, το οποίο θα μπορεί να αντλείται και να χρησιμοποιείται κατά περίπτωση (De Fao et al., 2007, Sheng, 2005).

3.2. Ζήτηση σε σχέση με τη διαθεσιμότητα νερού

Η χρήση νερού στα ελληνικά νησιά χαρακτηρίζεται από μεγάλη ζήτηση κατά τη θερινή περίοδο. Κατά την περίοδο αυτή, τα εργοστάσια αφαλάτωσης λειτουργούν στο μέγιστο της δυναμικότητάς τους, η άντληση νερού από τον υδροφόρο ορίζοντα εντείνεται, ενώ τα υδροφόρα πλοία κάνουν συνεχή δρομολόγια. Συνεπώς και η παραγωγή υγρών αποβλήτων μεγιστοποιείται κατά την ίδια περίοδο, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα τη δυνατότητα άμεσης απορρόφησης του ανακτημένου νερού για κάλυψη των αναγκών γεωργικής και αστικής άρδευσης. Η ταύτιση της περιόδου ζήτησης ανακτημένου νερού με την περίοδο παραγωγής του είναι ομολογουμένως μια ειδική περίπτωση που ευνοεί την επαναχρησιμοποίηση στα ελληνικά νησιά. Στις περισσότερες περιπτώσεις παρατηρείται περίσσεια ανακτημένου νερού κατά τη φθινοπωρινή και τη χειμερινή περίοδο, ενώ μέγιστη ζήτηση καταγράφεται κατά το θέρος οπότε και δημιουργείται η ανάγκη αποθήκευσης του ανακτημένου νερού. Η σχετική ταύτιση της παραγωγής ανακτημένου νερού με τη ζήτηση στα ελληνικά νησιά έχει σαν αποτέλεσμα το σημαντικό περιορισμό κατασκευής δαπανηρών εγκαταστάσεων αποθήκευσης νερού. Η μηνιαία παραγωγή υγρών αποβλήτων σε σχέση με τη δυνητική χρήση ανακτημένου νερού για τα ελληνικά νησιά απεικονίζεται στο Σχήμα 5, από όπου είναι εμφανής η ταύτιση της ζήτησης ανακτημένου νερού με την παραγωγή υγρών αποβλήτων.



ΣΧΗΜΑ 5

Σχετική μηνιαία κατανάλωση νερού και ζήτηση ανακτημένου νερού στα ελληνικά νησιά
Τα δεδομένα έχουν συλλεχθεί από διάφορες επιχειρήσεις ύδρευσης-αποχέτευσης των ελληνικών νησιών.

4. Απαιτούμενες υποδομές

Η ελάχιστη υποδομή που απαιτείται για την ανάκτηση νερού συνίσταται i) στο σύστημα συλλογής των υγρών αποβλήτων, ii) στην εγκατάσταση επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων ανάκτησης, ανάλογα με την επιθυμητή ποιότητα, iii) στις διατάξεις αποθήκευσης του ανακτημένου νερού και iv) στο δίκτυο διανομής.

4.1. Δίκτυο συλλογής υγρών αποβλήτων

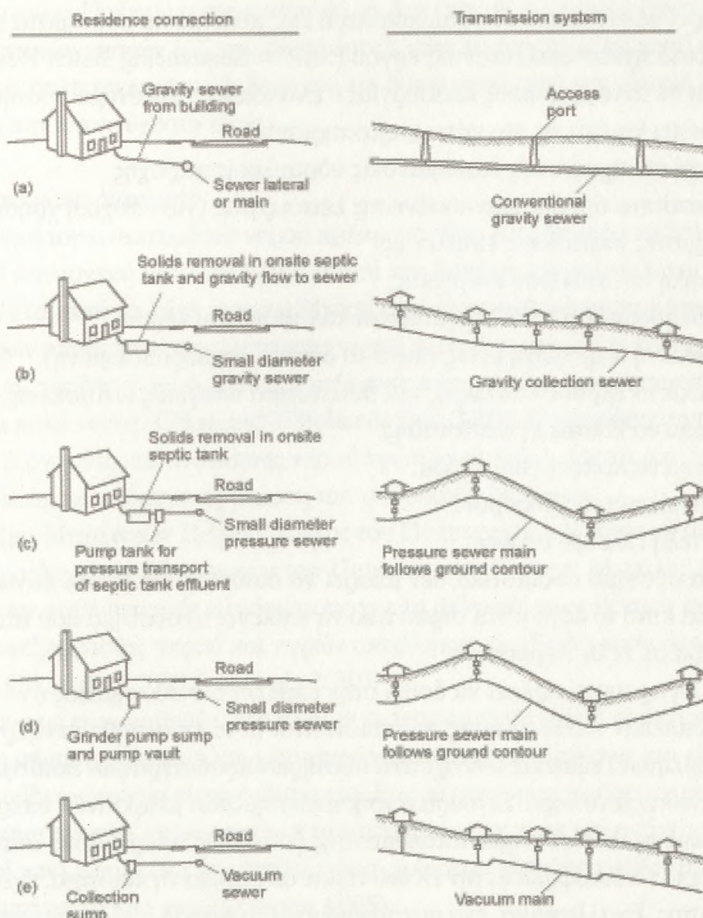
Σήμερα υπάρχει κυρίως περιορισμένο δίκτυο αποχέτευσης, το οποίο εξυπηρετεί το κέντρο των μεγαλύτερων οικισμών των νησιών. Πολλές οικίες και μικρά ή μεσαία ξενοδοχεία συνήθως αποχετεύουν σε απορροφητικούς βόθρους, ενώ τα περισσότερα μεγάλα ξενοδοχειακά συγκροτήματα διαθέτουν κατά κανόνα αυτόνομο σύστημα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Το αποχετευτικό δίκτυο, όπου υπάρχει, είναι βαρυντικού τύπου και κατά συνέπεια πάσχει είτε από διεισδυση υδάτων είτε από απώλεια υδάτων προς το έδαφος (Zessner et al., 2007). Και τα δύο τελευταία φαινόμενα μπορεί να έχουν ιδιαίτερα αρνητικές συνέπειες: το δεύτερο γιατί ενέχει τον κίνδυνο ρύπανσης του υδροφόρου ορίζοντα και το πρώτο γιατί αυξάνει την υδραυλική παροχή στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Ειδικά στις περιπτώσεις που το δίκτυο είναι κατασκευασμένο κοντά στην ακτή (συνηθισμένη πρακτική στα νησιά), μπορεί να οδηγήσει θαλάσσιο νερό εντός των αγωγών, με συνέπεια να καταστεί δύσκολη η επαναχρησιμοποίηση του νερού λόγω υψηλής περιεκτικότητας σε χλωριούχο νάτριο (Sheikh et al., 1990).



ΦΩΤΟ 7

Διάνοιξη τάφρου για τοποθέτηση εναλλακτικού (μη βαρυντικού) αγωγού αποχέτευσης.

Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μη βαρυτικά δίκτυα συλλογής (US-EPA, 2002), τα οποία εμφανίζουν μια σειρά από πλεονεκτήματα. Αυτά συνίστανται στο κατά τεκμήριο χαμηλότερο κόστος, στη δυνατότητα οδευσης σε ανωφέρεις χωρίς άντληση, στη σημαντικά μικρότερη όχληση κατά την κατασκευή τους (φωτό 7) και τέλος στην απάλειψη των φαινομένων της διείσδυσης και απώλειας (όπως περιγράφονται στην προηγούμενη παράγραφο). Διάφορα εναλλακτικά συστήματα αποχέτευσης φαίνονται στο Σχήμα 6.



ΣΧΗΜΑ 6

Εναλλακτικά συστήματα αποχέτευσης: (α) συμβατικό βαρυτικό δίκτυο, (β) βαρυτικό δίκτυο με χρήση στεγανού βάθρου, (γ) πιεστικό δίκτυο με χρήση στεγανού βάθρου, (δ) πιεστικό δίκτυο με χρήση αντλίας βορβορόου και (ε) δίκτυο αερνητικής πίεσης.

4.2. Συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και ανάκτησης νερού

Σήμερα είναι διαθέσιμη μεγάλη γκάμα συστημάτων επεξεργασίας και ανάκτησης νερού. Είναι σύνηθες αρχικά να κατασκευάζεται το σύστημα επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, ώστε αυτά να μπορούν να απορροφηθούν στον εγκεκριμένο αποδέκτη, και σε δεύτερη φάση να κατασκευάζεται το τριτογενές σύστημα ανάκτησης νερού. Η επιλογή της διάταξης επεξεργασίας είναι συνάρτηση του μεγέθους του εξυπηρετούμενου πληθυσμού και της επιθυμητής ποιότητας επεξεργασμένου αποβλήτου. Στις περιπτώσεις που πρόκειται να εξυπηρετηθεί κάποιος απομονωμένος οικισμός ή ξενοδοχείο, προτιμώνται αυτόνομα συστήματα μικρής κλίμακας (compact). Αυτά μπορεί να είναι από ένα χαλικόφιλτρο έως πολύπλοκα συστήματα μεμβρανών ή αλληλοδιαδοχικού διαλείποντος έργου (SBR = Sequencing Batch Reactors) που βασίζονται σε αυτοματισμούς λειτουργίας. Ένα ιδανικό αυτόνομο σύστημα επεξεργασίας πρέπει να έχει τα πιο κάτω χαρακτηριστικά:

- Ανοχή σε σημαντικές διακυμάνσεις υδραυλικής παροχής.
- Δυνατότητα άμεσης επανεκκίνησης λειτουργίας (για εποχική χρήση).
- Ελάχιστες απαιτήσεις επίβλεψης.
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.
- Σταθερή ποιότητα επεξεργασμένου/ανάκτημένου νερού.
- Μειωμένη παραγωγή ιλύος (κατά το δυνατό σταθεροποιημένη).
- Μειωμένο εμβαδόν κάλυψης και δυνατότητα υπόγειας κατασκευής.
- Μειωμένο κόστος εγκατάστασης.
- Μειωμένα λειτουργικά έξοδα.
- Χαμηλό επίπεδο θορύβου.
- Παντελή έλλειψη οσμών.

Κανένα σύστημα ουσιαστικά δεν μπορεί να διαθέτει όλα τα πιο πάνω χαρακτηριστικά. Για αυτό το λόγο είναι σημαντικό να επιλεγεί το σύστημα που ταιριάζει καταλλήλότερα σε κάθε περίπτωση.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην επιλογή του συστήματος ανάκτησης νερού (της επιπλέον επεξεργασίας που απαιτείται μετά τη συνήθη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων) εξαιτίας των σχετικά αυστηρών προδιαγραφών ποιότητας που διέπουν το ανακτημένο νερό. Σίγουρα η χρήση συστημάτων μεμβρανών υπεριδιήθησης, ακολουθούμενη από σύστημα απολύμανσης [συνήθως υπεριώδους ακτινοβολίας (UV)], μπορεί να διασφαλίσει την εκ του νόμου απαιτούμενη ποιότητα, έχει όμως αυξημένο κόστος. Εναλλακτικά, ένα σωστά επιλεγμένο φίλτρο (φιλτράπανο ή αμμόφιλτρο), ακολουθούμενο από υψηλή δόση υπεριώδους ακτινοβολίας ή όζοντος, μπορεί να παράσχει παρόμοιας ποιότητας νερό σε σημαντικά χαμηλότερο κόστος. Πρέπει να σημειωθεί ότι η νομοθεσία επιβάλλει τη χρήση χλωρίου ως μέσο απολύμανσης (Υπουργείο Κοινωνικών Υπηρεσιών, 1965).

4.3. Αποθήκευση ανακτημένου νερού

Το κόστος των δεξαμενών αποθήκευσης είναι συγκριτικά μεγάλο σε σχέση με τα λοιπά κόστη, λόγω του μεγάλου όγκου νερού που πρέπει να αποθηκευτεί για μακρό χρονικό διάστημα. Εξαιτίας της ιδιαιτερότητας της ζήτησης νερού σε σχέση με την παραγωγή υγρών αποβλήτων (Σχήμα 5), ουσιαστικά δεν απαιτούνται δεξαμενές αποθήκευσης, παρά μόνο δεξαμενές εξισορρόπησης της παροχής. Το τελευταίο, εκτός του μειωμένου κόστους, έχει σαν συνέπεια την παροχή υψηλής ποιότητας ανακτημένου νερού, αφού η μακροχρόνια αποθήκευση επιδεινώνει την ποιότητά του (κυρίως εξαιτίας ανάπτυξης άλγewn). Για τον ίδιο λόγο δεν απαιτείται η χρήση μεγάλων ποσοτήτων χλωρίου. Πρέπει να σημειωθεί ότι αν δεν έχει γίνει απομάκρυνση των ανόργανων θρεπτικών ουσιών (άζωτο, φωσφόρος), τότε το ανακτημένο νερό πρέπει να αποθηκευτεί σε σκεπασμένες δεξαμενές, μη διαπερατές από την ηλιακή ακτινοβολία (για να μην αναπτυχθούν άλγη).

4.4. Συστήματα διανομής

Η διανομή του ανακτημένου νερού πρέπει να γίνει από ξεχωριστό δίκτυο σωληνώσεων. Η κατασκευή και λειτουργία αυτού του δικτύου μπορεί να είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Για αυτό το λόγο, η χωροθέτηση αποκεντρωμένων συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και ανάκτησης νερού μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στη μείωση αυτής της δαπάνης, αφού τα σημεία ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης θα βρίσκονται πολύ κοντά (Gikas and Tchobanoglous, 2009). Η χωροθέτηση των συστημάτων επεξεργασίας και ανάκτησης νερού πρέπει να γίνεται έπειτα από εμπειριστωμένη μελέτη, με γνώμονα τη μείωση των συνολικών δαπανών.

Το Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης σε συνεργασία με το Τμήμα Χημικών Μηχανικών του University College της Μεγάλης Βρετανίας αναπτύσσουν μαθηματικούς αλγόριθμους για τη βέλτιστη χωροθέτηση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας νερού και υγρών αποβλήτων με εξειδίκευση σε νησιωτικές περιοχές (Gikas et al. 2009, Liu et al., 2010).

Σύμφωνα με τη νομοθεσία, όλο το δίκτυο ανακτημένου νερού πρέπει να διαθέτει κατάλληλη σήμανση και να είναι κατασκευασμένο από σωληνώσεις και εξαρτήματα σε χρώμα ιώδες, ώστε να είναι ευδιάκριτο. Στις περιπτώσεις που το ανακτημένο νερό θα χρησιμοποιηθεί εντός οικιών ή καταστημάτων (π.χ. σε καζανάκια τουαλετών και ουρητήρων), μπορεί να προστεθεί ειδική χρωστική ώστε να καθίσταται απόλυτα διακριτό από το πόσιμο νερό (Zavoda, 2005).

5. Συγκριτικό κόστος νερού στα νησιά

Όπως για κάθε δραστηριότητα ή έργο, το κόστος λειτουργίας έχει τουλάχιστον δύο

πτυχές, την οικονομική και την περιβαλλοντική. Η περιβαλλοντική πτυχή του εφοδιασμού των νησιών με νερό θα εξεταστεί πιο κάτω. Σε αυτή την παράγραφο εξετάζεται η οικονομική πτυχή, συγκρίνοντας τρεις διαφορετικές δυνατότητες: την αφαλάτωση, τη μεταφορά από την ηπειρωτική Ελλάδα με υδροφόρα πλοία και την ανάκτηση. Να σημειωθεί ότι υπάρχουν και άλλες δυνατότητες οι οποίες δεν εξετάζονται, επειδή είναι ειδικές και το κόστος τους επηρεάζεται από τοπικές ιδιαιτερότητες. Σε αυτές περιλαμβάνονται η συλλογή ομβρίων υδάτων, η μεταφορά νερού με υποθαλάσσιο αγωγό, η αφαλάτωση υφάλμυρου νερού και η αξιοποίηση τυχόν υποθαλασσίων πηγών γλυκού ύδατος. Σε κάθε περίπτωση, μελέτες που αφορούν συγκεκριμένα νησιά πρέπει να λάβουν υπόψη και να αξιολογήσουν όλες τις εναλλακτικές λύσεις.

Στον Πίνακα 3 έχουν καταγραφεί οι υποδομές που έχουν ληφθεί υπόψη για τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής νερού με τις τρεις προαναφερθείσες μεθόδους. Τα σχετικά κόστη δίνονται στον Πίνακα 4, ως συνάρτηση της δυναμικότητας των υποδομών παραγωγής. Τα σχετικά κόστη έχουν εκτιμηθεί βάσει σχετικής βιβλιογραφίας (American Water Works Association, 2006, Avlonitis, 2002, Bicak and Jenkins, 2000, European Commission Directorate-General for Energy and Transport, 2001, Karagiannis and Soldatos, 2007, Richard et al., 1992).

Είναι προφανές ότι εγκαταστάσεις με αυξημένη δυναμικότητα έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση του μοναδιαίου κόστους παραγωγής. Το επαναχρησιμοποίησιμο νερό υποδιαιρείται σε δύο κατηγορίες. Η «Περίπτωση 1» αφορά την ανάκτηση για παραγωγή αρδευτικού νερού και η «Περίπτωση 2» αφορά την ανάκτηση για παραγωγή νερού για αστικές μη πόσιμες και μη αρδευτικές χρήσεις (π.χ. για πλύση τουαλετών και ουρητήρων). Επιπλέον, για κάθε κατηγορία ανακτημένου νερού δίνονται δύο κλίμακες κόστους. Η μία αφορά το κόστος ανάκτησης, ενώ η δεύτερη συμπεριλαμβάνει επιπλέον το κόστος αποθήκευσης (3 ημέρες) και διανομής, αφού απαιτείται ξεχωριστό δίκτυο από αυτό της ύδρευσης (το μήκος του δικτύου διανομής έχει εκτιμηθεί με βάση τη δυναμικότητα). Πρέπει να σημειωθεί ότι η ποιότητα των νερών δεν είναι ισοδύναμη, αφού το ανακτημένο νερό δεν είναι πόσιμο. Είναι όμως απολύτως κατάλληλο για τις απαιτούμενες χρήσεις.

Τέλος, στον Πίνακα 5 δίνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις για την παραγωγή ενός κυβικού μέτρου νερού ως συνάρτηση της διεργασίας και της δυναμικότητας των εγκαταστάσεων. Από τον Πίνακα 5 είναι εμφανές ότι η μεταφορά νερού με υδροφόρα πλοία είναι η πλέον ενεργοβόρα λύση, ακολουθούμενη από τη διεργασία της αφαλάτωσης. Η ανάκτηση νερού είναι σε κάθε περίπτωση, και με σημαντική διαφορά, η πιο οικονομική λύση, ακόμη και στην περίπτωση που συνυπολογιστούν η κατασκευή και η λειτουργία ξεχωριστού δικτύου διανομής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Βασικές υποδομές που απαιτούνται για τις διάφορες μεθόδους παροχής νερού σε ελληνικά νησιά που διαθέτουν δίκτυο ύδρευσης

Προέλευση	Υποδομές
Αφαλάτωση [με αντίστροφη όσμωση (RO)]	Άντληση, προεπεξεργασία, μικροδιήθηση, προσθήκη χημικών, αντίστροφη όσμωση, προσθήκη χημικών (μετά την επεξεργασία), άντληση, μεταφορά στο δίκτυο ύδρευσης.
Μεταφορά με υδροφόρα πλοία	Επεξεργασία νερού στην πηγή (ή μετά τη μεταφορά), άντληση στο υδροφόρο πλοίο, υδροφόρο πλοίο, εγκαταστάσεις ελλιμενισμού (και στις δύο ακτές), άντληση, αποθήκευση.
Ανάκτηση* Περίπτωση 1 (αγροτική ή αστική άρδευση)	Προσθήκη χημικών (κροκίδωση), διήθηση (φιλτράκινο ή αμμόφιλτρο), απολύμανση, μεταφορά, αποθήκευση, δίκτυο διανομής.
Ανάκτηση* Περίπτωση 2: (πλύση τουαλετών και ουρητήρων)	Προσθήκη χημικών (κροκίδωση), διήθηση (φιλτράκινο), υπερδιήθηση, απολύμανση, μεταφορά, αποθήκευση, δίκτυο διανομής.

* Επιπρόσθετες υποδομές που απαιτούνται μετά τη συνήθη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Κόστος νερού ανά κυβικό μέτρο, για τρεις εναλλακτικές διεργασίες, ως συνάρτηση της δυναμικότητας. Στα κόστη συμπεριλαμβάνονται: κεφαλαιουχικό κόστος, απόσβεση, ενεργειακό κόστος, κόστος λειτουργίας και συντήρησης

Υδραυλική παροχή (m ³ /d)	Κόστος σε ευρώ ανά κυβικό μέτρο (€/m ³)			
	Αφαλάτωση	Μεταφορά	Ανάκτηση (μετά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων)*	
			Περίπτωση 1	Περίπτωση 2
100-1.000	1,50-3,50	5-7	0,25-0,35/ 0,75-1,35	0,35-0,52/ 0,80-1,50
1.000-2.500	1-2	5-6	0,15-0,20/ 0,60-0,75	0,22-0,30/ 0,70-0,85
2.500-5.000	0,75-1,25	4-6	0,15-0,18/ 0,65-0,75	0,22-0,27/ 0,75-0,85

* Για την ανάκτηση νερού, η πάνω σειρά αντιστοιχεί στο κόστος επεξεργασίας, ενώ η κάτω στο κόστος επεξεργασίας, άντλησης, αποθήκευσης και διανομής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Ενεργειακές απαιτήσεις ανά κυβικό μέτρο παραγόμενου νερού, ως συνάρτηση της διεργασίας και της ογκομετρικής παροχής

Ογκομετρική παροχή (m ³ /d)	Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ³)			
	Αφαλάτωση	Μεταφορά	Ανάκτηση (μετά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων)*	
			Περίπτωση 1	Περίπτωση 2
100-1.000	5-10	12-16	0,08-0,15/ 0,11-0,18	0,10-0,20/ 0,13-0,23
1.000-2.500	4-5	6-10	0,08-0,12/ 0,11-0,15	0,10-0,15/ 0,13-0,18
2.500-5.000	3,5-4	5-8	0,05-0,10/ 0,08-0,13	0,06-0,12/ 0,09-0,15

* Για την ανάκτηση νερού, η πάνω σειρά αντιστοιχεί στο κόστος επεξεργασίας, ενώ η κάτω στο κόστος επεξεργασίας, άντλησης, αποθήκευσης και διανομής.

6. Οφέλη από τη χρήση/επαναχρησιμοποίηση νερού

Τα οφέλη από την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση νερού μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά. Πιο κάτω εξετάζεται το οικονομικό όφελος, η εξοικονόμηση ενέργειας, οι επιπτώσεις στο αποτύπωμα του άνθρακα και η γενική βιωσιμότητα των διαφόρων εναλλακτικών λύσεων, όπως αυτές αναπτύχθηκαν πιο πάνω.

6.1. Κόστος

Όπως φαίνεται από την πιο πάνω ανάλυση, το ανακτημένο νερό έχει το μικρότερο οικονομικό κόστος ανά μονάδα όγκου, παρ' ότι απαιτείται η κατασκευή ξεχωριστού δικτύου διανομής. Η ποιότητα του παραγόμενου ανακτημένου νερού μπορεί να βελτιωθεί επιπλέον με χρήση της κατάλληλης τεχνολογίας, ωστόσο δε δικαιολογείται το έξτρα κόστος για παραγωγή νερού υψηλότερης ποιότητας από αυτή που ουσιαστικά απαιτείται για συγκεκριμένες εφαρμογές. Αν το ανακτημένο νερό προορίζεται για αρδευτικές εφαρμογές, τότε μπορεί να μην είναι αναγκαία η απομάκρυνση των ανόργανων θρεπτικών ουσιών (άζωτο, φωσφόρος), αφού αυτά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως λίπασμα.

6.2. Εξοικονόμηση ενέργειας και αποτύπωμα άνθρακα

Τα ελληνικά νησιά δεν είναι συνδεδεμένα στο ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο (με εξαίρεση νησιά που βρίσκονται κοντά στην ακτή). Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στα ελληνικά νησιά είναι σημαντικά μεγαλύτερο από ό,τι στην ηπειρωτική Ελλάδα, αφού συνήθως παράγεται από μικρές μονάδες με καύση μαζούτ (οι ανεμογεννήτριες και τα φωτοβολταϊκά που έχουν τελευταία αρχίσει να χρησιμοποιούνται βελτιώνουν την κατάσταση, αλλά δε δύνανται να απεξαρτήσουν τελείως τα νησιά από τους υγρούς υδρογονάνθρακες). Κατά τη θερινή περίοδο τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργούν στο μέγιστο και σε πολλές περιπτώσεις η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από τη δυναμικότητά τους. Από την πιο πάνω ανάλυση, είναι εμφανές ότι το ανακτημένο νερό απαιτεί λιγότερη ενέργεια σε σχέση με το αφαλατωμένο· οπότε, η χρήση ανακτημένου νερού (για τις εφαρμογές που είναι συμβατό) αντί του αφαλατωμένου θα απελευθερώσει πολύτιμη ενέργεια για άλλες εφαρμογές.

Ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα μιας διεργασίας πρέπει να λαμβάνει υπόψη όλο τον κύκλο ζωής των υλικών και όλες τις διεργασίες παραγωγής, λειτουργίας και απόρριψης ή ανακύκλωσης (στο τέλος της ζωής) (Padgett et al., 2008). Εδώ γίνεται σύγκριση μόνο των αποτυπωμάτων άνθρακα που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα παραγωγής νερού. Από τον Πίνακα 5 είναι εμφανές ότι το ανακυκλωμένο νερό απαιτεί σημαντικά μικρότερη κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα παραγόμενου όγκου. Επιπλέον, αν ληφθεί υπόψη ότι τόσο η παραγωγή ενέργειας στα νησιά όσο και η κίνηση των πλοίων βασίζεται σε καύση ορυκτών υδρογονανθράκων, τότε γίνεται αντιληπτό ότι η υποκατάστασή τους με ανακτημένο νερό θα συντελέσει στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα.

6.3. Βιώσιμη ανάπτυξη

Εξ ορισμού, η βιώσιμη ανάπτυξη περιλαμβάνει την ανακύκλωση υλικών, όπου αυτό είναι δυνατό. Επιπλέον, η ανακύκλωση πρέπει να γίνεται με το ελάχιστο περιβαλλοντικό κόστος και με την κατά το δυνατό ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας (Sala and Serra, 2004). Τα επεξεργασμένα απόβλητα έχουν ήδη περάσει από το πρώτο στάδιο επεξεργασίας (ώστε να δύνανται να απορριφθούν) και άρα απαιτείται μόνο επιπρόσθετη επεξεργασία για να καταστούν επαναχρησιμοποιήσιμα. Από κάθε άποψη, η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων έχει το μικρότερο περιβαλλοντικό κόστος, σε σύγκριση με τις εναλλακτικές λύσεις που εξετάστηκαν, εφόσον έχει γίνει σωστά. Ως εκ τούτου, ανακτημένο νερό πρέπει να προτιμάται για χρήσεις που δεν απαιτούν νερό πόσιμης ποιότητας (Okun, 2000).

Η επαναχρησιμοποίηση νερού εμπεριέχει μικρό, αλλά μη αμελητέο κίνδυνο μόλυνσης του τελικού χρήστη (Asano, 2001, Devaux et al., 2001). Για αυτό το λόγο οι χρήστες ανακτημένου νερού πρέπει να είναι ενημερωμένοι σε θέματα ασφαλούς χρή-

σης (Tsagarakis, 2005). Ιδιαίτερη επιμόρφωση πρέπει παρέχεται στους υδραυλικούς που θα ασχοληθούν με ανακτημένο νερό. Επίσης, πρέπει το δίκτυο να έχει την κατάλληλη σήμανση, σε διάφορες γλώσσες, ώστε να αποφευχθεί η περίπτωση χρησιμοποίησης ανακτημένου νερού σε πόσιμες εφαρμογές. Είναι σημαντικό οι πρώτες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού να γίνουν με την απαραίτητη επιμέλεια, αφού σε περίπτωση αποτυχίας ελλοχεύει ο κίνδυνος της αποστροφής του κοινού, με αποτέλεσμα κάθε επόμενη προσπάθεια να μη βρίσκει την κοινή γνώμη σύμφωνη.

Τέλος, εκτός από τις εμφανείς θετικές οικονομικές και ενεργειακές συνέπειες που έχει η επαναχρησιμοποίηση του νερού, αναμένεται να έχει και σημαντικές θετικές κοινωνικές συνέπειες. Συχνά, η όχι αδικαιολόγητη άρνηση των τοπικών κοινωνιών να αποδεχτούν την κατασκευή έργων τουριστικής υποδομής έχει να κάνει με την έλλειψη νερού, ώστε να υποστηριχθούν οι υποδομές χωρίς παράλληλη μείωση του νερού που απολαμβάνουν οι μόνιμοι κάτοικοι (φωτό 8). Η χρήση ανακτημένου νερού μπορεί να καταστήσει βιώσιμες τέτοιες δράσεις, χωρίς να δημιουργήσει πρόβλημα λειψυδρίας. Επίσης, αναμένεται ότι η χρήση ανακυκλωμένου νερού θα αναβαθμίσει την ψυχολογική κατάσταση των νησιωτών, αφού θα τους τονώσει το συναίσθημα αυτάρκειας (δε θα αναμένουν με αγωνία το πλοιάριο να τους φέρει νερό, ούτε θα αγωνιούν στον ίδιο βαθμό μήπως γίνει διακοπή στην παροχή ηλεκτρικού ρεύματος λόγω υπερφόρτωσης του δικτύου). Επίσης, η επαναχρησιμοποίηση του νερού αναμένεται να ευαισθητοποιήσει τους κατοίκους των νησιών και πιθανό να γίνει εφαλτήριο για αναζήτηση βιώσιμων λύσεων και σε άλλες κοινές εκφάνσεις της ζωής τους.



ΦΩΤΟ 8

Συχνά εκφράζονται επιφυλάξεις για τη χρήση νερού σε τουριστικές υποδομές. Η επαναχρησιμοποίηση νερού μπορεί να καταστήσει εφικτή την υποστήριξη τέτοιων υποδομών, χωρίς μείωση των ποσοτήτων νερού που απολαμβάνουν οι μόνιμοι κάτοικοι.

7. Ανακεφαλαίωση

Η ζήτηση νερού στα ελληνικά νησιά έχει αυξηθεί την τελευταία τριακονταετία και συνεχίζει να αυξάνεται κυρίως λόγω της κατασκευής νέων παραθεριστικών κατοικιών και ξενοδοχείων. Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκαν τρεις εναλλακτικές λύσεις ύδρευσης των ελληνικών νησιών: η αφαλάτωση, η μεταφορά νερού από την ηπειρωτική Ελλάδα και η ανάκτηση νερού. Από την ανάλυση που έγινε και με βάση οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια, προέκυψε ότι ανακτημένο νερό πρέπει να χρησιμοποιείται σε κάθε περίπτωση που δεν απαιτείται νερό πόσιμης ποιότητας. Η χρήση ανακτημένου νερού αναμένεται να συμβάλει θετικά και αποφασιστικά στη βιώσιμη ανάπτυξη των ελληνικών νησιών, κάνοντας την παραμονή εκεί πιο ελκυστική.*

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

- Γλέζος, Ε., 2009, Κοινοτάρχης Απειράθου Νάξου, προσωπική επικοινωνία.
- Νομαρχία Δωδεκανήσου, 1981, Περί διαθέσεως λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στις θαλάσσιες περιοχές των Νήσων Ρόδου, Κω, Καλύμνου, Λέρου και Πάτμου, Αριθ. 2254/9-4-81 (ΦΕΚ 209 Β).
- Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., 2008, Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, Δ. Κουτσογιάννης και Α. Ανδρεαδάκης, ΕΜΠ.
- Υπουργείο Αιγαίου, 2007, Υδροδότηση Άνυδρων Νησιών, www.ypai.gr.
- Υπουργείο Ανάπτυξης, Γενική Διεύθυνση Φυσικού Πλούτου, Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων, 2004, «Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου-Υποδομές και Χρήσεις Υδατικών Πόρων Δήμων και Κοινοτήτων Νήσων Αιγαίου», Κοινοπραξία Υδατοσυστημάτων Αιγαίου, Αθήνα.
- Υπουργείο Γεωργίας, 1996, και αναθεώρηση 2002, «Φράγματα και Λιμνοδεξαμενές στα Νησιά του Αιγαίου», Αθήνα.
- Υπουργείο Κοινωνικών Υπηρεσιών, «Υγειονομική Διάταξις Περί Διαθέσεως Λυμάτων και Βιομηχανικών Αποβλήτων», Ε1β, 221, 25/1/1965.
- Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας, 1983, Εγκύκλιος υπ' αριθμόν: Α5/250/εγ.64/21.12.1983.
- ΦΕΚ Β' 2089, 9/10/2008, Τροποποίηση της περίπτωσης (γ) της παρ.1 του άρθρου 8 της υπ' αριθμ. Ε1β/221/65 Υγειονομικής Διάταξης.

* Το παρόν άρθρο έχει βασιστεί στη δημοσιευμένη εργασία: Gikas, P. and Tchobanoglous, G., 2009, «Sustainable Use of Water in the Aegean Islands», *Journal of Environmental Management*, 90, 2601-2611.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Al-Barwani, H.H., Purnama, A., 2007, «Re-Assessing the Impact of Desalination Plants Brine Discharges on Eroding Beaches. Desalination», EuroMed 2006 - Conference on Desalination Strategies in South Mediterranean Countries, 204(1-3), 94-101.
- American Water Works Association, 2006, «Desalination of Seawater and Brackish Water», AWWA, Denver, Co.
- Asano, T., 2001, «Wastewater Reuse for Non-Potable Applications: An Introduction», *Intenational Water Irrigation*, 21(3), 24-33.
- Avlonitis, S.A., 2002, «Operational Water Cost and Productivity Improvements for Small-Size RO Desalination Plants», *Desalination*, 142, 295-303.
- Bakir, H.A., 2001, «Sustainable Wastewater Management for Small Communities in the Middle East and North Africa», *Journal of Environmental Management*, 61, 319-328.
- Bicak, H.A., Jenkins, G., 2000, «Transporting Water by Tanker from Turkey to North Cyprus: Costs and Pricing Policies», στο: D.B. Brooks and O. Mehmet (επιμ.), *Water Balances in the Eastern Mediterranean*, International Development Research Centre, Ottawa, ON, Canada.
- Bouwer, H., 2000, «Integrated Water Management: Emerging Issues and Challenges», *Agric. Wat. Manag.*, 45: 217-228.
- California Code of Regulations, 2000, Title 22, Division 4: «Environmental Health», Chapter 3: «Water Recycling Criteria».
- City of San Diego Water Department, 2006, City of San Diego Water Reuse Study, San Diego, California, USA.
- De Fao, G., Galasso, M., Belgiomo, V., 2007, «Groundwater Recharge in an Endoreic Basin with Reclaimed Municipal Wastewater», *Water Science and Technology*, 55(1-2), 449-457.
- Devaux, I., Gerbaud, L., Planchon, C., Bontoux, J., Glanddier, P.Y., 2001, «Infectious Risk Associated with Wastewater Reuse: An Epidemiological Approach Applied to the Case of Clermont-Ferrand, France», *Health-Related Water Microbiology*, 42(12), 53-60.
- European Commission, 1991, Council Directive 91/271/EEC Concerning Urban Waste-Water Treatment, *Official Journal of the European Parliament*, L135/40-30 May.
- European Commission Directorate-General for Energy and Transport, 2001, RES Potential of the Case Study in the REDDES Project.
- Gikas, P. and Angelakis, A.N., 2009, Water Resources Management in Crete and in the Aegean Islands, with Emphasis on the Utilization of Non-Conventional Water Sources, *Desalination*, 248, 1049-1064.
- Gikas, P., Liu, S. and Papageorgiou, L.G., 2009, «Integrated Management of desalinated and reclaimed water in water deficient islands», 7th IWA World Congress on Water Reclamation and Reuse (REUSE09), 21-25 September, Brisbane, Australia, Paper No. PL20-3.
- Gikas, P. and Tchobanoglous, G., 2008, The Importance of Water Reuse in Sustainable Water Resources Management: State of the Art through the Presentation of Selected Case

- Studies, 2nd Specialised Conference on Decentralised Water Management, Skiathos, Greece.
- Gikas, P. and Tchobanoglous, G., 2009, «The Role of Satellite and Decentralized Strategies in Water Resources Management», *Journal of Environmental Management*, 90(1), 144-152.
- Gori, R., Lubello, C., Ferrini, F., Nicese, F., 2004, «Reclaimed Municipal Wastewater as Source of Water and Nutrients for Plant Nurseries», *Water Science and Technology*, 50(2), 69-75.
- Hurlimann, A., McKay, J., 2007, «Urban Australians using Recycled Water for Domestic Non-Potable Use-An Evaluation of the Attributes Price, Saltiness, Colour and Odour Using Conjoint Analysis», *Journal of Environmental Management*, 83, 93-104.
- Kalavrouziotis, I.K., Koukoulakis, P.H. and Mehra, A., 2010, «Quantification of elemental interaction effects on Brussels sprouts under treated municipal wastewater», *Desalination*, 254, 6-11.
- Karagiannis, I.C., Soldatos, P.G., 2007, «Current Status of Water Desalination in the Aegean Islands», *Desalination*, 203, 56-61.
- Latorre, M., 2005, Environmental Impact of Brine Disposal on *Posidonia* seagrasses, *Desalination*, 182(1-3), 517-524.
- Liu, S., Papageorgiou, L.G., and Gikas P., 2010, «Management of Desalinated Seawater, Wastewater and Reclaimed Water in Insular and Geographically Isolated Areas Using Optimisation Techniques», *Desalinated Water (In press)*.
- Lazarova, V., Bahri, A., 2005, «Water Reuse for Irrigation: Agriculture, Landscapes and Turf Grass», CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Masciopinto, C., Carrieri, C., 2002, «Assessment of Water Quality After 10 Years of Reclaimed Water Injection: The Nardo Fractured Aquifer (Southern Italy)», *Groundwater Monitoring and Remediation*, 22(1), 88-97.
- Matsuura, T., 2001, «Progress in Membrane Science and Technology for Seawater Desalination-A Review», *Desalination*, 134(1-3), 47-54.
- Okun, D.A., 1997, «Distributing Reclaimed Water Through Dual Systems», *Journal of American Water Works Association*, 89(11), 52-64.
- Okun, D.A., 2000, «Water Reclamation and Unrestricted NonPotable Reuse: A New Tool in Urban Water Management», *Annual Reviews on Public Health*, 21, 223-245.
- Padgett, J.P., Steinemann, A.C., Clarke, J.H., Vandenberch, P., 2008, «A Comparison of Carbon Calculations», *Environmental Impact Assessment Reviews*, 28, 106-115.
- Papadopoulos, I., Savvides, S., 2002, «Optimisation of the use of Nitrogen in the Treated Wastewater Reused for Irrigation», *IWA Regional Symposium on Water Recycling in Mediterranean Region*, Iraklio, Greece, 451-455.
- Porter, M.C., 1990, *Handbook of Industrial Membrane Technology*, Noyes Publications, Park Ridge, NJ.
- Richard, D., Asano, T., Tchobanoglous, G., 1992, «The Cost of Wastewater Reclamation in California».

- Sala, L., Serra, M., 2004, «Towards Sustainability in Water Recycling», *Water Science and Technology*, 50(2), 1-7.
- Sheikh, B., Cort, R.P., Kirkpatrick, W.R., Jaques, R.S., Asano, T., 1990, «Monterey Wastewater Reclamation Study for Agriculture», *Journal of Water Pollution Control Federation*, 62(3), 216-226.
- Sheng, Z., 2005, «An Aquifer Storage and Recovery System with Reclaimed Wastewater to Preserve Native Groundwater Resources in El Paso, Texas», *Journal of Environmental Management*, 75(4), 367-377.
- Spilotro, G., Canora, F., Caporale, F., Leandro, G., Viniola, N., 2002, «Hydrogeology and Groundwater Salination in the Ionian Coastal Plane of Basilicata Region», 17th Salt Water Intrusion Meeting, Delft, The Netherlands, 445-455.
- Tokyar, 2010, <http://tokyar.com/bozcaada.aspx>.
- Tsagarakis, K.P., Tsoumanis, P., Charzoulakis, K., Angelakis, A.N., 2001, «Water Resources Status Including Wastewater Treatment and Reuse in Greece-Related Problems and Prospectives», International Water Resources Association, *Water International*, 26(2), 252-258.
- Tsagarakis, K.P., 2005, «Recycled Water Valuation as a Corollary of the 2000/60/EC Water Framework Directive», *Agricultural Water Management*, 72, 1-14.
- Convention on Climate Change, Kyoto, Japan.
- US-EPA, 2002, Wastewater Technology Fact Sheet, Office of Water, EPA 832-F-02-006.
- WHO, 2006, «Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, 2006, vol. 1, Policy and Regulatory Aspects, and vol. 2, Wastewater Use in Agriculture, World Health Organization, France.
- Zavoda, M., 2005, «The Solaire, a High-Rise Residential Reuse Case Study», Proceedings, 20th Annual WaterReuse Symposium, Alexandria, VA.
- Zessner, M., Blaschke, A.P., Farnleithner, A.H., Fenz, R., Kavka, G.G., Kroiss, H., 2007, «Risks for Groundwater Contamination from Domestic Waste Water: Traces, Model Applications and Quality Criteria», *Water Science and Technology: Water Supply*, 7(3), 121-131.

ΕΝΟΤΗΤΑ Β

ΕΜΠΕΙΡΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ-ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ-ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ.
Η ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΣΤ' ΑΠΕΡΑΘΟΥ ΤΗΣ ΝΑΞΟΥ

*του Μανώλη Γλέζου,
Επίτιμου Μέλους της Ελληνικής Εταιρείας
Περιβάλλοντος και Πολιτισμού*

Η λειψυδρία μαστίζει την Ελλάδα. Οι πλημμύρες καταστρέφουν οικισμούς και πνίγουν ανθρώπους. Η αποσάθρωση αφαιρεί κάθε χρόνο καλλιεργήσιμο εδαφικό μανδύα ίσο με όση έκταση έχει το νησί Πάτμος. Τρεις μόνιμες πληγές, οι οποίες, στο μεγαλύτερο βαθμό, ως αιτία έχουν ανθρωπογενείς ενέργειες.

1. Οι αιτίες

Οι αιτίες οι οποίες προκαλούν τη λειψυδρία είναι:

- Η υπερκατανάλωση του νερού.
- Η σπατάλη στη χρήση του νερού.
- Η ληστροική απομύζηση των υδατικών αποθεμάτων.
- Η κακή διαχείριση των υδατικών πόρων.
- Οι διαρροές στα συστήματα υδροδότησης των οικισμών.
- Η αστικοποίηση του πληθυσμού.
- Η ανισοκατανομή των βροχοπτώσεων.

Οι αιτίες που προκαλούν την πλημμυρογένεση είναι:

- Η υπερυλοτόμηση, ως εξαφάνιση των δασών.
- Η υπερβόσκηση, ως εξάλειψη της φυτοκάλυψης.
- Οι πυρκαγιές οι οποίες απογυμνώνουν τα εδάφη.
- Η τσιμεντοποίηση των πόλεων.
- Η καταστροφή των αναβαθμίδων καλλιέργειας.
- Η έλλειψη συστημάτων απορροής στο οδικό δίκτυο.
- Η μετατροπή της κοίτης των χειμάρρων σε δρόμους και γκαράζ.

Οι αιτίες που προκαλούν την αποσάθρωση είναι:

- Η έλλειψη φυτοκάλυψης.
- Η υπερυλοτόμηση.
- Η υπερβόσκηση.
- Οι πυρκαγιές.
- Η καταστροφή των αναβαθμίδων καλλιέργειας.

Αυτές είναι οι ανθρωπογενείς αιτίες της αποσάθρωσης, οι οποίες επιτείνουν τη φυσική αποσάθρωση (μηχανική και χημική) η οποία είναι βέβαια αναπόφευκτη.

2. Αντιμετώπιση των τριών φαινομένων

Λαθεμένες μέθοδοι αντιμετώπισης

Για την αντιμετώπιση των φαινομένων της λειψυδρίας, της πλημμυρογένεσης και της ανθρωπογενούς αποσάθρωσης χρησιμοποιούνται ως τώρα μέτρα αντιεπιστημονικά, αντιοικονομικά, αναποτελεσματικά, απρογραμμάτιστα, πρόχειρα και ανεύθυνα, όπως:

- Εντατική υδροληψία των υδατικών πόρων.
- Απομύζηση υδατικών αποθεμάτων με τις υδρογεωτρήσεις.
- Επιφανειακοί ταμιευτήρες (λιμνοδεξαμενές).
- Τεχνητή βροχή.
- Μεταφορά νερού.
- Εκτροπή του ρου των ποταμών.

Σωστές μέθοδοι αντιμετώπισης

- Οικονομία στη χρήση του νερού.
- Έλεγχος στα συστήματα υδροδότησης ώστε να αποφεύγονται οι διαρροές.
- Στέρνισμα νερού (π.χ. σε όλα τα κυκλαδίτικα σπίτια υπήρχε στέρνα πόσιμου νερού από τα όμβρια του δώματος και στέρνα νερού λάτρης από τα νερά της αυλής).
- Ανακύκλωση του χρησιμοποιημένου νερού.
- Φυτοκάλυψη και προστασία από βόσκηση και πυρκαγιές.
- Αποκατάσταση των αναβαθμίδων καλλιέργειας.
- Κατασκευή μικρών φραγμάτων ανάσχεσης της χειμαρρικής ροής προς εμπλουτισμό των υδροφορέων, ανακοπή της πλημμυρογένεσης και της ανθρωπογενούς αποσάθρωσης.

Τα μικρά φράγματα κατασκευάζονται:

- α) Από την αρχή του ρου του χειμάρρου προς τα κάτω, ώστε τα προσχωσιγενή υλικά να μην τα καθιστούν ανενεργά με τη συσσώρευσή τους στον πλημμυρικό χώρο.
- β) Στα πιο στενά σημεία των χειμάρρων, για να χρησιμοποιηθούν λιγότερα υλικά.

- γ) Με υλικά που εξορύσσονται από τον ανάντη πλημμυρικό χώρο.
 - δ) Με τοξωτή μορφή προς τα ανάντη και τη νοητή χορδή του τόξου στα κατάντη.
 - ε) Το φράγμα πρέπει να θεμελιώνεται και να αγκυρώνεται σε μητρικά πετρώματα.
 - στ) Δεν πρέπει ποτέ να υπερβαίνει σε ύψος τα παράκτια χείλη του χειμάρρου.
 - ζ) Απαράβατος κανόνας είναι να έχουν υπερχειλιστήρα, έτσι ώστε:
 - η) να μη διακόπτεται η οικολογική συνέχεια του χειμάρρου.
 - θ) Στα ασβεστολιθικά πετρώματα από σκέτη ξερολιθιά και στα σχιστολιθικά ανάλογα, είτε από ξερολιθιά, είτε με λάσπη, ώστε να δυνηθούν τα όμβρια να διηθηθούν και να κατεισχύσουν προς εμπλουτισμό των υδροφορέων.
- Βασικός στόχος:* Ούτε μια σταγόνα νερού στη θάλασσα!

3. Η πειραματική εφαρμογή στ' Απεράθου της Νάξου

Στ' Απεράθου της Νάξου διήρκεσε από το 1987 έως το 1995 η εφαρμογή του συστήματος αντιμετώπισης της λειψυδρίας, της πλημμυρογένεσης και της ανθρωπογενούς αποσάθρωσης με φυτοκάλυψη και κατασκευή μικρών φραγμάτων προς εμπλουτισμό των υδροφορέων.

Η πρακτική εφαρμογή του συστήματος πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις.

Πρώτη φάση: Συνεργασία με το Υπουργείο Γεωργίας

Κατασκευάστηκαν 97 φράγματα ανάσχεσης της χειμαρρικής ροής σε διάφορους χειμάρρους με χρηματοδότηση του Υπουργείου Γεωργίας ύψους 19.000.000 δραχμών.



Απείρανθος, Νάξος (φωτό: αρχείο Μανώλη Γλέζου).

Τα αποτελέσματα υπερέβησαν τις προσδοκίες. Στερεμένες πηγές νερού άρχισαν και πάλι να εκρέουν. Πηγές που σταματούσαν να έχουν τους καλοκαιρινούς μήνες νερό λειτουργούσαν και πάλι. Όλα αυτά βοήθησαν στη δημιουργία νέων ποτιστικών χωραφιών που ποτίζονται από το νερό των πηγών.

Δεύτερη φάση: Συνεργασία με την Επιτροπή Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε εφαρμογή του προγράμματος MEDSPA

Το πρόγραμμα αυτό συγχρηματοδότησης αφορούσε φυτοκάλυψη, κατασκευή φραγμάτων, αξιοποίηση του νερού και κατασκευή αναβαθμίδων καλλιέργειας.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση κατέβαλε 89.000.000 δραχμές και η κοινότητα Απεράθου 131.000.000 δραχμές (σύνολο 220 εκατομμύρια δραχμές).



Φράγμα στην Απείρανθο, Νάξος (φωτό: αρχείο Μανώλη Γλέζου).

Με αυτά τα χρήματα περιφράχτηκαν κορυφές βουνών, κατασκευάστηκαν αναβαθμίδες καλλιέργειας, κατασκευάστηκαν πλήθος φραγμάτων, αγωγοί και δεξαμενές νερού και ποτίστρες ζώων.

Τρίτη φάση: Συνεργασία με το ΥΠΕΧΩΔΕ

Στην τρίτη φάση τα παραπάνω έργα συμπληρώθηκαν με νέες κατασκευές στο χειμάρρο που διαρρέει την υδρολογική λεκάνη του Πέρα Χωριού και χρηματοδοτήθηκαν από το ΥΠΕΧΩΔΕ με 50.000.000 δραχμές.

Όλα τα έργα αφορούσαν τον άνω ρου χειμάρρων και είχαν επιτυχή αποτελέσματα, τα οποία αποδείχτηκαν στη συνέχεια. Από τότε έως σήμερα, στη μεγάλη ξηρασία του 1991 οι βοσκοί των άλλων χωριών της Νάξου έρχονταν και έπαιρναν νερό από τ' Απεράθου. Επίσης, στις μεγάλες βροχοπτώσεις που υπέστη η Νάξος και τις επακόλουθες καταστροφές από τις πλημμύρες, στ' Απεράθου, όπου υπήρχαν τα φράγματα, δεν έγινε καμία απολύτως καταστροφή.

Το έργο όμως δεν ολοκληρώθηκε διότι το ανέκοψε η υπαγωγή της Κοινότητας Απεράθου στον Δήμο Δρυμαλίας. Το δημοτικό συμβούλιο, όχι μόνο δεν προγραμματίσε κανένα νέο έργο, αλλά εγκατέλειψε και το Φυτόριο, δυναμικότητας 3.000 δενδρυλλίων, που είχε επίσης δημιουργηθεί στο πλαίσιο εφαρμογής του συστήματος αντιμετώπισης της λειψυδρίας, των πλημμυρών και της αποσάθρωσης.

Πάρος, 10 Ιανουαρίου 2011

ΒΙΩΣΙΜΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΑΜΟΡΓΟ

του Γ. Αντωνίου, Αρχιτέκτονα

Η περιορισμένη επάρκεια υδάτινων πόρων στην Αμοργό, όπως και σχεδόν στο σύνολο των Κυκλάδων, είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πλήθους τρόπων και τεχνικών πρόσκτησης και διαχείρισης νερού, ήδη από την εποχή που το νησί άρχισε να πρωτοκατοικείται. Το στοιχείο της περιορισμένης επάρκειας αναφέρεται τόσο ως προς την ποσότητα όσο και ως προς τη θέση-διασπορά στο νησί.

Πολλές τέτοιου είδους ιστορικές κατασκευές των βυζαντινών και μεσαιωνικών χρόνων συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται παρά την επικράτηση σύγχρονης τεχνολογίας και σε αυτό τον τομέα. Επιπλέον, πλήθος ανάλογων κατασκευών του πρόσφατου παρελθόντος, της αποκαλούμενης «παραδοσιακής» αρχιτεκτονικής, έχει διασωθεί, αφού αυτές χρησιμοποιούνταν έως και τα τέλη της δεκαετίας του 1950 ή είναι ακόμα σε χρήση, έστω και δευτερεύουσα. Ο σεισμός του 1956 επηρέασε σημαντικά τα υπόγεια νερά στην Αμοργό και πολλές θέσεις υδροληψίας στέρησαν, ενώ νερό εμφανίστηκε σε άλλα σημεία.

Η ποικιλία και η ευρηματικότητα ως προς την πρόσκτηση και διαχείριση του νερού είναι αξιοθαύμαστες, γεγονός που σε συνδυασμό με την καλή κατά κανόνα διατήρηση αυτών των «μνημείων νερού» συνέβαλε στην επιλογή της Αμοργού για την υλοποίηση της Δράσης του Προγράμματος ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ «Διαδρομές νερού στην Αμοργό: παραδοσιακή διαχείριση υδάτινων πόρων και η βιώσιμη προοπτική τους». Η δράση αυτή προέβλεπε την τεκμηρίωση και την αποκατάσταση τέτοιων μνημείων, καθώς και άλλες δράσεις ευαισθητοποίησης του τοπικού πληθυσμού, μαθητών και ενηλίκων (μέσα από δράσεις στα σχολεία, την παραγωγή ντοκιμαντέρ με τίτλο *Διαδρομές Νερού στην Αμοργό*, τη διοργάνωση ημερίδων στην Αμοργό και την Αθήνα, την εκπόνηση εθνογραφικής μελέτης και την παραγωγή σχετικού εντύπου).

Οι πηγές πρόσκτησης του νερού ποικίλουν ανάλογα με τον τόπο και την εποχικότητα ή μη. Ειδικότερα διακρίνονται:

- Όμβρια ύδατα τα οποία συλλέγονται απευθείας από κατάλληλες επιφάνειες απορροής κυμαινόμενου μεγέθους, αδιαμόρφωτες έως και λιθόστρωτες.

- Πηγές κοντά σε ρεματιές, κατά κανόνα, ή άλλα σημεία όπου αναβλύζει νερό.
- Εποχικές πηγές, ανάλογες με τις προηγούμενες, αλλά με εποχική ροή νερού.
- Ρέματα τα οποία είναι εποχικής ροής και με κατάλληλες διατάξεις μπορούν να τροφοδοτούν στέγνες ή «λάγκους».
- Υπόγεια ύδατα. Είναι αυτά που ρέουν στις πηγές αλλά και αυτά που τροφοδοτούν μερικώς στέγνες ή πηγαδόστερνες κατ' αποκλειστικότητα. Σε αρκετές θέσεις παρουσιάζουν εποχικότητα.

Αυτές οι πηγές πρόσκτησης νερού, μέσω των τρόπων και διατάξεων συλλογής και διαχείρισής του, κάλυπταν με ικανοποιητική επάρκεια τις παλιότερες ανάγκες σε νερό, ενώ λίγες μόνο ποσότητές του έμεναν ανεκμετάλλευτες.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται καταγεγραμμένοι απλοί ή σύνθετοι τρόποι πρόσκτησης και διαχείρισης νερού στην Αμοργό.

Ασκεπείς λάγκοι

Είναι ο απλούστερος τρόπος συλλογής νερού που συνεχίζει να εφαρμόζεται με χρήση πλέον σκαπτικών μηχανημάτων και εξυπηρετεί συνήθως την κτηνοτροφία. Σε μέρος όπου αναβλύζει συνεχώς ή εποχικά νερό και σε θέση με αρκετά στεγανό υπόβαθρο διαμορφώνεται λάγκος μέσα στον οποίο συγκεντρώνεται το νερό. Οι περισσότεροι έχουν νερό όλο το χρόνο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα οι λάγκοι στην περιοχή Τερλάκι. Εκεί διασώζονται και επικουρικές διατάξεις συλλογής και των ομβρίων από την όμορη κατωφέρεια.



Ο λάγκος και η σκάλα του μεγάλου λάγκου στο Τερλάκι (φωτό: Γ. Αντωνίου).

Στεγασμένοι λάκκοι

Αποτελούν βελτίωση του προηγούμενου τύπου, όπου προστίθεται στέγαση σε κατά κανόνα υφιστάμενους λάκκους, είτε με θολωτή κατασκευή είτε με πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Τυπικά παραδείγματα είναι το μεσαιωνικό μνημείο του Κάτω Λάκκου στη Χώρα με την επιμελημένη θολωτή στέγαση αλλά και η δεξαμενή της «τρούμπας» λίγο μακρύτερα, η οποία αρχικά ήταν απλός λάκκος που καλύφθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1950. Ανάλογη κάλυψη με οπλισμένο σκυρόδεμα έγινε και στο λάκκο στην είσοδο της Αρχεσίνης, καθώς και σε μικρό λάκκο στο μονοπάτι των Μηλιών.

Εποχικές πηγές

Αφορούν πιο επιμελημένη διαμόρφωση υδροληψίας πηγαίου νερού, με κατά κανόνα μικρές κατασκευές, σε θέση που για διάφορους λόγους δεν προσφέρεται για τη δημιουργία λάκκου. Σχεδόν πάντα συνοδεύονται με γούρνα – ποτίστρα αλλά και χτιστούς απαγωγούς ή προσαγωγούς. Η περίπτωση της διπλής διάταξης κοντά στον Στρούμπο είναι από τις χαρακτηριστικότερες.

Μόνιμες πηγές

Πρόκειται για ανάλογες με τις προηγούμενες διατάξεις με τη διαφορά ότι η παροχή είναι ετήσια και όχι εποχική. Σε πολλές από αυτές τις περιπτώσεις κατασκευάζονται δίπλα ανοιχτές χτιστές δεξαμενές για συγκέντρωση μεγαλύτερης ποσότητας νερού και διάθεσή του μετά για ύδρευση ή άρδευση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μικρή παρόδια πηγή στις Λεύκες των Καταπόλων.



Η Κάτω βρύση στις Λεύκες Καταπόλων
μετά τον καθαρισμό
(φωτό: Κ. Χατζηκωνσταντίνου).



Ο Τσεσεμές μετά το αρμολόγημα
(φωτό Γ. Αντωνίου).

Πηγαδόστερνες

Από τα πολυπληθέστερα κατασκευάσματα πρόσκτησης νερού στο νησί, τα οποία εκμεταλλεύονται τόσο όμβρια όσο και υπόγεια, αλλά σχετικά επιφανειακά νερά. Συχνότατα το σχήμα της τομής τους, κυρίως, παραπέμπει στην τυπική αχλαδόσχημη μορφή των αρχαίων πηγαδιών και διαμορφώνονται μερικώς σε βραχώδες υπόβαθρο που συλλέγει νερό με διαδικασία υδρομάστευσης. Οι διατάξεις συλλογής ομβρίων είναι απλά τοιχώρια στις επικλινείς επιφάνειες απορροής δίπλα τους αλλά και απλές λιθόστρωτες επιφάνειες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι κυκλοειδείς στέρνες στην Αγία Άννα στα Δίστρατα και του Ασφονηλίτη.



*Η δημοτική πηγαδόστερνα στην Αγία Τριάδα μετά την αποκατάσταση
(φωτό: Κ. Χατζηκωνσταντίνου).*

Στέρνες

Ανάλογες κατασκευές με τις πηγαδόστερνες, κυρίως ως προς τον τρόπο πρόσκτησης του νερού. Είναι ορθογώνιου σχήματος και έχουν θολωτή κάλυψη στην οποία διανοίγονται περισσότερα από ένα στόμια υδροληψίας. Χαρακτηριστικό τους στοιχείο είναι οι λιθόστρωτοι αυλόγυροι που διασφαλίζουν καθαρό όμβριο νερό, αποτρέποντας και την πρόσβαση ζώων. Ο τύπος αυτός απαντάται σε πολλά άλλα νησιωτικά και μη μέρη ως τυπική ομβροδεξαμενή. Από τα πλέον αντιπροσωπευτικά παραδείγματα είναι οι στέρνες στην περιοχή Πηγάδια της Χώρας και ο Πάνω Λάκκος στον Άνω Ποταμό (κατασκευή, βέβαια, που λόγω ονομασίας πιθανότατα ήταν αρχικά απλός λάκκος). Μικρότερο χαρακτηριστικό δείγμα είναι οι μερικώς υπέργειες στέρνες ομβροσυλλογής, όπως αυτή στην Αγία Άννα στα Δίστρατα και στον Πύργο Αγίας Τριάδος στην Αρχαεσίνη.



Το παρόδιο συγκρότημα στέρνας και πηγαδόστερνας στην Αγία Άννα (φωτό: Γ. Αντωνίου).



Εσωτερική άποψη της δημοτικής στέρνας στο Μαύρο Βουνό (φωτό: Γ. Αντωνίου).



Η πηγαδόστερνα στον Χαλκιό (φωτό Γ. Αντωνίου).



Παρόδια στέρνα στον Άνω Ποταμό (φωτό: Γ. Αντωνίου).

Χτιστές ασκεπείς δεξαμενές

Είναι κατασκευές που συνοδεύουν κάποια από τις παραπάνω διατάξεις υδροληψίας και χαρακτηρίζονται από τις επιστρώσεις με υδραυλικά –συνήθως– κονιάματα στο εσωτερικό τους. Σε αυτές συγκεντρώνεται προσωρινά το νερό ή χρησιμοποιούνται για άλλες χρήσεις, όπως το πλύσιμο των ρούχων. Κατά κανόνα έχουν διατάξεις υπερχείλισης και κατεύθυνσης του νερού σε άρδευση ή κτηνοτροφία. Μια κατασκευή που σώζεται άριστα βρίσκεται στο μονοπάτι των Μηλιών.



Η δεξαμενή πλύσης ρούχων στις Μηλιές. Στο βάθος η δεύτερη πηγή (φωτό: Γ. Αντωνίου).

Υδραύλακες

Πρόκειται για δευτερεύουσες κατασκευές προσαγωγής είτε πηγαίων είτε ομβρίων υδάτων. Το μέγεθος και η δομή τους διαμορφώνονται αντίστοιχα, δηλαδή κατασκευάζονται μεγαλύτερες και πιο καλοδομημένες για τα όμβρια και μικρότερες για τα πηγαία ύδατα.

Ποτίστρες

Είναι μικρές παρόδιες κατασκευές στις οποίες οδηγείται μικρή κατά κανόνα ποσότητα νερού, συχνά εποχικής ροής. Σε άλλες περιπτώσεις εκεί κατέληγαν πλεονάζοντα νερά από άλλες πηγές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μικρή παρόδια ποτίστρα στην Αγία Θέκλη.

Η διάσωση και διατήρηση αυτών των κατασκευών μπορεί να θεωρηθεί σημαντική όχι μόνο λόγω της πολιτισμικής και ενίοτε της ιστορικής τους αξίας αλλά και διότι αποτελούν άριστα δείγματα ευρηματικότητας, προσαρμογής του ανθρώπου στα φυσικά δεδομένα και τέλος μπορούν, αν επαναλειτουργήσουν, να καλύψουν κάποιο μικρό ποσοστό από τις τρέχουσες ανάγκες σε νερό.

Στο παραπάνω πλαίσιο και δεδομένου αυτού του πλούτου διατάξεων και κατασκευών η Δράση «Διαδρομές νερού στην Αμοργό: παραδοσιακή διαχείριση υδάτινων πόρων και η βιώσιμη προοπτική τους» της Ελληνικής Εταιρείας Περιβάλλοντος και Πολιτισμού, με τη χορηγία του Ιδρύματος Λεβέντη και του Δήμου Αμοργού κατά το διάστημα Ιανουαρίου-Νοεμβρίου 2009, κατέγραψε, τεκμηρίωσε και αποκατέστησε σημαντικό αριθμό «μνημείων νερού». Αυτά καλύπτουν το σύνολο τύπων των κατασκευών υδροληψίας στο νησί και βρίσκονται σε όλες τις περιοχές της Αμοργού. Παράλληλα, διερευνήθηκε και ο κοινωνικός παράγοντας που συνδέεται άρρηκτα με τη λειτουργία της υδροληψίας και χρήσης του νερού ιδίως λόγω της προαναφερθείσας περιορισμένης επάρκειας.

Συγκεκριμένα, τεκμηρίωση και επεμβάσεις έγιναν στην πηγαδόστερνα και τη θολωτή στέρνα στην Αγία Άννα στα Δίστρατα, στο παρόμοιο παρόδιο συγκρότημα στο Μαύρο Βουνό, στη δημοτική πηγαδόστερνα στην Αγία Τριάδα, στον κεκαλυμμένο λάκκο στην Αρκεσίνη, στη μικρή ποτίστρα στην Αγία Θέκλη και την Κάτω Βρύση με τη δεξαμενή στις Λεύκες Καταπόλων, σε τρεις διατάξεις στο μονοπάτι που συνδέει τη Χώρα με το Ξυλοκερατίδι στη θέση Μηλιές, στη στερεμένη πηγή του Τσεσεμέ στα Κατάπολα αλλά και σε παρόμοια στο Αγκιλίδι λίγο ψηλότερα. Στην περιοχή της Χώρας εντάχθηκαν στη Δράση δύο εν λειτουργία στέρνες, της Εμπιής και του Χαλκιού, ενώ δεν πρέπει να παραληφθεί η προσπάθεια του Δήμου για την προστασία και ανάδειξη του δημοτικού συγκροτήματος στερνών στη θέση Πηγάδια της Χώρας. Το συγκρότημα των ασκεπών –πλην ενός– λάκκων στο Τερλάκι είναι από τα μεγαλύτερα όπου έγιναν εργασίες προστασίας αποκατάστασης και ανάδειξης, ενώ ανάλογες επεμβάσεις έγιναν στο συγκρότημα των πηγαδόστερνων στον Ασφονηλίτη. Οι δύο στέρνες με την κάλυψη με διπλούς θόλους, στη Βουρλιά και του Πάνω Λάκκου, απαιτούσαν δρασικότερες επεμβάσεις αποκατάστασης. Ελάχιστες επεμβάσεις προβλέφθηκαν για τη μικρή παρόδια στέρνα στον Πάνω Ποταμό. Αντίθετα, στην πηγή του Δρυ στη Λαγκάδα και στου Χωριού-Στρούμπου οι επεμβάσεις αφορούσαν και την αποξήλωση νεότερων επεμβάσεων από σκυρόδεμα.

Σε πολλά από αυτά τα «μνημεία νερού» βελτιώθηκε και η υδροληπτική τους ικανότητα τόσο μέσω καθαρισμών όσο και αποκατάστασης διατάξεών τους για τη συλλογή του νερού, όπως τοιχάρια, υδραύλακες, λιθόστρωτες και μη επιφάνειες απορροής ομβρίων, στόμια και «εμπολές».

ΚΑΣΤΕΛΟΡΙΖΟ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Γ. Ν. Καραβέλατζης, Πολιτικός Μηχανικός

Μια καστελοριζιώτικη παροιμία για τη βροχόπτωση, η οποία δηλώνει την παρατήρηση που έκαναν οι παλιοί Καστελοριζιώτες στους καιρούς και τα καιρικά φαινόμενα σαν θαλασσινός λαός που ήταν, ερωταπαντά: «Πότε είναι οι πολλές βροχές; Τρι-γύρω γύρω του Χριστού».

Μέσα από την παρατήρηση αιώνων είχαν καταφέρει να επιβιώνουν πάνω στον ξερό αυτό βράχο, να εναρμονίζονται με τα στοιχεία της φύσης και βέβαια τη βροχόπτωση.

Οι πλημμύρες και οι βροχές στο νησί είναι συχνό φαινόμενο το χειμώνα, με έξαρση κατά την περίοδο των Χριστουγέννων, όπως λέει και η παροιμία, όταν «κατηβαίνουν οι ποταμοί».

Πράγματι, όταν κατεβαίνουν τα νερά από τον κάθετο βράχο που αποτελεί φυσικό τείχος, στην πλάτη, από τα νότια, πίσω από τον οικισμό, πέφτουν σαν καταρράκτες μερικές φορές από τα ρυάκια του Αϊ-Γιάννη κ.λπ.

Σήμερα τα νερά κυλούν ορμητικά μεν, αλλά επιφανειακά πλέον, κατακλύζουν τα στενά και πλημμυρίζουν σπίτια και πλατείες μέχρι να καταλήξουν στη θάλασσα, στο λιμάνι.

Αν σταθεί κανείς να παρατηρήσει λίγο, δεν μπορεί παρά να θαυμάσει το σύστημα διαχείρισης των υδάτων το οποίο είχε αναπτυχθεί στο παρελθόν και μάλιστα με πολύ απλές και σοφές μεθόδους. Θα διαπιστώσει, λοιπόν, ένα ολόκληρο δίκτυο από μικρές και μεγάλες δεξαμενές οι οποίες έχουν μέσα στο πέρασμα των αιώνων κατασκευαστεί περιφερειακά του οικισμού, στις παρυφές του βουνού όπου κατεβαίνουν τα νερά, αλλά και σε παραθαλάσσιες και ορεινές περιοχές.

Το δίκτυο

Δεδομένου ότι δεν υπάρχει πηγή νερού στο νησί, είναι αναμενόμενο να γινόταν η κατά το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση των ομβρίων υδάτων.

Έτσι, αρχικά το κάθε σπίτι είχε και έχει ακόμη τη δική του χτιστή στέρνα στα θεμέλια, που συγκέντρωνε εκεί το νερό της στέγης με κατάλληλα διαμορφωμένα λούκια (κυρζία) και πήλινους σπονδυλωτούς σωλήνες (σουλουντράνια).

Κυρίως όμως με το δίκτυο των κοινόχρηστων μεγάλων δεξαμενών (στην πλειονότητά τους κυκλικές) γινόταν άριστη εκμετάλλευση και των επιφανειακών ομβρίων υδάτων.



Ανοιχτή δεξαμενή (φωτό: Γ. Ν. Καραβέλατζης).

Συγκεκριμένα, έχουμε ένα αναπτυγμένο σύστημα αυλάκων, οι οποίοι συγκέντρωναν το νερό από τις πλαγιές και τα μικρά ρυάκια προς τις δεξαμενές. Κατά τη διαδρομή αυτή, υπήρχαν κάποιες χτιστές «λακκούβες» για να συγκεντρώνουν τα βαριά σώματα (πέτρες, χαλίκια κ.λπ.) που κυλούσαν μαζί με το νερό.

Οι μεγάλες κυκλικές δεξαμενές, ανοιχτές ή σκεπαστές με τρούλο, συνηθίζεται να ονομάζονται «πασσάδες».

Ένα συγκεκριμένο σύνολο από 9-10 τέτοιες δεξαμενές ονομάζονται «άχερες». Υπόγειες και χτιστές τέτοιες δεξαμενές λέγονται «φοντάνες» (περιοχή Αγίου Μερκουρίου).

Η ύπαρξη, επίσης, λαξευτών τέτοιων κυκλικών δεξαμενών μάς φανερώνει ότι το σύστημα αυτό έχει αναπτυχθεί από την αρχαιότητα. Λαξευτές δεξαμενές μικρής διαμέτρου (3-4 μέτρων) υπάρχουν στην Παλαμεριά, κάτω από το ταχυδρομείο, στην Καζάρμα, στα Κασαπειά, παραθαλάσσια, στο Παλαιόκαστρο, την ακρόπολη κ.λπ. Η τελευταία αυτή στην ακρόπολη είναι λαξευτή ευμεγέθης, με σκαλισμένα σκαλιά στο βράχο, αλλά επιπλέον και θολωτή. Ο θόλος σήμερα είναι μισοκατεστραμμένος.



«Πασσάς», δεξαμενή με τρούλο (φωτό: Γ. Ν. Καραβέλατζης)

Ο λόγος ύπαρξης τόσων δεξαμενών

Οι δεξαμενές υπήρχαν για να καλύπτουν τις ανάγκες των κατοίκων του νησιού για ύδρευση, άρδευση των λιγοστών γεωργικών εκτάσεων και για την κτηνοτροφία.

Παρουσιάζουν επίσης λαογραφικό ενδιαφέρον, αφού ήταν τόπος συνάντησης των γυναικών για να ανασύρουν νερό, να καθαρίσουν χαλιά, στρωσίδια κ.λπ., ενώ πολλές ιστορίες και διηγήσεις έχουν ακουστεί γύρω από αυτές.

Παρουσιάζουν επίσης αρχιτεκτονικό ενδιαφέρον.

Ανεφοδιασμός πλοίων

Πρέπει εδώ να υπενθυμίσουμε ότι το Καστελόριζο (Μεγίστη) ανήκει γεωγραφικά στην ευρύτερη περιοχή της Λυκίας. Οι Λύκιοι ήταν λαός της θάλασσας. Είχαν έρθει από την Κρήτη, ακολουθώντας τον Λύκο.

Κατά τους βυζαντινούς χρόνους ήταν μέρος του ναυτικού Θέματος των Κυβηραιωτών ή Καραβουσιάνων. Το Θέμα αυτό παρείχε ξυλεία, ναυπήγηση πλοίων και έμψυχο δυναμικό που ενίσχυε το βυζαντινό ναυτικό, διαφυλάσσοντας έτσι την αυτοκρατορία για μακρύ χρονικό διάστημα, έως ότου καταλυθεί το Θέμα αυτό από τις επιδρομές των Σελτζούκων από τον Βορρά.

Σημειώνουμε εδώ ότι τον 11ο αιώνα ερημώνεται το μοναστήρι του Αγίου Νικολάου στα γειτονικά Μύρα και το λείψανο του αγίου μεταφέρεται από τον τάφο του στο Μπάρι της Ιταλίας από Ιταλούς εμπόρους και από εκεί γίνεται γνωστός σε όλο τον κόσμο σαν ο «Άγιος των Χριστουγέννων».

Σε όλο το μακρύ αυτό χρονικό διάστημα οι δεξαμενές αυτές και ειδικά οι παραθαλάσσιες ήταν σε χρήση και έπαιξαν σπουδαίο ρόλο. Οι παραλιακές λαξευτές δε-

ξαμενές συγκέντρωναν το νερό το οποίο μπορούσε να διατεθεί ανά πάσα στιγμή για τον ανεφοδιασμό των πλοίων. Μεγάλη δίκωρη θολωτή δεξαμενή, με τόξα στον εσωτερικό διαχωριστικό τοίχο, υπάρχει ακόμα στο νησάκι του Αγίου Γεωργίου, έξω από τον όρμο Μανδράκι.



*Δίκωρη δεξαμενή στο νησάκι του Αγίου Γεωργίου
(φωτό: Γ. Ν. Καραβέλατζης).*

Βεβαίως, τέτοιες δεξαμενές υπάρχουν και στα απέναντι μικρασιατικά παράλια της Λυκίας, σε μυχούς και κόλπους, όπου μπορούσαν να προσαράξουν με ασφάλεια τα πλοία και να ανεφοδιάζονται με νερό.

Η λειτουργία των δεξαμενών ως επιβραδυντήρες

Στις νεροποντές το σύστημα των δεξαμενών λειτουργούσε ως αντιπλημμυρικό έργο, αφού πριν γεμίσουν με νερό η μία δεξαμενή μετά την άλλη, η νεροποντή είχε σταματήσει και έτσι σπάνια είχαμε πλημμύρες.

Επίπλέον, η μικρή ποσότητα του νερού που υπερχείλιζε και κατευθυνόταν προς τη θάλασσα, μέσω άλλου δικτύου χτιστών υπόνομων, δεν έφτανε ανεκμετάλλευτη, αλλά διοχετευόταν κατάλληλα ώστε να καθαρίζει και τις στερεές ύλες από τους απόπατους (εν ξηρώ αποχωρητήρια) των οικιών.

Διαπιστώνει κανείς μια άριστη εκμετάλλευση των ομβρίων υδάτων σε τέτοιο θαναμαστό επίπεδο, ώστε το Καστελόριζο, που εκείνες τις περιόδους αριθμούσε 10.000 έως 13.000 κατοίκους, είχε επάρκεια νερού, σε αντίθεση με σήμερα, που με μόνο 250 κατοίκους υπάρχει έλλειψη νερού και χρειάζεται υδροφόρο πλοίο ακόμη και κατά τη χειμερινή περίοδο.

Οικολογία - Καθαριότητα

Στις ανοιχτές δεξαμενές ενδημούσε ένα είδος μικρού ψαριού που μοιάζει με αθερίνα, το λεγόμενο γκιζάνι. Αυτό το ψαράκι, πρωταθλήτης της επιβίωσης, επιβιώνει στα νότια Δωδεκάνησα και είναι σήμερα απειλούμενο προς εξαφάνιση είδος.

Η χρησιμότητά του ήταν πολλαπλή. Τρεφόταν με φύκια και έτσι καθαρίζει και κρατούσε το νερό ζωντανό μέσα στις δεξαμενές ακόμα και την καλοκαιρινή περίοδο. Απέτρεπε και καταπολεμούσε την εξάπλωση των κουνουπιών κ.λπ.

Η επιβίωσή του στο Καστελόριζο και ειδικά στο συγκρότημα εννέα μεγάλων δεξαμενών, τις «άχερες», όπου το συναντούσαμε πιο συχνά, δεν κατέστη δυνατή. Οι «άχερες» σκεπάστηκαν με πλάκα από μπετόν.



«Άχερες» (φωτό: αρχείο Κόζα).

Πρόσφατα (αρχές του 2010), διαπιστώσαμε αυθαίρετη προσπάθεια του Δημάρχου Μεγίστης να πληρωθεί με... χώμα μια τέτοια κυκλική δεξαμενή-μνημείο, στην κεντρικότερη διασταύρωση των δρόμων, με σκοπό να «αξιοποιηθεί», να φυτευτεί και να μετατραπεί σε... κήπο. Σκαπτικό μηχάνημα του Δήμου είχε αρχίσει να ρίχνει χώμα μέσα στη δεξαμενή, με την πρόφαση ότι αυτή η δεξαμενή (που ύδρευσε γενιές και γενιές Καστελοριζιωτών) αποτελούσε τώρα εστία μόλυνσης. Ευτυχώς, πολλοί αντέδρασαν και η προσπάθεια αυτή εγκαταλείφθηκε – τουλάχιστον προσωρινά. Αυτό μου έδωσε την ώθηση να προτείνω κάποιες πιθανές δράσεις και λύσεις προστασίας και ανάδειξης.

Προτάσεις

Συγκεκριμένα, έχω προτείνει και προφορικά αλλά και γραπτά διά της παρούσας, κάτι πολύ εύκολο, απλό και ελάχιστα δαπανηρό:

Πρώτη φάση

- Να καθαριστεί η δεξαμενή από τις στερεές ύλες.
- Να αποκατασταθούν τα αυλάκια και να γεμίξει η δεξαμενή με τα βρόχινα νερά από το διπλανό ρέμα, όπως γινόταν μέχρι πρόσφατα στο παρελθόν.
- Να αποκατασταθεί επίσης το αυλάκι της υπερχείλισης προς το ρέμα.
- Αν υπάρχουν ρωγμές, αυτές να σφραγίζονται με υδραυλικό κονίαμα (κουρασάνι).

Δεύτερη φάση

- Να φωτιστεί διακριτικά ο δακτύλιος της δεξαμενής εσωτερικά, ώστε το μνημείο αυτό να αναδειχτεί και με τη βοήθεια ενός περιμετρικού σωλήνα και μικρού υδραυλικού μηχανισμού να δημιουργηθεί πίδακας (σιντριβάνι) από την περιφέρεια προς το κέντρο με το ανακυκλούμενο νερό της δεξαμενής.
- Να μεταφερθούν νέα γκιζάνια για να ζουν και πάλι μέσα. Έτσι δεν θα υπάρχει κίνδυνος να γίνει εστία μόλυνσης, ενώ θα απομακρύνονται τα κουνούπια κ.λπ.

Τρίτη φάση

Εφόσον αποκατασταθεί σταδιακά το παλιό δίκτυο των δεξαμενών, τα νερά να διοχετεύονται κατάλληλα προς τη μεγάλη νέα δεξαμενή χιλίων κυβικών στο Μανδράκι, που είναι ήδη συνδεδεμένη με το σύγχρονο δίκτυο του οικισμού. Μπορεί έτσι να δημιουργηθεί ένα ωραίο έργο, να αναδειχτεί η αρχιτεκτονική παράδοση και ιστορία του τόπου και να δοθεί ταυτόχρονα μια σημαντική επάρκεια νερού στον οικισμό.

Ρόδος, Σεπτέμβριος 2010

Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΚΥΚΛΑΔΕΣ ΚΑΙ ΣΤΑ ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

*του Ηλία Νόκα-Ζωγράφου,
Προϊσταμένου Δ/σης Υδάτων Περιφέρειας Ν. Αιγαίου*

Στο τέλος της δεκαετίας του '70 στα πιο πολλά νησιά των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων ο τουρισμός δεν είχε αναπτυχθεί ιδιαίτερα. Τα νησιά ήταν γεωγραφικά απομονωμένα και με πολύ χαμηλό επίπεδο δημόσιων υποδομών, πολλά από αυτά χωρίς λιμάνια και δρόμους πρόσβασης στους οικισμούς.

Την εποχή εκείνη, όπως είναι φυσικό, η χρήση του νερού ακολουθεί ανάλογους ρυθμούς ανάπτυξης και στα πιο πολλά νησιά οι κάτοικοι υδρεύονται ή χρησιμοποιούν για άρδευση νερό που προέρχεται από στέρνες συλλογής βρόχινου νερού, πηγάδια μικρού βάθους αλλά και πηγές.

Υπάρχουν βέβαια και εξαιρέσεις. Για παράδειγμα, στη Σύρο έχουν κατασκευαστεί εκατοντάδες πηγάδια σημαντικού βάθους που φτάνουν και τα 80 μέτρα, είναι δηλαδή από τα βαθύτερα στην Ελλάδα. Στην Κω, επίσης, κατασκευάζονται εκατοντάδες γεωτρήσεις με αυτοσχέδιους μηχανισμούς ακόμα και με τα χέρια, επειδή οι γεωλογικές συνθήκες εκεί είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές.

Ταυτόχρονα, κατασκευάζονται οι πρώτες αφαλατώσεις. Ήδη λειτουργεί στην Ερμούπολη μια αφαλάτωση με βραστήρα και το 1980 εγκαθίσταται στη Μύκονο η πρώτη αφαλάτωση με αντίστροφη όσμωση.

Μάλιστα, το ίδιο χρονικό διάστημα μελετάται η κατασκευή του φράγματος στο Μαράθι της Μυκόνου και τελικά επιλέγεται η λύση της αφαλάτωσης λόγω της αβεβαιότητας που υπήρχε σχετικά με την απόδοση του φράγματος, με το δεδομένο ότι δεν υπήρχαν μετρήσεις επιφανειακών απορροών.

Το 1980 αρχίζει επίσης η μεταφορά νερού, στην αρχή με υδροφόρα πλοία του Πολεμικού Ναυτικού και στη συνέχεια και με μισθωμένα πλοία.

Τη δεκαετία του '80, με την έκρηξη του τουρισμού αλλά και με τις σημαντικές παρεμβάσεις στον τομέα των υποδομών, ειδικά σε ό,τι έχει σχέση με τα έργα υδροδότησης, δίνεται μεγάλο βάρος στην έρευνα και αξιοποίηση του υπόγειου νερού τόσο στις Κυκλάδες όσο και στα Δωδεκάνησα.

Για να γίνει κατανοητή η κατάσταση που επικρατούσε εκείνη την περίοδο σημειώνεται ότι:

- Στη Σύρο, εκτός από την Ερμούπολη, την Άνω Σύρο και την Ποσειδωνία, δεν υπήρχαν δίκτυα ύδρευσης ή, όπου υπήρχαν, ήταν ιδιωτικά. Εντελώς συμπτωματικά οι πιο πολλοί από τους προέδρους των κοινοτήτων του νησιού ήταν ταυτόχρονα και υδροπωλητές.
- Στη Σαντορίνη, εκτός από το Καμάρι, δεν υπήρχαν πουθενά δίκτυα ύδρευσης.
- Όπως είναι αναμενόμενο, σε πολλές δεκάδες οικισμών, στις Κυκλάδες κυρίως, δεν υπήρχαν δίκτυα ύδρευσης. Σε μερικούς οικισμούς μάλιστα (κυρίως στην Άνδρο, αλλά όχι μόνο εκεί) δεν υπάρχουν δίκτυα ούτε και σήμερα.

Τη δεκαετία του '80, λοιπόν, σε γενικές γραμμές διαπιστώθηκαν οι δυνατότητες άντλησης του υπόγειου νερού για έργα μεγάλης κλίμακας, τα οποία αφορούσαν την ύδρευση ενός ολόκληρου νησιού ή τουλάχιστον σημαντικών περιοχών των μεγάλων νησιών.

Ήδη από την περίοδο εκείνη διαφάνηκε ότι πολλά νησιά δεν μπορούν να καλύψουν τα υδατικά ελλείμματα με τοπικούς πόρους (που σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα ήταν ελλείμματα στην ύδρευση) και συνεπώς θα έπρεπε να επιλεγούν μη συμβατικές μέθοδοι.

Στο τέλος της δεκαετίας του '80 ξεκίνησε να υλοποιείται από πρώην υπουργό Γεωργίας ένα πολύ φιλόδοξο πρόγραμμα αξιοποίησης των επιφανειακών νερών, κυρίως με την αντιγραφή της μεθοδολογίας που είχε εφαρμόσει η Κύπρος, δηλαδή με την κατασκευή εξωχειμάρριων δεξαμενών επενδεδυμένων με συνθετικά υλικά χωρητικότητας –συνήθως– της τάξης των 100-500.000m³. Αυτές είναι οι ονομαζόμενες λιμνοδεξαμενές. Στην πράξη, επειδή έγινε γρήγορα αντιληπτό ότι αυτή η μεθοδολογία δεν μπορούσε να εφαρμοστεί παντού, κρίθηκε χρήσιμη και η κατασκευή φραγμάτων αποθήκευσης του επιφανειακού νερού.

Επειδή στην περιοχή των νησιών του Αιγαίου δεν υπήρχαν σταθμοί καταγραφής υδρολογικών δεδομένων και κυρίως σταθμοί μέτρησης της απορροής, ήταν ευνόητο ότι υπήρχε σοβαρός κίνδυνος αστοχίας των κατασκευών, κάτι που τελικά δεν αποφεύχθηκε. Μπορούμε να είμαστε σήμερα περήφανοι που ως τοπικές κοινωνίες των νησιών του Νοτίου Αιγαίου αντισταθήκαμε στον πειρασμό να δεχτούμε και να επικροτήσουμε την κατασκευή έργων με σημαντικό προϋπολογισμό, που ναι μεν θα τα χρηματοδοτούσε η απρόσωπη κεντρική διοίκηση (δηλαδή το Υπουργείο Γεωργίας μέσω του Β' ΚΠΣ), αλλά θα είχαν πολύ φτωχά αποτελέσματα ή ήταν έργα δεύτερης προτεραιότητας λόγω της ύπαρξης πολύ πιο οικονομικών λύσεων.

Ενδεικτικά –και μόνο για τις Κυκλάδες– αναφέρω τα εξής έργα για την υλοποίηση των οποίων σταθήκαμε αντιμέτωποι: φράγμα Αετού στη Σύρο, λιμνοδεξαμενές Συρίγου, Τούρλου και Καβουροποτάμου Πάρου, λιμνοδεξαμενές Αεροδρομίου Α

και Αεροδρομίου Β στη Θήρα, λιμνοδεξαμενή Αγίας Ειρήνης Ανάφης, φράγμα Αγίου Ιωάννη Μήλου, φράγμα Ατενίου Άνδρου, φράγμα Κρεμμυδιού Κέας, φράγμα Επισκοπής Κύθνου, λιμνοδεξαμενή Καταπόλων Αμοργού, λιμνοδεξαμενή Κυνίδας Νάξου.

Συνολικά μελετήθηκαν είκοσι έξι έργα στις Κυκλάδες σε επίπεδο οριστικής μελέτης, από τα οποία κατασκευάστηκαν δέκα, ενώ στα Δωδεκάνησα υλοποιήθηκαν δώδεκα έργα.

Παρ' όλο που στο πλαίσιο αυτής της διαδικασίας πραγματοποιήθηκαν έργα με σημαντικά θετικά αποτελέσματα, όπως η λιμνοδεξαμενή Εγγαρών και το φράγμα της Φανερωμένης στη Νάξο, το φράγμα Μυλοπόταμου στην Ίο, τα φράγματα Μαραθίου και Άνω Μεράς στη Μύκονο, το φράγμα της Απολλακιάς στη Ρόδο και το φράγμα της Αστυπάλαιας, δεν αποφεύχθηκαν αστοχίες για διαφορετικούς λόγους στην κάθε περίπτωση.



Φράγμα Άνω Μεράς, Μύκονος.



Φράγμα Βακέτας, Τήνος.

Ως χαρακτηριστικές αποτυχίες (κυρίως σε θέματα επιλογών και όχι κατασκευής) σημειώνω τις λιμνοδεξαμενές Λιβάδας στην Τήνο, της Τήλου, των Λειψών, τα φράγματα στο Παρθένι της Λέρου και της Πάτμου, τις λιμνοδεξαμενές στην Κάλυμνο και τη Νίσυρο.



Λιμνοδεξαμενή Λιβάδας υπό το χρονικό πρίσμα είκοσι ετών, Τήνος.

Προσπαθώντας να ερμηνεύσουμε τις παραπάνω αποτυχίες επιλογών, μπορούμε να αναφέρουμε τους εξής παράγοντες που επέδρασαν καθοριστικά:

- Έλλειψη υδρολογικών δεδομένων.
- Μαζική παραγωγή μελετών και έργων (περίπου σαράντα μελέτες σε Κυκλάδες και Δωδεκάνησα) μέσα σε πολύ λίγο χρόνο και με συνοπτικές διαδικασίες (όλες οι μελέτες έγιναν μέσα σε μια τριετία, με ευνόητες συνέπειες για την ποιότητά τους).
- Πολιτικές πιέσεις (κυρίως από τις τοπικές κοινωνίες) για να υλοποιηθούν μελέτες που είχαν εκπονηθεί. Επικράτησε η λογική διεκδίκησης των έργων με βάση την αρχή ότι κάποιος τρίτος (δηλαδή το απρόσωπο κράτος) πληρώνει.
- Μονοδιάστατη αντίληψη περί αξιοποίησης των επιφανειακών νερών με έργα μεγάλης κλίμακας, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η δυνατότητα συνδιαχείρισης επιφανειακών και υπόγειων νερών. Έλειψε επίσης ολοκληρωτικά (και δυστυχώς λείπει μέχρι και σήμερα) η λογική της κατασκευής «έξυπνων» έργων, δηλαδή έργων που να συνδυάζουν καλή απόδοση και μικρό κόστος.

Η αλήθεια είναι ότι η πολιτική παραγωγής δημόσιων έργων, μέχρι πρόσφατα τουλάχιστον, προμοδοτούσε τις μεγάλες και κυρίως τις επιπόλαιες κατασκευές γιατί συνέδεε την αμοιβή του μελετητή με τον προϋπολογισμό του έργου. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση ενός «φαραωνικού» έργου που μελετήθηκε από το Υπουργείο Γεωργίας στη Νάξο. Το έργο που μελετήθηκε ήταν η κατασκευή αρδευτικών δικτύων σε μεγάλες περιοχές της Δυτικής Νάξου. Προβλεπόταν η διανομή 5,5 εκατ. κυβικών μέτρων νερού από τρεις ταμιευτήρες, ένας εκ των οποίων (φράγμα Τσιγκαλαρείου)

δεν είχε (ούτε έχει) κατασκευαστεί, συνεπώς δεν ήταν (ούτε είναι) γνωστή η αποδοτικότητα του. Αλλά και από τους άλλους δύο ταμειυτήρες (λ/δ Εγγαρών, φράγμα Φανερωμένης) υπερεκτιμήθηκε σε απίστευτο βαθμό η δυνατότητα λήψης νερού για άρδευση. Ήταν σε όλους γνωστό ότι ειδικά από το φράγμα της Φανερωμένης το νερό επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά για την υδροδότηση της πόλης της Νάξου και της τουριστικά αναπτυγμένης δυτικής περιοχής του νησιού. Έτσι, η επί χάριτος άσκηση που έκανε γνωστό μελετητικό γραφείο –και που αποδέχτηκε μάλλον άκριτα η αρμόδια υπηρεσία του Υπουργείου– απέφερε αμοιβή 1.000.000 ευρώ στους μελετητές. Είναι τουλάχιστον ευτύχημα που το έργο αυτό (προϋπολογισμού 30.000.000 ευρώ!) δεν έχει δημοπρατηθεί μέχρι σήμερα γιατί τότε η σπατάλη χρημάτων θα ήταν πολύ μεγαλύτερη...

Τέλος, η έλλειψη ενός οργάνου που θα συντόνιζε σε στοιχειώδες επίπεδο όλους τους εμπλεκόμενους φορείς που σχετίζονται με τη διαχείριση του νερού (Υπουργείο Γεωργίας, ΥΠΕΧΩΔΕ, νομαρχίες, ΟΤΑ, ΙΓΜΕ κ.λπ.) είχε σαν αποτέλεσμα ο κάθε φορέας, και κυρίως το Υπουργείο Γεωργίας, να υλοποιεί δράσεις που δεν ήταν πάντα οι καλύτερες. Αυτή η κακοδαιμονία της διοίκησης συνεχίζεται δυστυχώς μέχρι και σήμερα, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την υδροδότηση των λεγόμενων άνυδρων νησιών των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων, που χάρη στην ανικανότητα του συστήματος διατηρεί σε πλήρη λειτουργία την πολυδάπανη μεταφορά νερού με πλοία.

Παρ' όλο, λοιπόν, που η ιδέα για την αντικατάσταση της μεταφοράς νερού με έργα αφαλάτωσης είχε ωριμάσει ήδη από το 2001, δεδομένου ότι η τεχνολογία των αφαλάτωσης είχε ιδιαίτερα εξελιχτεί, η πολιτεία δεν τόλμησε να πάρει αποφάσεις φοβούμενη την έλλειψη ενός οργανωμένου συστήματος καλής λειτουργίας και συντήρησης των μονάδων σε μικρά νησιά, στα οποία πράγματι οι δυνατότητες τεχνικής υποστήριξης ήταν (και είναι) περιορισμένες. Για το λόγο αυτό οι τοπικοί φορείς (και εννοώ τη Ν.Α. Κυκλάδων) πρότειναν τη βελτιστοποίηση τουλάχιστον του συστήματος μεταφοράς νερού με υδροφόρα πλοία, με θέση υδροληψίας την Ανατολική Νάξο αντί για το Λαύριο. Το νερό βρέθηκε, απέμενε η υλοποίηση ενός έργου αξιοποίησης του υπόγειου νερού κόστους 1,5 εκατ. ευρώ. Ο χρόνος απόσβεσης του έργου αυτού υπολογίστηκε σε μόλις δύο χρόνια. Παρ' όλα αυτά, ο τότε αρμόδιος υπουργός αποφάνθηκε (επισκεπτόμενος την περιοχή υδροληψίας με ελικόπτερο) ότι το έργο αυτό δεν ήταν το σωστό. Στο μεταξύ, αλλά έξι χρόνια πέρασαν από τότε και τα καράβια συνέχιζαν και συνεχίζουν να μεταφέρουν νερό με κόστος πάνω από 4 εκατ. ευρώ το χρόνο μόνο για τις Κυκλάδες.

Τον Ιούνιο του 2010 ο αρμόδιος υπουργός θέτει ένα καινούριο θέμα, υποστηρίζοντας πως το μείζον πρόβλημα δεν είναι η συντήρηση των μονάδων αφαλάτωσης, αλλά η εξασφάλιση της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτεί η διαδικασία της αφαλάτωσης. Συνεπώς, το μεγαλύτερο τουλάχιστον μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέ-

πει να προέρχεται από ΑΠΕ. Θέτει, μάλιστα, το αρμόδιο Υπουργείο σε δημόσια διαβούλευση όχι μόνο τα παραπάνω θέματα αλλά και την τεχνολογική λύση που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Λες και σε αυτή τη χώρα δεν υπάρχουν ειδικοί στον κρατικό μηχανισμό που να μπορούν να επιλέξουν τεχνολογικές λύσεις για αφαλάτωσεις μικρών νησιών που θα παράγουν σε περίοδο αιχμής μόλις 100-500 m³/ημέρα. Λες και κάνουν λάθος όλοι οι τοπικοί φορείς στις Κυκλάδες και στα Δωδεκάνησα οι οποίοι έχουν επιλέξει μια συγκεκριμένη τεχνολογική λύση για τις μονάδες που ήδη λειτουργούν (και οι οποίες μάλιστα είναι πολύ μεγαλύτερες από τις αναγκαίες μονάδες των μικρών νησιών). Είναι φυσικά γνωστό ότι το ενεργειακό πρόβλημα των νησιών είναι πράγματι υπαρκτό, όπως επίσης υπαρκτό είναι και το θέμα της σημαντικής κατανάλωσης ενέργειας των μονάδων αφαλάτωσης.

Αν, όμως, με τέτοιο δεσμευτικό τρόπο προχωρήσει το θέμα της παραγωγής μόλις 1.800 m³/ημέρα από εννέα διαφορετικές μονάδες αφαλάτωσης στα μικρά νησιά των Κυκλάδων με χρήση ΑΠΕ, είναι βέβαιο ότι και έπειτα από μία δεκαετία πάλι το καράβι θα μεταφέρει νερό. Το τραγελαφικό είναι ότι ενώ δεν τίθεται ενεργειακό θέμα για τις προγραμματιζόμενες να κατασκευαστούν μονάδες αφαλάτωσης στην Πάρο (2.500 m³/ημέρα) και τη Θήρα (2.500 m³/ημέρα), στα μικρά νησιά τίθεται περίπου ως προϋπόθεση να γίνει χρήση ΑΠΕ για τις εννέα μικρές μονάδες που θα έχουν μέγιστη ημερήσια παραγωγή μόλις 2.000 m³/ημέρα.

Υπόγειο νερό

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ιδιαίτερη ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης, που τροφοδοτείται και από τα ΜΜΕ αλλά και από ειδικούς (με ή χωρίς εισαγωγικά) γύρω από το θέμα των γεωτρήσεων στα νησιά. Πρέπει να ομολογήσουμε ότι το θέμα δεν είναι ανύπαρκτο, αλλά πρέπει να επισημάνουμε ότι η επικέντρωση της συζήτησης για τη διαχείριση του νερού αποκλειστικά και μόνο στο θέμα των γεωτρήσεων και μάλιστα των ιδιωτικών είναι σαφώς αποπροσανατολιστική για τους εξής λόγους:

1. Το υδατικό πρόβλημα –όπου αυτό παρατηρείται– δεν το δημιουργούν οι γεωτρήσεις, αλλά η συνεχιζόμενη αύξηση της ζήτησης νερού για την ύδρευση, τον τουρισμό αλλά και την παραθεριστική κατοικία. Άρα, αντί να χτυπάμε το σαμάρι, ας δούμε τι θα κάνουμε με το γάδιδαρο.

2. Η ζήτηση υπόγειου νερού από ιδιώτες, η οποία αναφέρεται ως «υδρευτική χρήση», επικεντρώνεται σε περιοχές που δεν υπάρχουν δίκτυα ύδρευσης των ΟΤΑ και όπως είναι ευνόητο αναπτύσσεται η εκτός σχεδίου δόμηση.

Είναι προφανές ότι οι ΟΤΑ ούτε είχαν ούτε πρόκειται να έχουν αλλά και ούτε πρέπει να έχουν την πολυτέλεια να κατασκευάζουν και να συντηρούν δίκτυα ύδρευ-

σης οπουδήποτε μέσα στο γεωγραφικό χώρο ευθύνης τους για να καλύπτουν τις υδατικές ανάγκες των παραθεριστών στη διάρκεια του καλοκαιριού.

Το υπόγειο νερό στα νησιά και όχι μόνο είναι ανανεώσιμος φυσικός πόρος. Το στοίχημα για κάθε νησί είναι να μπορέσουμε να αξιοποιήσουμε το υπόγειο νερό που ανανεώνεται στη διάρκεια του χρόνου χωρίς να δημιουργούνται μείζοντα περιβαλλοντικά προβλήματα, δηλαδή χωρίς να διεισδύει η θάλασσα στο εσωτερικό των νησιών και χωρίς να εξαντλούνται οι υδροφόροι. Στα μεγαλύτερα νησιά των Κυκλάδων, εκεί δηλαδή όπου παρατηρείται και η μεγαλύτερη αύξηση της ζήτησης του νερού, η γεωλογική δομή δεν επιτρέπει σε γενικές γραμμές τη διείσδυση της θάλασσας στη στεριά. Εξαιρέση είναι η Σαντορίνη. Αυτός είναι ο λόγος που στα περισσότερα νησιά των Κυκλάδων, παρά τα αντιθέτως λεγόμενα και εκτός φυσικά από μεμονωμένες περιπτώσεις, δεν παρατηρούνται προβλήματα ποιοτικής υποβάθμισης του υπόγειου νερού εξαιτίας της διείσδυσης της θάλασσας. Προβλήματα υφαλμύρωσης στα νησιά παρατηρούνται κυρίως στις προσχωσιγενείς παράκτιες περιοχές όπως αυτές στο Μάννα, στον Γαλησσά, στον Φοίνικα, στη Βάρη στη Σύρο, στο Λειβάδι και στις Εγγαρές στη Νάξο, στις Ποίσες στην Κέα, στον Κάμπο των Καταπόλων στην Αμοργό, στον Κάτω Κάμπο στην Ίο, στις Καμάρες στη Σίφνο, στη Φτελιά στη Μύκονο. Αυτή όμως η υφαλμύρωση δεν οφείλεται στις γεωτρήσεις αλλά στα πηγάδια, τα οποία μάλιστα κατασκευάστηκαν πριν από 40-50 χρόνια, πριν δηλαδή την έλευση του τουρισμού.

3. Σημαντικό θέμα δεν είναι ο αριθμός των γεωτρήσεων που υπάρχουν, αλλά η παροχή άντλησης και μάλιστα σε ετήσια ή και υπερετήσια βάση. Στο 90% των ιδιωτικών γεωτρήσεων που έχουν γίνει στις Κυκλάδες, η άντληση είναι περιορισμένη και φτάνει τα 1.000 m³/έτος.

Αν εξαιρέσει κανείς τη Σύρο και τη Νάξο, δεν υπάρχουν αλλού αγρότες που να καταναλώνουν ποσότητες νερού μεγαλύτερες από τις προαναφερόμενες. Στα δε εξοχικά σπίτια ή στις μόνιμες κατοικίες που υδροδοτούνται από γεωτρήσεις η κατανάλωση είναι επίσης περιορισμένη και σαφώς μικρότερη από 1.000 m³/χρόνο. Η υδρογεωλογική δομή των Κυκλάδων θα έλεγα, μάλιστα, ότι επιβάλλει τη διασπορά των σημείων υδροληψίας. Ο συντετός κανόνας διαχείρισης του υπόγειου νερού, αντίθετα από ό,τι πιστεύεται, πρέπει λοιπόν να είναι πολλές υδροληψίες μικρής παροχής και όχι λίγες υδροληψίες από την υπεράντληση των οποίων υπάρχει κίνδυνος εξάντλησης των υδροφόρων.

4. Έχει αποδειχτεί ότι οι απαγορεύσεις δεν μπορούν να περιορίσουν τη ζήτηση νερού. Αν η ζήτηση νερού από ιδιώτες δεν μπορεί να ικανοποιηθεί, ακόμα κι αν πρόκειται για καθαρά καταναλωτική χρήση, όπως είναι το πότισμα των κήπων και το γέμισμα των πισινών, αναπτύσσονται φαινόμενα εμπορίας νερού ή ευνοείται η κατασκευή παράνομων υδροληψιών. Ειδικά για την εμπορία νερού, πρέπει να σημειώσουμε ότι συντελεί στη δημιουργία κερδοσκοπίας και εξάρτησης και επιπλέον δη-

μιουργεί περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αφού ο έμπορος νερού νοιάζεται για το κέρδος του σήμερα και όχι για τη διατήρηση του υπόγειου νερού στο μέλλον.

Τέλος, ως σημαντικά θέματα που θα πρέπει να απασχολήσουν τις τοπικές κοινωνίες και την πολιτεία γύρω από το θέμα της συνετής διαχείρισης του υπόγειου και του επιφανειακού νερού στις Κυκλάδες και στα Δωδεκάνησα αναφέρονται ενδεικτικά και επιγραμματικά τα εξής:

α) Η σύγκρουση ανάμεσα σε διαφορετικές χρήσεις, δηλαδή ανάμεσα στην ύδρευση και την άρδευση. Ας σημειωθεί ότι και στον τομέα του νερού, η χρήση νερού για αναψυχή, τουρισμό, παραθεριστική κατοικία έχει ουσιαστικά κυριαρχήσει επί της άρδευσης, δημιουργώντας ένα επιπλέον πρόβλημα στην ανάπτυξη ή έστω στη διατήρηση της γεωργίας.

Ας μην ξεχνάμε ότι όλα τα φράγματα και οι λιμνοδεξαμενές κατασκευάστηκαν από πόρους των Γεωργικών Ταμείων και οι αγρότες είναι αμφίβολο αν χρησιμοποιούν το 10% του νερού που αποθηκεύεται στους ταμιευτήρες των νησιών του Νοτίου Αιγαίου για αρδευτική χρήση.

β) Η ρύπανση του υπόγειου νερού από τη διάθεση των μη επεξεργασμένων λυμάτων στο υπέδαφος από τις χιλιάδες κατοικιών σε περιοχές εκτός σχεδίου δόμησης.

γ) Η έλλειψη θεσμικού πλαισίου για τη δημιουργία κινήτρων και υποχρεώσεων για την εξοικονόμηση νερού.

Είναι χαρακτηριστικό ότι για την υποχρέωση κατασκευής δεξαμενών νερού σε κάθε οικοδομή γίνεται συζήτηση και λαμβάνονται αποφάσεις συλλογικών οργάνων, όπως στο νομαρχιακό συμβούλιο, ήδη από τη δεκαετία του '80. Παρ' όλα αυτά, υπάρχει αδυναμία της κεντρικής διοίκησης να αντιληφθεί το μέγεθος του προβλήματος και την αναγκαιότητα εφαρμογής του μέτρου που για τα δεδομένα των νησιών είναι αυτονόητα. Όμως αδυναμία έχουν και οι τοπικοί παράγοντες που θα όφειλαν να έχουν διεκδικήσει (απαιτήσει) με αποτελεσματικό τρόπο την υποχρεωτική κατασκευή δεξαμενών βρόχινου νερού (στερνών) σε κάθε οικοδομή.

Ειδικά για τις δεξαμενές βρόχινου νερού δε θα πρέπει να παραληφθεί η εξής σημαντική παράμετρος: οι δεξαμενές αυτές, εφόσον υπάρχουν σε κάθε οικοδομή όπου γίνεται χρήση νερού, δεν αποθηκεύουν απλά μια ορισμένη ποσότητα νερού όπως πιστεύεται. Συντελούν –κυρίως– στη μείωση της ολικής κατανάλωσης αιχμής και την αύξηση της αξιοπιστίας των συλλογικών συστημάτων υδροδότησης στην περίοδο αιχμής που είναι μόλις δύο μήνες στη διάρκεια του χρόνου – γιατί είναι γνωστό ότι το κύριο υδατικό πρόβλημα στα νησιά παρατηρείται για μόλις δύο μήνες το χρόνο.



Πότισμα ζώων από στέρνα
στη Φολέγανδρο
(φωτό: Ηλ. Νόκας-Ζωγράφος).



Αντίπαρος
(φωτό: Ηλ. Νόκας-Ζωγράφος).

5. Τέλος, η επερχόμενη νέα τιμολόγηση του νερού με βάση την οδηγία 2000/60, στην οποία θα περιλαμβάνεται και το περιβαλλοντικό κόστος της χρήσης ενός φυσικού πόρου, ως ελπίζουμε ότι θα αποτελέσει μια αφετηρία διαλόγου που θα οδηγήσει σε πιο σοφή διαχείριση του νερού και οπωσδήποτε στον περιορισμό του καταναλωτικού μοντέλου στη χρήση του.

ΕΝΟΤΗΤΑ Γ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.
ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΗΣΙΑ

του Αριστοτέλη Παπαδόπουλου,
ΕΘΙΑΓΕ/Ινστιτούτο Εδαφολογίας Θεσσαλονίκης, 57- 01 Θέρμη – Θεσσαλονίκη

Το ερευνητικό έργο

Το Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘΙΑΓΕ) εκτελεί από το 1995 ένα ερευνητικό-πilotικό έργο στην περιοχή του Γαλλικού ποταμού Ν. Θεσσαλονίκης (φωτό 1), το οποίο αφορά την κατασκευή συστημάτων φυσικής επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων και την επαναχρησιμοποίησή τους για άρδευση. Το έργο αυτό χρηματοδοτήθηκε την περίοδο 1995-1998 από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας στο πλαίσιο του προγράμματος της Ευρωπαϊκής Ένωσης ΕΠΕΤ II.

Για τους σκοπούς του έργου αυτού κατασκευάστηκαν σε έκταση περίπου 40 στρεμμάτων, κοντά στην υφιστάμενη Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θεσ/νίκης (ΕΕΛΘ), από την οποία τροφοδοτούνται με μικρές ποσότητες λυμάτων, πιλοτικές διατάξεις φυσικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων (δεξαμενές σταθεροποίησης, τεχνητοί υγρότοποι). Επίσης, κατασκευάστηκαν πειραματικοί αγροί (φωτό 2) και θερμοκήπιο επαναχρησιμοποίησης που αρδεύονται με τις επεξεργασμένες εκροές τόσο της ΕΕΛΘ όσο και των φυσικών συστημάτων.



ΦΩΤΟ 1: Γενική άποψη έργου.



ΦΩΤΟ 2: Πειραματικός αγρός επαναχρησιμοποίησης (τεύτλα).

Αρχή λειτουργίας

Η λειτουργία των συστημάτων αυτών βασίζεται στην εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας από το φυτοπλαγκτόν, το οποίο με το οξυγόνο που παράγει κατά τη φωτοσύνθεση διευκολύνει τους αερόβιους μικροοργανισμούς στην αποσύνθεση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων, ενώ συγχρόνως η υπερϊώδης ηλιακή ακτινοβολία καταστρέφει τους παθογόνους μικροοργανισμούς. Η λειτουργία τους γίνεται χωρίς την ύπαρξη δυσοσμίας, αναβαθμίζοντας αισθητικά την περιοχή κατασκευής τους.

Πλεονεκτήματα

Από τα αποτελέσματα του έργου προέκυψαν τα εξής:

- Τα φυσικά συστήματα δεν απαιτούν σημαντικές λειτουργικές δαπάνες, σε αντίθεση με τους συμβατικούς βιολογικούς καθαρισμούς.
- Η επεξεργασία των λυμάτων είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική, ενώ συγχρόνως επιτυγχάνεται φυσική απολύμανση χωρίς τη χρήση χλωρίου.
- Η ελάχιστη παραγωγή ιλύος (απομάκρυνση ιλύος ανά πενταετία περίπου).

Τα παραπάνω πλεονεκτήματα καθιστούν τη μέθοδο των φυσικών συστημάτων ιδιαίτερα ελκυστική, κυρίως για μικρές πόλεις και χωριά έως 5.000 κατοίκους. Τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς οι συμβατικές μονάδες βιολογικού καθαρισμού απαιτούν σημαντικά λειτουργικά έξοδα σε ηλεκτρική ενέργεια, χημικές ουσίες, συντήρηση ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και εξεύρεση και μισθοδοσία εξειδικευμένου προσωπικού, που οι μικροί οικισμοί αδυνατούν να αντιμετωπίσουν, με αποτέλεσμα να μη λειτουργούν ικανοποιητικά μετά την αρχική κατασκευή τους. Αντίθετα, τα φυσικά συστήματα, εφόσον σχεδιαστούν και κατασκευαστούν σωστά, λειτουργούν πρακτικά μόνα τους.

Με την επαναχρησιμοποίηση για άρδευση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, εφόσον αυτή γίνεται κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις (αποτελεσματική απολύμανση, σύστημα άρδευσης κ.λπ.), επιτυγχάνονται:

- Εξοικονόμηση φρέσκου νερού.
- Εξοικονόμηση λιπασμάτων, λόγω των θρεπτικών ενώσεων που περιέχουν.
- Προστασία των υδάτινων αποδεκτών (θάλασσα, λίμνες, ποτάμια).

Επεξεργασία βοθρολυμάτων

Το 2008 άρχισε ένα πείραμα φυσικής επεξεργασίας βοθρολυμάτων σε μία από τις τρεις σειρές δεξαμενές σταθεροποίησης.

Για τους σκοπούς του πειράματος διατίθενται, από τον Μάρτιο του 2008, βοθρολύματα στην πρώτη δεξαμενή, τα οποία μεταφέρονται με βυτίο εκκένωσης βόθρων από την πέριξ της Σίνδου περιοχή (φωτό 3). Η μέση ημερήσια παροχή λυμάτων ήταν $43 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ για το σύνολο του πειράματος (Ιούλιος 2008-Δεκέμβριος 2009). Η παροχή αυτή διαφοροποιήθηκε έχοντας μεγαλύτερη τιμή τους θερινούς ($58 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$) και μικρότερη ($36 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$) κατά τους χειμερινούς μήνες. Η διαφοροποίηση αυτή έγινε κυρίως για δύο λόγους: i) κατά τη θερμή περίοδο του έτους η αποδοτικότητα των συστημάτων αυτών αυξάνεται και ii) το καλοκαίρι οι περισσότεροι οικισμοί στην Ελλάδα εμφανίζουν σημαντική αύξηση του πληθυσμού τους.



ΦΩΤΟ 3: Διάθεση βοθρολυμάτων στην πρώτη δεξαμενή.

Τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι:

- Σε όλες τις φάσεις λειτουργίας του συστήματος τόσο η μείωση του BOD_5 ($> 90\%$) όσο και η συγκέντρωση των TSS ($< 70 \text{ mg/L}$) ικανοποίησαν τα όρια της ΕΕ.
- Η απομάκρυνση του αμμωνιακού αζώτου ήταν ικανοποιητική ($> 70\%$).
- Η συγκέντρωση των *E. coli* στην έξοδο, κατά τη θερμή περίοδο, ικανοποίησε το όριο ($< 1.000 \text{ cfu/100 mL}$) του ΠΟΥ για άρδευση χωρίς περιορισμούς.
- Δεν υπήρξαν δυσάρεστες οσμές σε όλη τη διάρκεια λειτουργίας των δεξαμενών.

Εφαρμογές στην πράξη δεξαμενών σταθεροποίησης

Ολοκληρώθηκε η κατασκευή δύο εγκαταστάσεων φυσικών συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και επαναχρησιμοποίησής τους για άρδευση στα χωριά Βεγόρα (φωτό 4) και Φαράγγι (φωτό 5) του Ν. Φλώρινας, που βρίσκονται στις όχθες της Βεγορίτιδας λίμνης. Τα δύο έργα εγκαινιάστηκαν από τον τότε υπουργό Γεωργίας Γ. Ανωμερίτη στις 3 Οκτωβρίου 2001.

Τα έργα της Βεγόρας και του Φαραγγίου σχεδιάστηκαν για να εξυπηρετούν πληθυσμό 800 και 400 ισοδύναμων κατοίκων, η δε έκταση που καταλαμβάνουν είναι 12 και 6 στρέμματα αντίστοιχα. Τα ανεπεξέργαστα λύματα, μέσω του κεντρικού αποχετευτικού δικτύου, εισέρχονται αρχικά σε μία αναερόβια κλειστή δεξαμενή από σκυρόδεμα και στη συνέχεια σε μία σειρά τριών αερόβιων χωμάτινων δεξαμενών σταθεροποίησης (μία επαμφοτερίζουσα και δύο ωρίμανσης), επενδεδυμένων με γεωμεμβράνη. Τέλος, οι επεξεργασμένες εκροές συγκεντρώνονται σε μία χωμάτινη, επενδεδυμένη δεξαμενή αποθήκευσης για πιθανή άρδευση. Οι εκροές που δε χρησιμοποιούνται για άρδευση διατίθενται με υπόγειο διάτρητο αγωγό στο έδαφος.



ΦΩΤΟ 4: Φυσικό σύστημα Βεγόρας.



ΦΩΤΟ 5: Φυσικό σύστημα Φαραγγίου.

Ολοκληρώθηκε η κατασκευή και εγκαινιάστηκε από τον τότε υπουργό Γεωργίας Γ. Δρυ στις 31 Αυγούστου 2002 ανάλογο έργο στον Δήμο Μούδρου της νήσου Λήμνου (φωτό 6) στο πλαίσιο του προγράμματος INTERREG IIc-Εηρασία. Το έργο αυτό κατασκευάστηκε σε έκταση περίπου 10 στρεμμάτων στο χωριό Ρουσοπούλι του Δήμου Μούδρου της Λήμνου για να εξυπηρετήσει 4.000 κατοίκους. Απ' αυτούς οι 400 κάτοικοι είναι ο μέγιστος αριθμός στο χωριό Ρουσοπούλι, που διαθέτει αποχετευτικό δίκτυο, οι δε υπόλοιποι είναι της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Μούδρου, οι οποίοι σταδιακά και σε δοκιμαστική φάση θα εξυπηρετηθούν μέσω της μεταφοράς των βοθρολυμάτων τους στο υπόψη σύστημα. Το έργο περιλαμβάνει δύο καλυμμένες αναερόβιες δεξαμενές από οπλισμένο σκυρόδεμα, τρεις χωμάτινες δεξαμενές σταθεροποίησης (μία επαμφοτερίζουσα και δύο ωρίμανσης) και ένα χωμάτινο ταμιευτήρα, επενδεδυμένα όλα με γεωμεμβράνη. Στην ενδιάμεση στένωσή του ο ταμιευ-

τήρας φέρει χαλικόφιλτρο για τη συγκράτηση του φυτοπλαγκτού πριν την τελική διάθεση των επεξεργασμένων εκροών σε παρακείμενο ρέμα ή την επαναχρησιμοποίησή τους για άρδευση.

Η θετική εμπειρία του έργου αυτού οδήγησε πρόσφατα (αρχές 2010) στην ολοκλήρωση της κατασκευής ανάλογου έργου στον Δήμο Αττικής της Λήμνου (φωτό 7). Το έργο εξυπηρετεί τα χωριά Αττική και Καρπάσι (συνολικά 1.400 κάτοικοι), που διαθέτουν αποχετευτικό δίκτυο. Το έργο, συνολικής έκτασης περίπου 20 στρεμμάτων, περιλαμβάνει δύο καλυμμένες αναερόβιες δεξαμενές από οπλισμένο σκυρόδεμα και τρεις χωμάτινες δεξαμενές σταθεροποίησης (μία επαμφοτερίζουσα και δύο ωρίμανσης) επενδεδυμένες με γεωμεμβράνη. Η δεύτερη δεξαμενή ωρίμανσης στην έξοδο της ακολουθείται από τεχνητό υγρότοπο υπόγειας οριζόντιας ροής πριν από τη διάθεση των επεξεργασμένων εκροών σε παρακείμενο ρέμα.



ΦΩΤΟ 6: Φυσικό σύστημα Μούδρου ν. Λήμνου.



ΦΩΤΟ 7: Φυσικό σύστημα Αττικής ν. Λήμνου.

Μελέτες παρόμοιων έργων εκπονήθηκαν από το ΕΘΙΑΓΕ σε πάνω από είκοσι χωριά της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας, τα οποία αναμένουν σχετική χρηματοδότηση για την κατασκευή τους.

Εφαρμογή στην πράξη της επαναχρησιμοποίησης για άρδευση

Για την εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων εκροών για άρδευση, αρδεύτηκε πιλοτικά, για δύο συνεχή έτη (1999-2000), ορυζώνας του αρδευτικού δικτύου Σίνδου-Χαλάστρας, με εκροές της ΕΕΛ Θεσσαλονίκης. Τα θετικά αποτελέσματα της πιλοτικής αυτής εφαρμογής, σε συνδυασμό με την ανάλογη έρευνα του

ΕΘΙΑΓΕ στον Γαλλικό, οδήγησαν τελικά στην εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης των εκροών της ΕΕΛ Θεσσαλονίκης για άρδευση καλλιεργειών στην πεδιάδα της Χαλάστρας (φωτό 8). Μέρος των επεξεργασμένων λυμάτων, σε μείγμα με το αρδευτικό νερό του Αξιού ποταμού, χρησιμοποιούνται από το καλοκαίρι του 2007 μέχρι σήμερα (2009), για άρδευση 12.000 στρεμμάτων βαμβακιού, καλαμποκιού και ρυζιού. Για την εφαρμογή αυτή εκδόθηκε το 2005 και η πρώτη στην Ελλάδα Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ/ 141937/7-3-2005/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ) που καθορίζει τα σχετικά κριτήρια.



ΦΩΤΟ 8: Περιοχή επαναχρησιμοποίησης για άρδευση καλλιεργειών των επεξεργασμένων εκροών του Βιολογικού Καθαρισμού Θεσσαλονίκης μεταξύ των ποταμών Αξιού και Γαλλικού.

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΣΕ ΝΗΣΙΩΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

*του δρ. Ιωάννη Κ. Καλαβρουζιώτη,
Επικούρου Καθηγητή Πανεπιστημίου Ιωαννίνων*

Το γεγονός ότι όλοι οι δήμοι με πληθυσμό πάνω από δύο χιλιάδες κατοίκους θα πρέπει να κατασκευάσουν και να λειτουργήσουν βιολογικό καθαρισμό για τα αστικά λύματα είναι αναμφίβολα μια πολύ σημαντική απόφαση στην κατεύθυνση αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Άλλωστε, ένα από τα πλέον σημαντικά περιβαλλοντικά ζητήματα της σύγχρονης κοινωνίας, τουλάχιστον στις μεσογειακές χώρες, είναι τα αστικά λύματα και η παραγόμενη λάσπη των βιολογικών καθαρισμών για τα οποία η μέχρι σήμερα έλλειψη στρατηγικής οδηγεί σε πλείστα προβλήματα. Το μεγάλο αυτό θέμα, που και στη χώρα μας έχει λάβει σοβαρές διαστάσεις και πολλές συζητήσεις, δεν είναι δυνατόν να επιλυθεί όσο η αντιμετώπισή του παραμένει αποσπασματική και ευκαιριακή.

Το θέμα γενικότερα των αποβλήτων και όσων παράγονται μέσα από τις διαδικασίες λειτουργίας των βιολογικών καθαρισμών είναι ανάγκη πλέον να αντιμετωπιστεί στο πλαίσιο μιας νέας βιώσιμης περιβαλλοντικής στρατηγικής, απόλυτα φιλικής προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Μια τέτοια στρατηγική θα πρέπει να περιλαμβάνει έναν υποχρεωτικό σχεδιασμό διαχειριστικών σχεδίων ανά αστικό κέντρο σε νέους και παλιούς λειτουργούντες βιολογικούς καθαρισμούς, ώστε τα αστικά επεξεργασμένα λύματα και οι λάσπες να μην αποτελούν μια αρνητική κατάσταση, αλλά να συνεισφέρουν στην περιβαλλοντική αναβάθμιση περιοχών και να αποτελούν πρακτική άρδευσης και λίπανσης φυτικών ειδών.

Σήμερα η επιστημονική κοινότητα γνωρίζει επακριβώς τα όρια της ασφαλούς επαναχρησιμοποίησης των εκροών σε εδάφη και καλλιέργειες (πρόσφατες, στα τέλη του 2006, οι εκδοθείσες οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας) αλλά και της λάσπης (πρόσφατος ο οδηγός χρησιμοποίησής της που εκδόθηκε από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων). Επομένως, είναι σαφές ότι ο κάθε δήμος, μικρός ή μεγάλος, θα πρέπει να προχωρήσει σε έναν ολοκληρωμένο σχεδιασμό, ώστε

τα απόβλητα να μην αποτελούν πεδίο διαμάχης, αλλά να γίνουν πηγή αναδημιουργίας για προεπιλεγμένες περιοχές εφαρμογής.

Μελετήσαμε την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών λυμάτων στην πεδιάδα Αργινίου, την Πάτρα και την αμπελουργική περιοχή Μεταμόρφωσης Αττικής. Ο σχεδιασμός επαναχρησιμοποίησης για τη Δυτική Ελλάδα πραγματοποιήθηκε σε καλλιεργούμενες εκτάσεις. Υπολογίστηκαν οι υδατικές απαιτήσεις για τις καλλιέργειες των αναφερομένων περιοχών και βρέθηκαν οι δυνατές ποσότητες εκροών που δύναται να επαναχρησιμοποιηθούν με την αξιοποίηση των βιολογικών καθαρισμών στη Δυτική Ελλάδα.

Επίσης, μελετήθηκε η αντιμετώπιση του αρδευτικού προβλήματος σε Αργολίδα και Λακωνία με την επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών λυμάτων βιολογικών καθαρισμών των δύο νομών και αναλύθηκε η μεθοδολογία εφαρμογής σε καλλιέργειες.

Εξάλλου, σε έρευνα που αφορούσε τη μελέτη της επίδρασης της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων του Σταθμού Βιολογικής Επεξεργασίας Αστικών λυμάτων Αργινίου και Μεσολογγίου στη συσσώρευση των μακρο και μικροθρεπτικών και βαρέων μετάλλων στο έδαφος και στα φυτά *Alium cerna* (κρεμμύδι), *Lactuca sativus* (μαρούλι), *Brassica oleracea* var. *Italica* (μπρόκολο) και *Brassica oleracea* var. *Gemmifera* (λαχανάκια Βρυξελλών) βρέθηκαν σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων μετάλλων σε έδαφος, ρίζες και φύλλα.

Έχει σχεδιαστεί μελλοντική εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης εντός του αστικού περιβάλλοντος για χρήσεις στα αστικά συγκροτήματα και σε δενδροστοιχίες της πόλης του Αργινίου. Ο σχεδιασμός αποτελεί την απαραίτητη αντίστοιχη διαχειριστικών προσεγγίσεων εφαρμογής σε αστικά κέντρα, όπως για παράδειγμα το Μεσολόγγι.

Ο προτεινόμενος σχεδιασμός θα επιτρέψει στα νησιά του Αιγαίου που αντιμετωπίζουν σοβαρό πρόβλημα σε σχέση με τους υδατικούς πόρους να επιλύσουν σημαντικές υδατικές τους ανάγκες.

Ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός της επαναχρησιμοποίησης ανά δήμο θα δώσει στη συνέχεια τη δυνατότητα ενός γενικότερου σχεδιασμού ανά νομαρχιακή αυτοδιοίκηση και περιφέρεια. Τέλος, απαιτείται ένας κεντρικός σχεδιασμός με τη συνεργασία των Υπουργείων ΠΕΧΩΔΕ και Αγροτικής Ανάπτυξης, ώστε να καταστεί δυνατή και αξιοποιήσιμη η όλη διαδικασία επαναχρησιμοποίησης και στη χώρα μας.

Είναι η ώρα να περάσουμε από τη λογική των «υδατικών τεχνικών έργων» στην εφαρμογή της «επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων».

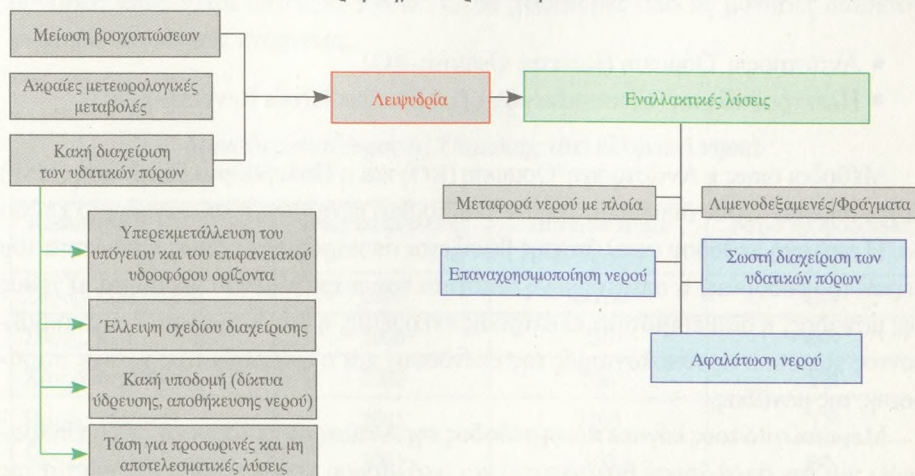
ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ. ΜΙΑ ΛΥΣΗ ΣΤΗ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ*

της Εντυχίας Τζεν,

Μηχ. Μηχανικός BSc, Τεχνολογίες Αφαλάτωσης MSc,
Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας

Η μείωση των βροχοπτώσεων, οι ακραίες μετεωρολογικές μεταβολές και η κακή διαχείριση των υδατικών πόρων είναι μερικοί παράγοντες που οδήγησαν πολλές χώρες στον κόσμο σε αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ύδρευσης. Στην Ελλάδα η κακή διαχείριση των υδατικών πόρων θεωρείται από τα σημαντικότερα αίτια στο πρόβλημα της λειψυδρίας και οφείλεται στην υπερεκμετάλλευση του υπόγειου και του επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα, την έλλειψη σχεδίου διαχείρισης, την κακή υποδομή όσον αφορά τα δίκτυα ύδρευσης και αποθήκευσης νερού και την τάση για προσωρινές και μη αποτελεσματικές λύσεις (Διάγραμμα 1). Σε πολλές περιπτώσεις οι εναλλακτικές λύσεις που εφαρμόστηκαν, όπως λ.χ. η κατασκευή λιμνοδεξαμενών/φραγμάτων, δε θεωρήθηκαν ικανές ή οικονομικά βιώσιμες για να αποτελέσουν λύση στο πρόβλημα της λειψυδρίας.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1
Το πρόβλημα νερού στην Ελλάδα



* Απόσπασμα από την ομιλία στην ημερίδα της Σύρου, 19-06-2010.

Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της μεταφοράς νερού με δεξαμενόπλοια στα ελληνικά νησιά, που αποτελεί εδώ και πολλά χρόνια τον πιο διαδεδομένο τρόπο παροχής νερού, γεγονός όμως που επιβαρύνει κατά πολύ το ταμείο του κράτους. Από αναφορές, στα ελληνικά νησιά (Δωδεκάνησα, Κυκλάδες) το κόστος του νερού ανά κυβικό μέτρο κυμαίνεται από 4-8 ευρώ, ενώ ποιοτικά δε χαρακτηρίζεται ως πόσιμο. Επιπλέον, η διάθεσή του δεν είναι πάντα εφικτή είτε λόγω της αυξημένης ζήτησης ή είτε λόγω της αδυναμίας προσέγγισης των δεξαμενόπλοιων στα λιμάνια των μικρών νησιών.

Η χρήση μονάδων αφαλάτωσης για την παραγωγή καθαρού νερού (πόσιμου ή αποσταγμένου) από υφάλμυρο ή θαλασσινό νερό είναι ίσως η πιο αξιόπιστη λύση στην ουσιαστική αντιμετώπιση της λειψυδρίας. Ήδη αρκετές χώρες της Μεσογείου και της Μέσης Ανατολής, όπως η Ισπανία, η Μάλτα και η Σαουδική Αραβία, καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών τους σε νερό με τη χρήση συστημάτων αφαλάτωσης. Επιπλέον, χώρες όπως η Ινδία και η Κίνα, οι οποίες χαρακτηρίζονται από συνεχή πληθυσμιακή αύξηση και ραγδαία αναπτυσσόμενη βιομηχανία, έχουν ξεκινήσει να επενδύουν δυναμικά σε μονάδες αφαλάτωσης για την παραγωγή καθαρού νερού.

Για την παραγωγή πόσιμου αλλά και βιομηχανικού νερού, από θαλασσινό ή υφάλμυρο νερό, έχουν αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι αφαλάτωσης. Οι μέθοδοι αυτές χωρίζονται κυρίως σε δύο κατηγορίες: στις μεθόδους εξάτμισης και στις μεθόδους μεμβρανών. Πιο συγκεκριμένα, οι μέθοδοι της εξάτμισης είναι οι εξής:

- Πολυβάθμια Εξάτμιση (Multiple Effect Distillation-MED)
- Πολυβάθμια Εκτόνωση (Multi-Stage Flash Distillation-MSF).
- Εξάτμιση με Επανασυμπίεση Ατμών [Vapor Compression-VC (TC ή MVC)].

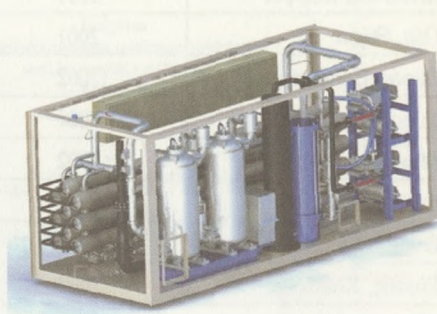
Αντίστοιχα, οι μέθοδοι μεμβρανών είναι οι εξής:

- Αντίστροφη Όσμωση (Reverse Osmosis-RO).
- Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis-ED ή Electrodialysis Reversal-EDR).

Μέθοδοι όπως η Αντίστροφη Όσμωση (RO) και η Πολυβάθμια Εκτόνωση (MSF) μέχρι σήμερα έχουν σημειώσει σημαντικό αριθμό εφαρμογών σε παγκόσμιο επίπεδο. Η επιλογή μεθόδου αφαλάτωσης βασίζεται σε παράγοντες όπως η ποιότητα του νερού τροφοδοσίας, η απαιτούμενη ποιότητα του παραγόμενου νερού, το μέγεθος της μονάδας, η διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας, η διαθεσιμότητα του περιβάλλοντος χώρου, ο προϋπολογισμός της επένδυσης και ο απαιτούμενος χρόνος παράδοσης της μονάδας.

Μερικοί από τους λόγους που η μέθοδος της Αντίστροφης Όσμωσης έχει επικρατήσει για την αφαλάτωση θαλασσινού και υφάλμυρου νερού είναι η αξιοπιστία της σε όλο το εύρος μεγεθών (από μερικά λίτρα έως χιλιάδες κυβικά μέτρα την ημέρα),

η σχετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, η συμπαγής και «modular» κατασκευή της και ο σχετικά μικρός χρόνος κατασκευής της σε σχέση με άλλες μεθόδους (φωτό 1, 2).



ΦΩΤΟ 1, 2: Μονάδες Αντίστροφης Όσμωσης που αποδεικνύουν τη συμπαγή κατασκευή τους και τη δυνατότητα εγκατάστασής τους σε κιβώτια μεταφοράς (container).

Παρ' όλο που όλες οι μέθοδοι αφαλάτωσης χαρακτηρίζονται ως ενεργοβόρες, με ενδεικτικές τιμές 15 kWh/m^3 για τις μονάδες VC ή καταναλώσεις που μπορεί να ξεπερνούν τις 20 kWh/m^3 για μονάδες MSF, η μέθοδος της Αντίστροφης Όσμωσης, με τη χρήση συστημάτων ανάκτησης ενέργειας, έχει καταφέρει να μειώσει δραστικά την ενεργειακή της κατανάλωση περίπου στις $2,5\text{-}3 \text{ kWh/m}^3$ σε μεγάλες μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού.

Στην Ελλάδα και κυρίως στα νησιά του Αιγαίου και του Ιονίου, έχει επικρατήσει η μέθοδος της Αντίστροφης Όσμωσης για την αφαλάτωση θαλασσινού νερού (Πίνακας 1). Οι εγκατεστημένες μονάδες αφαλάτωσης στα ελληνικά νησιά για δημόσια χρήση ξεπερνούν σε δυναμικότητα τα $22.000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$. Το κόστος λειτουργίας των μονάδων κυμαίνεται από $0,30\text{-}2 \text{ €/m}^3$. Οι περισσότερες από τις μονάδες διαθέτουν σύστημα ανάκτησης ενέργειας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Μονάδες Αντίστροφης Όσμωσης στα ελληνικά νησιά

Τοποθεσία	Έτος κατασκευής	Δυναμικότητα $\text{m}^3/\text{ημέρα}$	Νερό τροφοδοσίας
Σύρος, Ερμούπολη	2000	2×250	ΘΝ
Σύρος, Κίτι	2000	250	ΘΝ
Χίος, Ομηρούπολη	2000	600	ΥΝ
Πάρος, Νάουσα	2001	1200	ΥΝ
Νίσυρος, Μανδράκι	2001	300	ΘΝ
Ίος, Μυλοπότας	2001	1000	ΘΝ

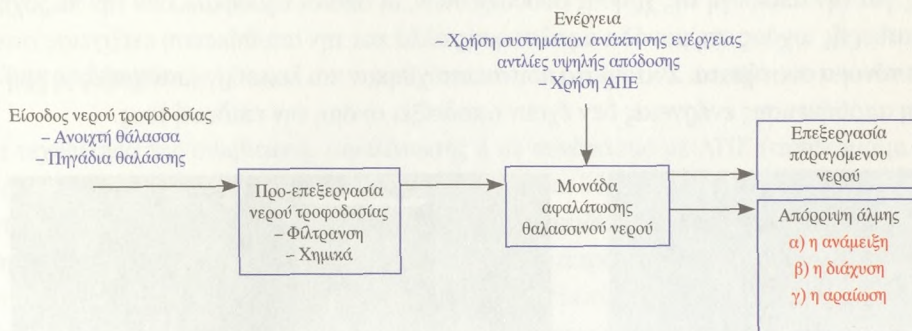
Τοποθεσία	Έτος κατασκευής	Δυναμικότητα m ³ /ημέρα	Νερό τροφοδοσίας
Μύκονος, Κόρφου	2001	3×650	ΘΝ
Οία, Θήρα	2001	320	ΘΝ
Σύρος, Ερμούπολη	2002	4×500	ΘΝ
Σύρος, Κίτι	2002	500	ΘΝ
Μύκονος	2002	2000	ΘΝ
Σύρος, Ποσειδωνία	2002	2×500	ΘΝ
Θήρα, Οία	2002	160	ΘΝ
Σίφνος, Καμάρες	2002	500	ΥΝ
Ιθάκη, Κιόνι	2003	120	ΘΝ
Ιθάκη, Δεξιά	2003	500	ΘΝ
Σχοινούσα	2004	100	ΘΝ
Ιθάκη, Σταυρός	2005	200	ΘΝ
Τήνος	2005	500	ΘΝ
Μύκονος, Ορνός	2008/2009	3×1500	ΘΝ

ΘΝ: θαλασσινό νερό, ΥΝ: υφάλμυρο νερό

Η συνεχής εξέλιξη των μεμβρανών, η βελτίωση της απόδοσης των αντλιών, η χρήση συστημάτων ανάκτησης ενέργειας αλλά και η σωστή σχεδίαση και επιλογή υλικών έχουν μειώσει δραστικά το κόστος του παραγόμενου νερού σε 0,5-2 €/m³ για την αφαλάτωση θαλασσινού νερού και σε λιγότερο από 0,5 €/m³ για την αφαλάτωση υφάλμυρου νερού. Το αρχικό κόστος μιας μονάδας Αντίστροφης Όσμωσης θαλασσινού νερού ανέρχεται στα 850-1.300 €/m³, ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας. Παρ' όλα αυτά, το τελικό κόστος του παραγόμενου νερού κάθε μονάδας επηρεάζεται από τη λογική της «οικονομίας κλίμακας» (economies of scale) και από τοπικούς παράγοντες, όπως το κόστος του ανθρώπινου δυναμικού, το κόστος χημικών, το κόστος μεταφοράς νερού κ.λπ.

Ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει το κόστος του παραγόμενου νερού είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που οφείλονται στο απορριπτέο νερό (άλμη) από τις μονάδες αφαλάτωσης. Η μελέτη της θαλάσσιας περιοχής και η σωστή σχεδίαση του συστήματος απόρριψης (χρήση διανομέων άλμης, χρήση αγωγών νερού απόρριψης μεγάλου μήκους σε απόσταση από την ακτή κ.λπ.), ενδέχεται να αυξήσουν κατά ένα ποσοστό το κόστος επένδυσης, όμως θεωρούνται απαραίτητα μέτρα πρόληψης για τη θαλάσσια ισορροπία της περιοχής.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2
Σχεδιάγραμμα τυπικής μονάδας αφαλάτωσης



Στο πλαίσιο της προστασίας του περιβάλλοντος, μια εναλλακτική εφαρμογή των συστημάτων αφαλάτωσης, όσον αφορά τις ενεργειακές τους καταναλώσεις, είναι ο συνδυασμός τους με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Ο συνδυασμός των δύο τεχνολογιών είναι τεχνικά εφικτός και έχει πλέον αρκετές εφαρμογές παγκοσμίως. Η πλειονότητα των εφαρμογών αυτών αφορά μικρές, αυτόνομες πιλοτικές μονάδες που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο εθνικών ή κοινοτικών προγραμμάτων. Μέχρι σήμερα έχουν καταγραφεί παγκοσμίως πάνω από 135 εφαρμογές συνδυασμού των δύο τεχνολογιών για την αφαλάτωση θαλασσινού και υφάλμυρου νερού. Οι περισσότερες από τις εφαρμογές αυτές είναι «custom designed», δηλαδή «σχεδιασμένες για τον πελάτη», για συγκεκριμένες περιοχές, και κάνουν χρήση κυρίως ηλιακής και αιολικής ενέργειας για την παραγωγή πόσιμου νερού.

Η μέχρι σήμερα έρευνα και λειτουργία πιλοτικών συστημάτων έχουν αποδείξει ότι υπάρχουν τεχνολογίες που είναι αρκετά υποσχόμενες όσον αφορά τη δυνατότητα κάλυψης μιας περιοχής με νερό καλής ποιότητας σε κόστος συγκρίσιμο ή χαμηλότερο σε ορισμένες περιπτώσεις από άλλες πηγές νερού.

Οι περισσότερες από τις υπάρχουσες εφαρμογές συνδυάζουν την τεχνολογία της Αντίστροφης Όσμωσης (Α/Ο) με την ηλιακή (χρήση φωτοβολταϊκών, Φ/Β) και την αιολική ενέργεια (ανεμογεννήτριες, Α/Γ). Επίσης, ένας σημαντικός αριθμός εφαρμογών αφορά το συνδυασμό ηλιακών θερμικών συστημάτων με τεχνολογίες εξάτμισης και κυρίως με την τεχνολογία Πολλαπλής Εξάτμισης Ατμών (MED). Μικρός αριθμός εφαρμογών αφορά το συνδυασμό των υπόλοιπων τεχνολογιών, όπως αιολική ενέργεια με Μηχανική Επανασυμπίεση Ατμών (MVC), φωτοβολταϊκά με Ηλεκτροδιάλυση, ηλιακά θερμικά με Εξάτμιση Πολλαπλών Σταδίων (MSF) και γεωθερμία με την τεχνολογία Πολλαπλής Εξάτμισης Ατμών (MED).

Η απαίτηση των τεχνολογιών αφαλάτωσης για σταθερή ισχύ και συνεχή λειτουρ-

γία προϋποθέτει ιδιαίτερο σχεδιασμό και τη χρήση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας στα αυτόνομα συστήματα. Για τη μείωση του κόστους έχουν γίνει προσπάθειες για την αποφυγή της χρήσης συσσωρευτών, οι οποίοι εξασφαλίζουν την παροχή σταθερής ισχύος στη μονάδα αφαλάτωσης αλλά και την αποθήκευση ενέργειας στα αυτόνομα συστήματα. Συστήματα που αναπτύχθηκαν και λειτούργησαν χωρίς τη χρήση αποθήκευσης ενέργειας δεν έχουν αποδείξει ακόμη την επίδοσή τους.



ΦΩΤΟ 3: 800 kW A/G στη Σύμη.



ΦΩΤΟ 4: 10-12 m³/ώρα μονάδα αφαλάτωσης στη Σύμη.

Στην Ελλάδα, δύο από τις πιο πρόσφατες εφαρμογές μονάδων αφαλάτωσης με ΑΠΕ αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητας (Μέτρο 6.3). Συγκεκριμένα, το πρώτο έργο αφορά τη σχεδίαση και εγκατάσταση μονάδας Α/Ο θαλασσινού νερού, ημερήσιας παραγωγής 2x1000 m³ στη Μήλο (2008). Μια ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος 850 kW συνδεδεμένη στο δίκτυο παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια στη μονάδα αφαλάτωσης. Από σχετική αναφορά, η ενεργειακή κατανάλωση της μονάδας Α/Ο κυμαίνεται στις 2,23-2,5 kWh/m³ λόγω της χρήσης συστήματος ανάκτησης ενέργειας και αντλιών υψηλής απόδοσης. Όπως επίσης αναφέρεται, το κόστος για την προμήθεια του πόσιμου νερού από τη μονάδα αφαλάτωσης στον τελικό αποδέκτη ανέρχεται στα 1,8 €/m³ (για 10 έτη με τιμαριθμική προσαρμογή), συμπεριλαμβανομένου του κόστους υποδομής και εγκατάστασης της μονάδας Α/Ο και της Α/Γ. Το 2009 η μονάδα αύξησε την ημερήσια παραγωγή στα 3.600 m³/ημέρα παραγόμενου νερού με την προσθήκη επιπλέον υποσυστημάτων. Σύμφωνα με μαρτυρίες τοπικών φορέων, το νησί της Μήλου με τη μονάδα αφαλάτωσης καλύπτει τις ανάγκες του σε νερό και δε χρειάζεται πλέον τη μεταφορά νερού με τα δεξαμενόπλοια.

Το δεύτερο έργο αφορά τη σχεδίαση και την κατασκευή μονάδας αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με τη μέθοδο της Μηχανικής Επανασυμπίεσης Ατμών στη Σύμη. Η μονάδα με δυνατότητα παραγωγής νερού 10-12 m³/ώρα συνδέεται με ανεμογεννή-

τρια ονομαστικής ισχύος 800 kW. Το σύστημα είναι αυτόνομο με δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο.

Συμπεράσματα

Η τεχνολογία της συμβατικής αφαλάτωσης ή σε συνδυασμό με ΑΠΕ (αυτόνομα μικρά συστήματα ή μεγάλες μονάδες συνδεδεμένες στο δίκτυο) αποτελεί μοναδική λύση για την παραγωγή πόσιμου νερού και την αντιμετώπιση της λειψυδρίας. Η λύση της παραγωγής νερού δε θα πρέπει να επιφέρει την απρόσκοπτη παραγωγή και αλόγιστη διάθεση και χρήση νερού. Για τη σωστή αντιμετώπιση του προβλήματος της λειψυδρίας η παραγωγή νερού από μονάδες αφαλάτωσης θα πρέπει να συνδυαστεί με μέτρα εξοικονόμησης και σωστής διαχείρισης των υδατικών πόρων, μεθόδους επαναχρησιμοποίησης του νερού και με την ανάπτυξη διαχρονικών πολιτικών όσον αφορά την προστασία και τη διάθεση των υδάτων.

Βιβλιογραφία

1. Morris, R., 1999, «Renewable Energy Powered Desalination Systems in the Mediterranean Region», UNESCO Workshop.
2. Tzen, E., Morris, R., 2003, «Renewable Energy Sources for Desalination», *Solar Energy*, 75, σελ. 375-379.
3. Papapetrou, M., Epp, Ch., Tzen, E., 2007, «Autonomous Desalination Units Based on Renewable Energy Systems - A Review of Representative Installations Worldwide», σελ. 343-353, *Solar Desalination for the 21st Century*, ISBN 978-1-4020-5506-5, Springer.
4. Lattemann, S., Höpner, T., 2008, «Environmental Impact and Impact Assessment of Seawater Desalination», *Desalination* 220, σελ. 1-15.
5. Tzen, E., Theofilloyianakos, D., Kologgios, Z., «Autonomous Reverse Osmosis Units Driven by RES, Experiences and Lessons Learned», *Desalination* 221, σελ. 29-36.
6. Υφαντής, Ν.Δ., Υφαντής, Δ.Κ., 2008, «Σχεδιασμός και Λειτουργία Μονάδας Αφαλάτωσης με Αντίστροφη Όσμωση Υψηλής Απόδοσης και Φιλικής προς το Περιβάλλον», 2ο Διεθνές Συνέδριο «Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Νερού και Υγρών Αποβλήτων», σελ. 335-341, Σκιάθος.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΥΦΑΛΜΥΡΙΣΗ

*των Διαμαντή Ν. Καραμούζη, Καθηγητή,
Πανταζή Ε. Γεωργίου, Λέκτορα,
Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Υδραυλικής και Βελτιώσεων,
Γεωπονική Σχολή,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*

Περίληψη

Οι παράκτιοι υδροφορείς συνιστούν μια κύρια πηγή νερού, ειδικά σε ξηρές ή ημίξηρες περιοχές οι οποίες γειτνιάζουν με θάλασσα. Με την τουριστική ανάπτυξη της χώρας πάρα πολλές παράκτιες περιοχές έχουν οικοδομηθεί σε εκτεταμένη κλίμακα. Το γεγονός αυτό έχει δημιουργήσει ένα οξύτατο πρόβλημα σχετικά με τις ανάγκες τους σε ύδρευση. Επιπρόσθετα, η γειτνίασή τους με τη θάλασσα απαιτεί ξεχωριστή προσοχή καθώς και ειδικές τεχνικές στη βιώσιμη διαχείριση του υπόγειου υδατικού αποθέματος.

Σε ένα σύστημα υπογείων νερών θα πρέπει να μπορούν να προβλέπονται οι πιεζομετρικές στάθμες του υπογείου νερού, η περιεκτικότητά του σε άλατα, οι παροχές άντλησης ή επαναπλήρωσης κ.ά. Με άλλα λόγια, θα πρέπει να προβλέπονται όλες οι καταστατικές μεταβλητές που προκύπτουν από την εφαρμογή μιας πολιτικής άντλησης ή επαναπλήρωσης ενός υδροφορέα.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη διαχείρισης των παράκτιων υδροφορέων μπροστά στον κίνδυνο εισβολής του θαλάσσιου αλμυρού νερού μέσα στον υδροφορέα και ο καθορισμός της σχέσης που υπάρχει μεταξύ της ποσότητας γλυκού νερού που εκρέει στη θάλασσα ή της ποσότητας γλυκού νερού που αντλείται ή εμπλουτίζει τον υδροφορέα και της έκτασης που αναπτύσσεται το φαινόμενο της θαλάσσιας εισβολής.

Ειδικότερα, στην παρούσα εργασία υπολογίζονται εύκολα, για την αποφυγή της υφαλμύρισης του υπόγειου νερού σε ένα φρεατικό υδροφορέα, η βέλτιστη παροχή

άντλησης και ο πόδας της σφήνας του αλμυρού νερού για μια δεδομένη απόσταση της υδρογεώτρησης από την ακτή, καθώς και η απόσταση από την ακτή μιας υδρογεώτρησης και ο πόδας της σφήνας του αλμυρού νερού όταν είναι γνωστή η απαιτούμενη παροχή άντλησης από το συγκεκριμένο υδροφορέα.

1. Εισαγωγή

Η διάκριση σε υπόγεια και επιφανειακά νερά είναι τεχνητή, αμφισβητήσιμη και πάντως όχι σοφή, τουλάχιστον από την άποψη της διαχείρισης των υδατικών πόρων. Για παράδειγμα, μια πηγή που συνιστά μια αιτία ροής επιφανειακού νερού μπορεί να εξαφανιστεί έπειτα από άντληση του υδροφορέα από τον οποίο τροφοδοτείται. Το ίδιο μπορεί να συμβεί και στις περιπτώσεις ενός ποταμού ή μιας λίμνης, όταν βρίσκεται σε υδραυλική επαφή με κάποιον υδροφορέα.

Το κύριο έργο ενός επιστήμονα, υπεύθυνου για τα υδατικά αποθέματα μιας περιοχής, είναι η *διαχείριση του συστήματος* που αποδίδει αυτά τα υδατικά αποθέματα. Με τον όρο *ανάλυση συστημάτων* εννοείται το σύνολο των αποφάσεων που παίρνονται με σκοπό την τροποποίηση της κατάστασης του εξεταζόμενου συστήματος. Οι αποφάσεις αυτές αφορούν την αντιστοίχιση αριθμητικών τιμών με *μεταβλητές αποφάσεων*. Παραδείγματα τέτοιων μεταβλητών αποφάσεων συνιστούν η θέση, ο ρυθμός και ο χρόνος άντλησης ή τεχνητής επαναπλήρωσης ενός υδροφορέα. Σε αντιδιαστολή, οι πιεζομετρικές στάθμες νερού, οι εδαφικές καθιζήσεις και οι συγκεντρώσεις αλάτων, ως συναρτήσεις του τόπου και του χρόνου, συνιστούν *παραδείγματα καταστατικών μεταβλητών*. Ο λόγος αλλαγής της κατάστασης ενός θεωρούμενου συστήματος, δηλαδή η μετάβασή του από μια υφιστάμενη κατάσταση σε μια άλλη πιο επιθυμητή, υπαγορεύεται προφανώς από την ανάγκη της επίτευξης κάποιων στόχων. Η σχετική διαδικασία υλοποιείται με ένα *βέλτιστο σύνολο αποφάσεων*, οι οποίες οδηγούν στην έννοια της *πολιτικής*. Για την άσκηση μιας πολιτικής για την επίλυση ενός προβλήματος διαχείρισης, είναι απαραίτητος ο καθορισμός κάποιων κριτηρίων που θα ικανοποιούνται από το συγκεκριμένο πρόβλημα. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος διαχείρισης, θα πρέπει να είναι δυνατή η πρόβλεψη της απάντησης του συστήματος σε κάθε προτεινόμενη *επιχειρησιακή πολιτική*.

Ειδικότερα, σε ένα σύστημα υπόγειων νερών θα πρέπει να μπορούν να προβλέπονται οι πιεζομετρικές στάθμες του υπόγειου νερού, η περιεκτικότητά του σε άλατα, οι παροχές άντλησης ή επαναπλήρωσης κ.λπ. Με άλλα λόγια, θα πρέπει να προβλέπονται όλες οι καταστατικές μεταβλητές που προκύπτουν από την εφαρμογή μιας πολιτικής άντλησης ή επαναπλήρωσης ενός υδροφορέα.

Οι παράκτιοι υδροφορείς συνιστούν κύρια πηγή νερού ειδικά σε ξηρές ή ημιξηρές περιοχές οι οποίες γειτνιάζουν με θάλασσα. Με την τουριστική ανάπτυξη της χώ-

ρας, πάρα πολλές παράκτιες περιοχές έχουν οικοδομηθεί σε εκτεταμένη κλίμακα. Το γεγονός αυτό έχει δημιουργήσει ένα οξύτατο πρόβλημα που αφορά τις ανάγκες τους σε ύδρευση. Επιπρόσθετα, η γειτνίασή τους με τη θάλασσα απαιτεί ξεχωριστή προσοχή καθώς και ειδικές τεχνικές στη διαχείριση του υπόγειου υδατικού αποθέματος.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη διαχείρισης των παράκτιων υδροφορέων μπρος στον κίνδυνο εισβολής του θαλάσσιου αλμυρού νερού μέσα στον υδροφορέα και ο καθορισμός της σχέσης που υπάρχει μεταξύ της ποσότητας γλυκού νερού που εκρέει στη θάλασσα ή της ποσότητας γλυκού νερού που αντλείται ή εμπλουτίζει τον υδροφορέα και της έκτασης που αναπτύσσεται το φαινόμενο της θαλάσσιας εισβολής.

Η βασική παραδοχή για την περιγραφή του φαινομένου είναι η ύπαρξη μιας απότομης διεπιφάνειας μεταξύ του αλμυρού νερού της θάλασσας και του γλυκού νερού του υδροφορέα. Υπό φυσικές αδιατάρακτες συνθήκες, υπάρχει μια κατάσταση ισορροπίας με στάσιμη διεπιφάνεια και ροή του γλυκού νερού πάνω από αυτή. Σε κάθε σημείο της διεπιφάνειας το υψόμετρο και η κλίση της ορίζονται από το δυναμικό του γλυκού νερού και από την κλίση του δυναμικού αυτού. Η συνεχής μεταβολή της κλίσης στη διεπιφάνεια συνδέεται με το φυσικό γεγονός ότι καθώς η θάλασσα προσεγγίζεται, η εφαιπόμενη στη διεπιφάνεια ειδική παροχή του γλυκού νερού βραίνει αυξανόμενη. Κατά την άντληση από παράκτιο υδροφορέα με ένταση μεγαλύτερη μιας επαναπλήρωσης, η ελεύθερη στάθμη ή η πιεζομετρική επιφάνεια του υδροφορέα υποβιβάζεται. Αυτό έχει ως συνέπεια το πιεζομετρικό φορτίο στο σώμα του γλυκού νερού να γίνεται μικρότερο από το αντίστοιχο φορτίο στη συνεχόμενη θαλάσσια σφήνα, με αποτέλεσμα την κίνηση της σφήνας προς την κατεύθυνση της ξηράς. Η κίνηση διαρκεί ως τη στιγμή της αποκατάστασης μιας νέας κατάστασης ισορροπίας. Ακριβώς η προώθηση της σφήνας συνιστά το φαινόμενο που πιο πάνω καλέσαμε θαλάσσια εισβολή ή υφαλμύριση. Είναι ενδεχόμενο η προωθούμενη θαλάσσια σφήνα να φτάσει κατά την κίνησή της κάποιο φρεάτιο άντλησης, με συνέπεια τη ρύπανση του αντλούμενου από αυτό νερού. Είναι επίσης ενδεχόμενο αν η άντληση γίνεται πάνω από υφιστάμενη ήδη διεπιφάνεια, η διεπιφάνεια να ανορθωθεί (upconing) και ανερχόμενη να φτάσει και να ρυπάνει το φρεάτιο άντλησης. Η πραγματικότητα είναι ακόμα πιο επικίνδυνη αν σκεφτεί κανείς την ύπαρξη μιας ευρείας μεταβατικής ζώνης υφαλμυρού νερού στη θέση της απότομης διεπιφάνειας μεταξύ αλμυρού και γλυκού νερού που θεωρητικά παραδεχθήκαμε. Επομένως, η λύση του προβλήματος θα προσεγγιζόταν ακριβέστερα με την αντιμετώπιση της διεπιφάνειας σαν μιας ζώνης συνεχούς μεταβολής τόσο της περιεκτικότητας σε αλάτι όσο συνεπώς και της πυκνότητας. Όμως η παραδοχή της απότομης διεπιφάνειας, σε συνδυασμό μάλιστα με την παραδοχή της οριζόντιας ροής, απλοποιεί σημαντικά το πρόβλημα, ιδιαίτερα για πολλές περιπτώσεις πρακτικού ενδιαφέροντος.

Όπως είναι ευρύτατα γνωστό, υπάρχει μια σχέση μεταξύ του ρυθμού εκροής γλυκού νερού στη θάλασσα και της έκτασης του φαινομένου της θαλάσσιας εισβολής. Το γεγονός αυτό καθιστά το αντίστοιχο πρόβλημα ένα πρόβλημα διαχείρισης, καθώς η παροχή του γλυκού υπόγειου νερού που εκβάλλει στη θάλασσα είναι η διαφορά μεταξύ του ρυθμού φυσικής και τεχνητής επαναπλήρωσης του υδροφορέα και της άντλησης από αυτόν γλυκού νερού για κάλυψη διαφόρων αναγκών. Πρόβλημα διαχείρισης αποτελεί και ο ρυθμός με τον οποίο πραγματοποιείται μια άντληση, προκειμένου να κρατείται υπό διαρκή έλεγχο ο κίνδυνος της κωνοειδούς ανόρθωσης (upconing) της διεπιφάνειας.

Σημειώνεται, τέλος, ότι όλα τα σχήματα που αναφέρονται στη θαλάσσια σφήνα έχουν κατασκευαστεί, για λόγους καθαρά σχεδιαστικής οικονομίας, χωρίς κλίμακα, ώστε να αποδίδουν ποιοτικά μόνο τη γεωμετρία του φαινομένου, όντας σε υψηλό βαθμό παραμορφωμένα.

2. Περιγραφή του προβλήματος

Ας θεωρήσουμε έναν ομογενή και ισότροπο φρεατικό ή ελεύθερο παράκτιο υδροφορέα πολύ μεγάλης έκτασης, ο οποίος βρίσκεται πάνω από ένα οριζόντιο αδιαπέρατο στρώμα που επεκτείνεται από το σταθερό μέσο επίπεδο της θάλασσας σε ένα βάθος B . Ο υδροφορέας δέχεται από την ξηρά μια σταθερή ανά μονάδα πλάτους επαναπλήρωσης Q_x και αντλείται από μια υδρογεώτρηση που απέχει από την ακτή απόσταση x_w , με μια σταθερή παροχή Q_w .

Στην παραπάνω περιγραφή διακρίνονται τρία ιδιαίτερα προβλήματα που πρέπει να λυθούν. Το πρόβλημα της φυσικής επαναπλήρωσης, το πρόβλημα της άντλησης από την υδρογεώτρηση και το πρόβλημα της επίδρασης της θάλασσας, καθώς η υδρογεώτρηση βρίσκεται κοντά στην ακτογραμμή.

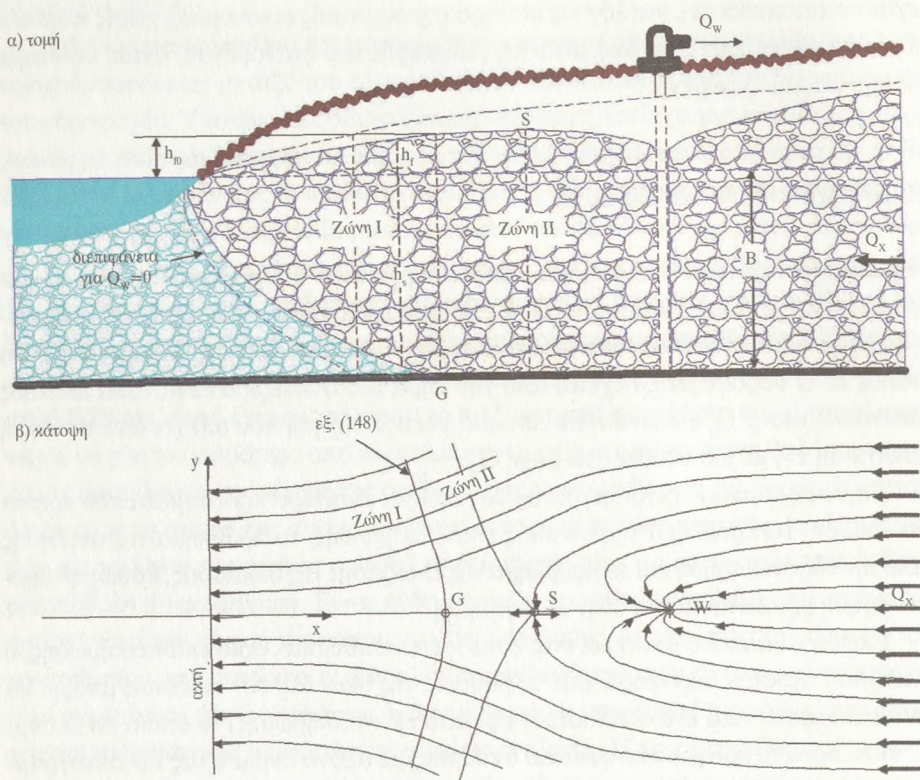
Επειδή η θάλασσα αποτελεί ένα, έστω και ανεπιθύμητο, όριο επαναπλήρωσης, η επίδρασή της στον υδροφορέα, με τη βοήθεια της θεωρίας των ειδώλων, μπορεί να αντικατασταθεί από ένα φανταστικό φρεάτιο επαναπλήρωσης, το οποίο είναι συμμετρικό προς το πραγματικό φρεάτιο άντλησης, με άξονα συμμετρίας την ακτογραμμή. Στο φρεάτιο αυτό θα εισάγεται μια παροχή επαναπλήρωσης Q_w ίση με την παροχή άντλησης του πραγματικού φρεατίου. Αν αρχή των αξόνων ενός καρτεσιανού συστήματος συντεταγμένων είναι η ακτογραμμή, τότε το φανταστικό φρεάτιο θα απέχει από αυτήν απόσταση $-x_w$.

Για τη λύση των προβλημάτων αυτών παραδεχόμαστε ότι η κίνηση του υπόγειου νερού είναι σταθερή ή μόνιμη. Επιπρόσθετα, διακρίνονται δύο ζώνες κίνησης του γλυκού νερού. Η ζώνη Ι περιλαμβάνει τη διεπιφάνεια γλυκού-αλμυρού νερού και ορίζεται από δύο κατακόρυφα επίπεδα, αυτό που ορίζεται με τη βοήθεια της ακτο-

γραμμής και εκείνο που διέρχεται από το σημείο G, το οποίο είναι ο πόδας της σφήνας του αλμυρού νερού. Η ζώνη II περιλαμβάνει την περιοχή που ορίζεται από το δεύτερο κατακόρυφο επίπεδο στο σημείο G του πόδα της σφήνας του αλμυρού νερού και την πέραν αυτού περιοχή της ξηράς από όπου γίνεται και ο φυσικός εμπλουτισμός του υδροφορέα με γλυκό νερό.

ΣΧΗΜΑ 1 α, β:

Επίδραση φυσικής επαναπλήρωσης, φρεατίου άντλησης και θάλασσας με τον υδροκρίτη και τον πόδα της σφήνας.

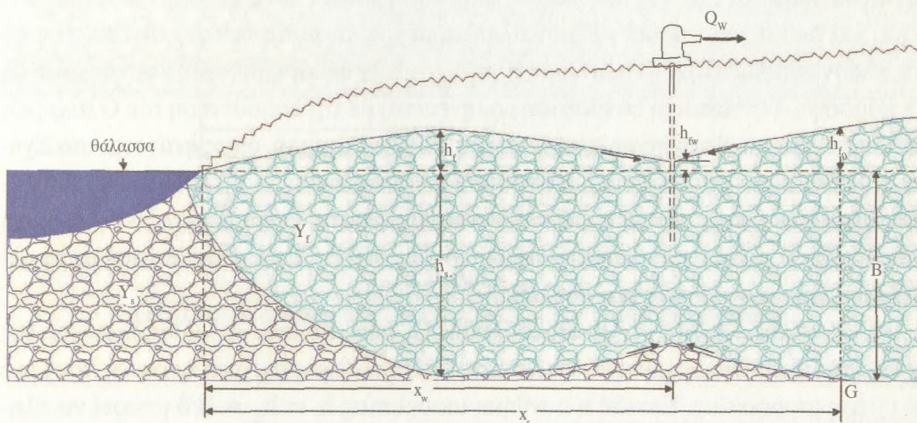


Ο Strack το 1976 εισήγαγε τη συνάρτηση του δυναμικού $f(x, y)$, θεωρώντας την περίπτωση ενός μοναδικού φρεατίου, τοποθετημένου σε μια απόσταση x_w από την ακτή, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Από το φρεάτιο αντλείται νερό με μια σταθερή παροχή Q_w , ενώ η ροή του νερού, που οφείλεται στη φυσική επαναπλήρωση του υδροφορέα, από το άπειρο ως την ακτή είναι ομοιόμορφη, με παροχή επαναπλήρωσης ανά μονάδα πλάτους του υδροφορέα ίση με Q_x .

Όταν σε έναν ελεύθερο υδροφορέα υπάρχει σε μια απόσταση από την ακτή ένα φρεάτιο άντλησης με σταθερή παροχή Q_w , δεν είναι γνωστό εκ των προτέρων αν αντιμετωπίζεται μια κατάσταση του Σχήματος 1α ή του Σχήματος 2, αν δηλαδή η διεπιφάνεια δεν έχει φτάσει στο φρεάτιο ή το έχει ήδη προσπεράσει. Υπενθυμίζεται εδώ ότι και τα δύο αυτά σχήματα δείχνουν μια κατακόρυφη διατομή του υδροφορέα, η οποία διέρχεται από το φρεάτιο και είναι κάθετη προς την ακτή.

ΣΧΗΜΑ 2

Ανορθούμενος κώνος κάτω από φρεάτιο άντλησης και πόδας της σφήνας.



Υπενθυμίζοντας την τιμή του υψόμετρου h_f της φρεατικής επιφάνειας στη θέση G ίση με $h_f = h_{f_0} = B/\delta$, είναι δυνατό να λαμβάνει χώρα τέτοιος ρυθμός άντλησης Q_w , ώστε καθ' όλο το μήκος x_w να ισχύει η ανισότητα $h_f < B/\delta$. Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει περιορισμός στην προώθηση της διεπιφάνειας προς την κατεύθυνση της ξηράς. Η διεπιφάνεια προχωρεί μέχρις ότου ο πόδας της συμπίπτει με μια υπερκείμενη τιμή $h_f = h_{f_0} = B/\delta$ και αποκατασταθεί έτσι μια νέα κατάσταση ισορροπίας.

Αποσκοπώντας στο να σταθεροποιηθεί η διεπιφάνεια σε κάποια απόσταση ασφαλείας πριν από το πηγάδι, διατηρείται ένα φράγμα νερού με υψόμετρο $h_f = h_{f_0} = B/\delta$. Πέρα από το φράγμα προς την ξηρά, το φορτίο μπορεί να πέσει πάλι, καμιά φορά και κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Μερικές φορές για τη συντήρηση μιας τέτοιας κατάστασης χρησιμοποιείται τεχνητή επαναπλήρωση.

Στο Σχήμα 1α και κατά μήκος της απόστασης x_w εμφανίζονται δύο αξιοσημείωτα σημεία: το ήδη γνωστό σημείο G όπου το υπερκείμενο ύψος της φρεατικής επιφάνειας είναι $h_{f_0} = B/\delta$ και το σημείο S , που λέγεται *λιμνάζον σημείο* (stagnation point). Το S είναι ακόμα ένα χαρακτηριστικό σημείο μιας γραμμής που καλείται *υδροκρί-*

της (water divide). Ο υδροκρίτης ορίζει την περιοχή που εφοδιάζει το πηγάδι με νερό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1β. Στο σημείο S η ταχύτητα του νερού είναι μηδενική, δεξιά του S το νερό ρέει προς το πηγάδι, αριστερά του ρέει προς τη θάλασσα. Οι τελευταίες παρατηρήσεις αφορούν την κατάσταση ροής περί το S, όπως αυτή εμφανίζεται στην κατακόρυφη τομή του Σχήματος 1α. Θεωρώντας την κάτοψη του Σχήματος 1β, παρατηρείται ότι, μέσα από την περιοχή που ορίζει ο υδροκρίτης, το νερό ρέει προς το φρεάτιο, ενώ έξω από την περιοχή αυτή το νερό ρέει προς τη θάλασσα.

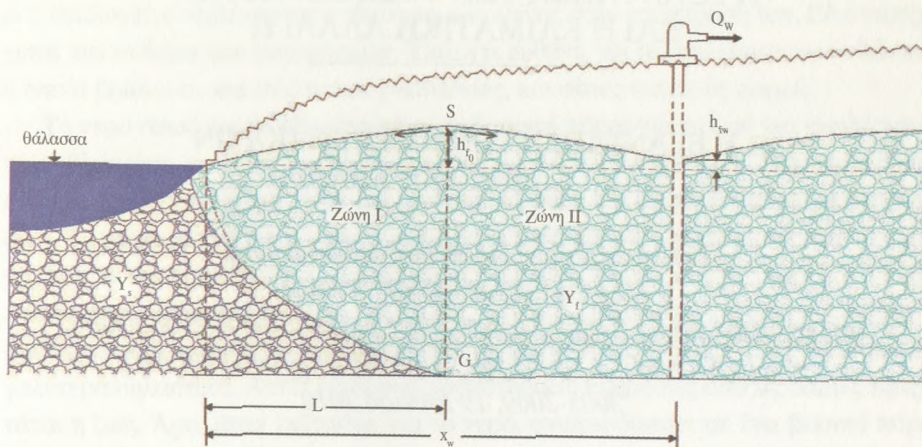
Από την παραπάνω διερεύνηση συμπεραίνεται ότι για χαμηλές τιμές της παροχής άντλησης Q_w τα σημεία G και S, θεωρούμενα στην κάτοψη του Σχήματος 1β, είναι διακεκριμένα, έχοντας μια κάποια απόσταση μεταξύ τους. Καθώς όμως η Q_w αυξάνει, τα δύο σημεία προσεγγίζουν αλληλα, μέχρις ότου ταυτιστούν σε ένα, που είναι πλέον ένα λιμνάζον σημείο S με $h_f = h_{f_0} = B/\delta$, δηλαδή με το h_f του σημείου G. Σε πρόσοψη η αντίστοιχη κατάσταση ερμηνεύεται με την τοποθέτηση του G ακριβώς κάτω του σημείου S και πάνω στην ίδια κατακόρυφη γραμμή, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3. Η SG είναι μια ισοδυναμική γραμμή με δυναμικό $h_f = h_{f_0} = B/\delta$. Παντού αλλού, στη ζώνη I προς την πλευρά της θάλασσας και στη ζώνη II μεταξύ της SG και του πηγαδιού, το δυναμικό είναι χαμηλότερο, $h_f = B/\delta$. Έτσι η κατάσταση αυτή χαρακτηρίζεται σαν κρίσιμη και ασταθής.

Περαιτέρω αύξηση του ρυθμού άντλησης Q_w συνεπάγεται μεγαλύτερη πτώση της φρεατικής επιφάνειας, με συνέπεια μια ταχεία προώθηση της διεπιφάνειας προς μια νέα θέση ισορροπίας. Επειδή η συνθήκη ισορροπίας $h_f = h_{f_0} = B/\delta$ μπορεί να πληρωθεί μόνο δεξιότερα του φρεατίου, το σημείο G ξεπερνά το φρεάτιο και εγκαθίσταται δεξιότερά του, σε ικανή από αυτό απόσταση. Έτσι, η διεπιφάνεια υφίσταται την άμεση επίδραση της άντλησης από το υπερκείμενο φρεάτιο, με συνέπεια το σχηματισμό ακριβώς κάτω από αυτό ενός ανορθούμενου κώνου (upconing). Τα παραπάνω φαίνονται στο Σχήμα 2.

Έτσι, η επίδραση από την άντληση ενός φρεατίου, πάνω σε μια διεπιφάνεια, συνίσταται στην ταχεία προώθηση της διεπιφάνειας προς την κατεύθυνση της ξηράς, τη σταθεροποίηση του πόδα της σε μια νέα θέση και τον ταυτόχρονο σχηματισμό ενός ανορθούμενου κώνου κάτω από το φρεάτιο. Η σχετική διαδικασία φαίνεται στην αλληλουχία των Σχημάτων 1, 2 και 3. Επειδή στην πραγματικότητα πρόκειται για μια αλληλουχία καταστάσεων στον ίδιο υδροφορέα, συνοψίζονται τα λεχθέντα στο μοναδικό Σχήμα 4. Τονίζεται επιπρόσθετα ότι σαν ασφαλής και ταυτόχρονα ευσταθής είναι η κατάσταση κατά την οποία ανάμεσα στην ακτή και στο φρεάτιο υπάρχει μια λωρίδα ικανού πλάτους με φρεατικά ύψη $h_f > B/\delta$. Η κατάσταση αυτή εμφανίζεται στο Σχήμα 1, με αντίστοιχη λωρίδα την GS.

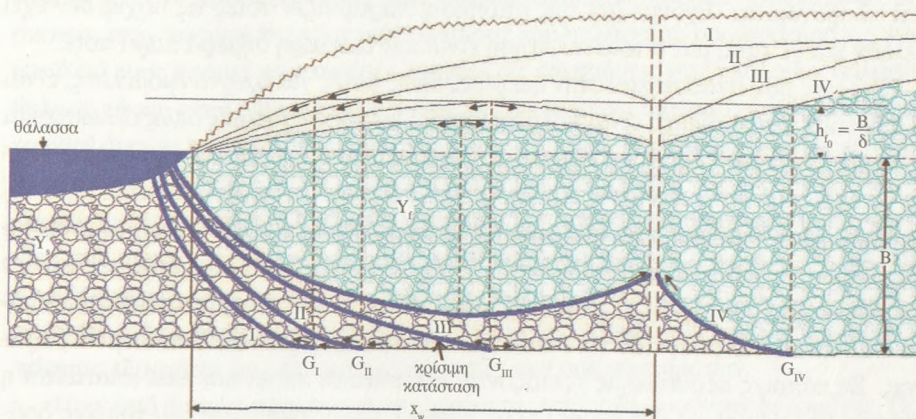
ΣΧΗΜΑ 3

Ασταθής κατάσταση ισορροπίας με $x_s = x_G$



ΣΧΗΜΑ 4

Αλληλουχία διαδοχικών καταστάσεων του πόδα της σφήνας.



ΕΝΟΤΗΤΑ Δ

Η ΕΞΑΝΤΛΗΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Η ΕΞΑΝΤΛΗΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

*Ομιλία Κρίτωνα Αρσένη, Ευρωβουλευτή,
Μέλους της Επιτροπής Αλιείας
και της Επιτροπής Περιβάλλοντος του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου,
πρώην Υπευθύνου του Προγράμματος ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ,
2005-2009, 19 Ιουνίου 2010*

Η εκστρατεία ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ συνεχίζει να έχει μια δραστηριοποίηση πολύ έντονη και κρίσιμη, σε μια περίοδο που πρέπει να σκεφτούμε τι είναι αυτό που καλούμε αειφόρο ανάπτυξη, πώς αυτή αποτελεί διέξοδο στα οικονομικά μας αδιέξοδα και πώς πρέπει να στηρίζεται στην προστασία του περιβάλλοντος και της πολιτιστικής μας κληρονομιάς. Έχουμε δει πως οτιδήποτε παραβιάζει αυτές τις αρχές δεν έχει μέλλον και γι' αυτό μια τέτοια συζήτηση είναι πιο επίκαιρη σήμερα παρά ποτέ.

Οι ιδέες που ακούστηκαν στην ημερίδα, όπως αυτές για τους ανεμόμυλους, είναι εξαιρετικές και πράγματι είναι πολύ σημαντικό να προχωρήσουν, όπως άλλωστε και οι δράσεις για τον υδροφόρο ορίζοντα. Ωστόσο, δε θα πρέπει πλέον να περιμένουμε τα πάντα από την κεντρική διοίκηση. Η αποκέντρωση προχωρά διαρκώς, η νομαρχιακή αυτοδιοίκηση έχει ήδη αρκετές αποφασιστικές και ελεγκτικές αρμοδιότητες. Τώρα η περιφερειακή αυτοδιοίκηση θα έχει πολλαπλάσιες αρμοδιότητες και δεν υπάρχει καμία δικαιολογία για να μη βρίσκουμε τις λύσεις για τον τόπο μας σε τοπικό επίπεδο. Είναι αναγκαίο να επινοούμε τους τρόπους για να υλοποιούμε τις δράσεις. Σε κάποιες περιπτώσεις χρειάζονται και εθνικοί πόροι και εκεί απαιτείται η στήριξη της κεντρικής διοίκησης, αλλά πάντοτε είναι αναγκαίες και τοπικές δράσεις.

Επίσης, δεν μπορούμε να δεχτούμε ότι οι πολίτες δε φέρουν ευθύνη. Είναι ανεπίτρεπτο κάποιος που έχει επαγγελματικό θερμοκήπιο να μην έχει στέρνα. Είναι δική του ευθύνη να την κατασκευάσει, είτε η πολιτεία τον υποχρεώνει είτε όχι. Από εκεί εξαρτάται η επαγγελματική του επιβίωση κι αυτό υπαγορεύει η κοινή λογική. Θα πρέπει επιτέλους ο καθένας να αναλάβει τις ευθύνες του. Δεν μπορούμε να πε-

ριμένουμε τα πάντα από τους τρίτους, ακόμα κι όταν αυτό είναι το κράτος. Το κράτος βεβαίως και πρέπει να μεριμνήσει, καθώς δεν έχει υλοποιήσει όλα όσα έπρεπε. Ωστόσο, αυτό δε σημαίνει ότι μας δίνεται η δικαιολογία να μην πράξουμε αυτό που μας αναλογεί, ο καθένας στον τόπο του, ο καθένας στην επιχείρησή του. Εδώ εισέρεχεται και το θέμα των γεωτρήσεων. Υπάρχει ευθύνη για τη διαχείριση των υδάτων, η οποία βρίσκεται και στις τοπικές κοινωνίες, και στους τοπικούς φορείς.

Το νερό όπως και το οξυγόνο είναι οι βασικοί πόροι για τη ζωή και συνδέονται με τη βλάστηση, η οποία, για να αναπτυχθεί, χρειάζεται το χώμα. Η βλάστηση δημιουργεί ταυτόχρονα χώμα, όταν ξεραίνονται τα φυτά και αποσυντίθενται οι οργανισμοί. Το χώμα, για να είναι γόνιμο, χρειάζεται τους έμβιους οργανισμούς που το αναμοχλεύουν και προκαλούν τις απαραίτητες ζυμώσεις. Αυτοί οι οργανισμοί είναι αναπόσπαστο κομμάτι της τροφικής αλυσίδας, η οποία ξεκινά από κατώτερους οργανισμούς, όπως το σκουλήκι, και φτάνει στα όρνια της Νάξου και σε άλλα ζώα και μεγαλύτερα θηλαστικά. Αυτές είναι οι οικοσυστημικές υπηρεσίες από τις οποίες εξαρτάται η ζωή. Άρα, όταν συζητάμε για το νερό, αναφερόμαστε σε ένα βασικό πόρο που αποτελεί προϋπόθεση και παράγωγο των οικοσυστημικών υπηρεσιών.

Στο Αγαδίσ του Μαρόκου, στις 21-25 Ιουνίου 2010, θα αποφασιστεί αν η πρώτη επιτυχημένη δράση διατήρησης, το μορατόριουμ αλιείας για τις φάλαινες, θα παραμείνει σε ισχύ ή θα ξεκινήσει και πάλι η φαλαινοθηρία. Μπορεί να φαίνεται υπερβολικό, αλλά το αν θα αποφασιστεί στην παγκόσμια συνάντηση στο Αγαδίσ να προστατευτούν οι φάλαινες σχετίζεται με το αν θα μπορέσει το θαλάσσιο οικοσύστημα να συνεχίσει να προσφέρει πολύτιμες οικοσυστημικές υπηρεσίες. Οι φάλαινες βρίσκονται στην κορυφή της τροφικής αλυσίδας του θαλάσσιου οικοσυστήματος και η απώλειά τους μπορεί να επιφέρει δραματικές επιπτώσεις στα υπόλοιπα θαλάσσια θηλαστικά και στην ιχθυοπανίδα, καθώς θα προκαλέσει διαταραχή στην ισορροπία του θαλάσσιου φυσικού περιβάλλοντος. Αυτό μπορεί να έχει αλυσιδωτές αντιδράσεις, ακόμα και στην υποθαλάσσια βλάστηση, επηρεάζοντας τη δυνατότητα των θαλασσών να αποθηκεύουν άνθρακα και να παράγουν όλες τις οικοσυστημικές υπηρεσίες που συντηρούν τη ζωή. Είμαστε αναπόσπαστο κομμάτι ενός οικοσυστήματος, από τη συνολική κατάσταση του οποίου κρίνεται η δυνατότητά του να προσφέρει οικοσυστημικές υπηρεσίες, όπως το πόσιμο νερό ή το οξυγόνο. Η επιβίωση της ανθρωπότητας εξαρτάται άμεσα από τις υπηρεσίες των οικοσυστημάτων.

Πριν από διακόσια χρόνια οι υπηρεσίες της φύσης θεωρούνταν δεδομένες. Πριν τη βιομηχανική επανάσταση, οι δραστηριότητες του ανθρώπου δεν μπορούσαν να απειλήσουν, τουλάχιστον σε παγκόσμια κλίμακα, τις οικοσυστημικές υπηρεσίες, αν και τοπικές καταστροφές έχουν προκληθεί επανειλημμένα, ακόμα και στην Ελλάδα. Ωστόσο, μετά τη βιομηχανική επανάσταση, η δυνατότητα των οικοσυστημάτων να συντηρούν τη ζωή έχει φτάσει στα όριά της. Είναι εξαιρετικό το παράδειγμα με τη γιαγιά που μεταφέρει με το μουλάρι το βαρέλι με το νερό στην ανηφόρα για το σπίτι της

και τα παιδιά, για να παίξουν, το κατρακυλούν πάλι κάτω, με αποτέλεσμα να βρεθεί σε απόγνωση. Το σημερινό πρόβλημα ξεκινά από το ότι το νερό δε μεταφέρεται πλέον στο σπίτι με το βαρέλι, αλλά μέσα από μια βρύση, ενώ τα απόβλητα με τα απορρυπαντικά φεύγουν εύκολα από το νεροχύτη. Το ίδιο συμβαίνει και με τα υπόλοιπα αγαθά. Η γιαγιά το πονούσε το νερό, γιατί ήξερε ότι για να το μεταφέρει στο σπίτι της, έπρεπε να κοπιάσει. Πλέον, για να έχουμε νερό, αρκεί να ανοίξουμε τη βρύση. Είναι οι άλλοι που θα πρέπει να κανονίσουν να μας το φέρουν και άρα νιώθουμε πως δεν έχουμε ευθύνη για αυτό τον πόρο.

Ο σημερινός τρόπος ζωής είναι μη βιώσιμος και ευθύνεται για την κλιματική αλλαγή. Είναι ένας τρόπος ζωής που θυμίζει τη ζωή των πλουσίων πριν από εκατό ή διακόσια χρόνια. Ένας τοιφλικός στη Θεσσαλία θα είχε κάποιους δουλοπάροικους να του μεταφέρουν νερό, να του πλένουν τα ρούχα, άλογα για την άμαξά του, υπηρέτες να του μαγειρεύουν, να του ανάψουν τη φωτιά, να του ζεστάνουν το νερό για το μπάνιο κ.τ.λ. Οι υπηρεσίες αυτές είναι προσβάσιμες σε όλους μας στο δυτικό κόσμο σήμερα, μέσω της βιομηχανικής επανάστασης, της αλόγιστης χρήσης ενέργειας και της ακραίας χρήσης των πόρων.

Οι φυσικοί πόροι αγγίζουν τα όρια της εξάντλησης. Ένας από τους βασικούς πόρους, ο φώσφορος, στον οποίο δυστυχώς στηρίζεται ακόμα η αγροτική παραγωγή, υπάρχει πλέον σε δύο μέρη σε όλο τον πλανήτη, στην κατεχόμενη από το Μαρόκο Δυτική Σαχάρα και σε κάποια σημεία της Κίνας. Ωστόσο, ακόμη και τα αποθέματα αυτά τελειώνουν. Ο χαλκός, ένα τόσο ευτελές μέταλλο μέχρι πριν λίγα χρόνια, σήμερα αποκτά αξία λόγω της συνεχούς μείωσης των αποθεμάτων του. Δεν είναι τυχαία τα φαινόμενα κλοπής των χάλκινων υλικών από τις γραμμές του ΟΣΕ και από τις αποχετεύσεις. Ακόμα και τέτοιοι ευτελείς πόροι αποκτούν αξία γιατί προοδευτικά γίνονται σπάνιοι. Η κατάσταση αυτή, δυστυχώς, δε σταματάει εδώ.

Ανεξάντλητοι πόροι, όπως οι ωκεανοί, φτάνουν στα όριά τους. Καταγράφηκε στον Ειρηνικό Ωκεανό το άκρως ανησυχητικό φαινόμενο της «πλαστικής σούπας». Μια μικρή ήπειρος έχει δημιουργηθεί από πλαστικές σακούλες και άλλα απορρίμματα που φτάνουν εκεί από τις χωματερές, τα πλοία και τις παράκτιες περιοχές και μέσω των θαλάσσιων ρευμάτων καταλήγουν στο πιο παρθένο σημείο του Ειρηνικού. Έχει δημιουργηθεί με τον τρόπο αυτό στο πιο παρθένο, ακατοίκητο μέρος του κόσμου, μια νησίδα από επιπλέοντα πλαστικά σκουπίδια, με έκταση αντίστοιχη αυτής της κεντρικής Ευρώπης και πάχος δέκα μέτρων, η οποία μεγαλώνει διαρκώς. Αντίστοιχη νησίδα σκουπιδιών έχει εντοπιστεί και στον Ατλαντικό.

Σχετικά με τα θαλάσσια οικοσυστήματα, γνωρίζουμε ότι μέχρι το 2050 αναμένεται η κατάρρευση της αλιείας. Μερικά είδη, όπως ο ερυθρός τόνος, θα εξαφανιστούν πλήρως μέσα στα επόμενα χρόνια. Και στην ξηρά, όμως, αυξάνεται διαρκώς η ρύπανση των πόσιμων και αρδεύσιμων υδάτων.

Είναι γεγονός ότι ο πλανήτης ωθείται στα όριά του. Η κλιματική αλλαγή προκλή-

θηκε ακριβώς λόγω της σειράς των βιομηχανικών επαναστάσεων από το 18ο αιώνα και μετά. Ο τρόπος ζωής μας θεωρεί αυτονόητη τη διαρκή «άνοδο» του βιοτικού μας επιπέδου. Κάθε φορά που αυξάνεται το ΑΕΠ, τουλάχιστον με τις σημερινές τεχνολογίες, αυξάνεται η κατανάλωση ενέργειας και άρα η κατανάλωση πόρων. Ανάπτυξη σημαίνει περισσότερη ενέργεια, περισσότεροι πόροι που καταναλώνονται. Αυτή είναι η συμβολή του καθενός μας ατομικά στην περιβαλλοντική καταστροφή.

Η κλιματική αλλαγή οφείλεται κυρίως στην παραγωγή ενέργειας με καύση άνθρακα. Η κατάσταση είναι πολύ κρίσιμη και αν μέχρι το 2016 δεν έχουν ληφθεί από την παγκόσμια κοινότητα οι αποφάσεις για ριζική αλλαγή κατεύθυνσης, τότε οι πιθανότητες να αποφύγουμε τα χειρότερα είναι πάρα πολύ μικρές. Ήδη πολλοί επιστήμονες ισχυρίζονται ότι όταν πραγματοποιηθεί η θερμοκρασιακή αύξηση που αντιστοιχεί στις μέχρι σήμερα εκπομπές μας, με τις συνέπειες να θέλουν είκοσι με τριάντα χρόνια για να φανούν, η παγκόσμια θερμοκρασία θα αυξηθεί κατά 1,5 με 2 βαθμούς. Τα πιο αισιόδοξα σενάρια ισχυρίζονται πως δεν έχει γίνει ακόμη αυτό το κακό, ότι θα γίνει σύντομα και ότι θα το προλάβουμε αν αλλάξουμε κατεύθυνση πριν περίπου το 2016. Αν ξεπεράσουμε τη θερμοκρασιακή αύξηση των 1,5 με 2 βαθμών, θα αρχίσουν ολόκληρα οικοσυστήματα να καταρρέουν. Αν η αύξηση της θερμοκρασίας υπερβεί τους 2 βαθμούς, αναμένεται να αρχίσει το λιώσιμο των πάγων στα εδάφη της Σιβηρίας, στα οποία βρίσκονται αποθηκευμένες τεράστιες ποσότητες μεθανίου.

Στα χερσαία φυσικά οικοσυστήματα, στα εδάφη, στις λίμνες, στα ποτάμια, τα δάση βρίσκεται αποθηκευμένος τρεις φορές περισσότερος άνθρακας από ό,τι στην ατμόσφαιρα. Η έκλυση αυτής της τεράστιας ποσότητας μεθανίου, σύμφωνα με τους ειδικούς, θα οδηγήσει πολύ πιο γρήγορα στη θερμοκρασιακή αύξηση των 3 βαθμών.

Στους +3 βαθμούς αναμένεται να καταρρεύσουν τα τροπικά δάση του Αμαζονίου και της Ινδονησίας. Τα τροπικά δάση προσφέρουν ανεκτίμητες υπηρεσίες στη Γη. Επιστήμονες υποστηρίζουν ότι είναι η καρδιά του πλανήτη, καθώς ψύχοντας και θερμαίνοντας τον αέρα κινούν τις αέριες μάζες με θεμελιώδη συνεισφορά στη ζωή στη Γη. Είναι γνωστό ότι τα τροπικά δάση αποτελούν τεράστιες δεξαμενές άνθρακα. Από παιδιά μαθαίνουμε για τη φωτοσύνθεση, για το πώς τα φυτά δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα, το διασπούν, εκλύουν το απαραίτητο για τη ζωή οξυγόνο και δεσμεύουν τον άνθρακα για να δημιουργήσουν το ριζικό τους σύστημα, τον κορμό τους κ.τ.λ. Με αυτή τη διαδικασία αποθηκεύτηκαν στα δάση, στα φυσικά οικοσυστήματα και στο έδαφος τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Σε σπάνιες και εξαιρετικές περιπτώσεις και μόνο έπειτα από εκατομμύρια χρόνια, ο άνθρακας μετατράπηκε σε λιγνίτη, πετρέλαιο κ.τ.λ. Όταν καταρρεύσουν τα τροπικά δάση, οι ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που θα εκλυθούν στην ατμόσφαιρα θα είναι τεράστιες, με δραματικό αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 4 βαθμούς.

Από τη στιγμή που η αύξηση της θερμοκρασίας θα υπερβεί τους 1,5 με 2 βαθμούς, η κατάσταση φεύγει οριστικά από τον έλεγχό μας. Θα υπάρξει μια αυτόματη κατάρρευση των φυσικών οικοσυστημάτων, στην οποία δε θα μπορέσει ο άνθρωπος να επέμβει. Η αύξηση της θερμοκρασίας θα επηρεάσει δραματικά τη δυνατότητα πρόσβασης στο νερό. Το λιώσιμο των πάγων έχει ήδη ξεκινήσει με ταχείς ρυθμούς. Ολόκληρα κομμάτια πάγου ταξιδεύουν προς κατοικήσιμες περιοχές του πλανήτη, καθώς λαμβάνει χώρα ο κατακερματισμός και το λιώσιμο των πάγων στους πόλους. Βιώνουμε ήδη το ραγδαίο λιώσιμο των παγετώνων στα βουνά, οι οποίοι πέρα από τη συμβολική αξία και την απaráμιλλη ομορφιά τους, αποτελούν την πηγή του νερού στη Γη. Ο άνθρωπος τείνει να το ξεχνά αυτό, καθώς δε συνειδητοποιεί πως όλα στη ζωή μας είναι αλληλένδετα και πως δεν είναι εφικτή η εξασφάλιση της επιβίωσής μας χωρίς τις οικοσυστημικές υπηρεσίες της Γης. Όλοι οι μεγάλοι ποταμοί της Ευρώπης πηγάζουν από τις Άλπεις, όλοι οι μεγάλοι ποταμοί της Ασίας πηγάζουν από τα Ιμαλάια. Το νερό στη Νότια Αμερική εξαρτάται από τους παγετώνες στις Άνδεις. Οι παγετώνες στο όρος Κιλιμάντζαρο και στο όρος Κένυα είναι ζωτικής σημασίας για τη διαθεσιμότητα νερού και άρα την επιβίωση του ανθρώπου στην Ανατολική Αφρική. Το Κιλιμάντζαρο, γνωστό για την παγωμένη κορυφή του από τις επικές περιγραφές του Χέμινγκουεϊ, δεν έχει αυτή τη στιγμή παρά δυο-τρία στίγματα πάγου και αναμένεται σε λίγα χρόνια να λιώσουν κι αυτά. Αντίστοιχη είναι η κατάσταση και στο όρος Κένυα. Στις Άνδεις η κατάσταση είναι τραγική. Αναμένεται μέχρι το 2017-2020 ραγδαία μείωση των παγετώνων. Αντίστοιχα, στις Άλπεις και δυστυχώς και στα Ιμαλάια, οι εξελίξεις είναι πολύ γρήγορες. Όταν λιώσουν οι πάγοι στα Ιμαλάια, το 20% της ανθρωπότητας δε θα έχει πρόσβαση σε νερό. Όταν λιώσουν οι πάγοι στις Άνδεις, 70 εκατομμύρια του παρόντος πληθυσμού δε θα έχουν πρόσβαση σε νερό. Υπάρχουν ήδη 10 εκατομμύρια περιβαλλοντικοί πρόσφυγες και μέχρι το 2050 εικάζεται ότι θα μπορούσαν να αυξηθούν σε 500 εκατομμύρια. Μισό δισεκατομμύριο περιβαλλοντικών προσφύγων σε μια Γη που θα έχει πληθυσμό 9 δισεκατομμύρια έως τότε. Το πόσο άμεση είναι αυτή η απειλή διαφαίνεται και από την επιστημονική διαμάχη για το αν τα δεδομένα της επιστημονικής επιτροπής του ΟΗΕ για την κλιματική αλλαγή είναι ορθά σχετικά με το αν θα λιώσουν οι πάγοι στα Ιμαλάια μέχρι το 2035, όπως ανέφερε η τελευταία αναφορά των επιστημόνων του ΟΗΕ, ή αν αυτό θα γίνει το 2050 ή το 2070, όπως είναι πιθανότερο.

Αν δεν αναληφθούν ριζικές δράσεις σήμερα, θα καταστραφεί ο ανθρωπινός πολιτισμός έως το 2100. Έως τότε, όμως, τα παιδιά που γεννήθηκαν μέχρι το 2000, με βάση το προσδόκιμο ζωής, θα πρέπει λογικά να ζουν. Είναι οι γενιές που σήμερα είναι 0, 10, 20 ή και παραπάνω χρόνων που θα βιώσουν άμεσες ριζικές και τραγικές επιπτώσεις στη ζωή τους. Οι τόποι που θα κρατήσουν τη δυνατότητα να διατηρήσουν τη ζωή, θα είναι εκείνοι όπου θα κατευθυνθούν όλοι οι υπόλοιποι πρόσφυγες. Αυτό σημαίνει κοινωνικές αναταραχές, σημαίνει πολέμους, σημαίνει κάτι που πραγματι-

κά δε θέλει η ανθρωπότητα να βιώσει. Τα λεγόμενα αυτά δεν αποσκοπούν στο να προκαλέσουν πανικό, αλλά στο να καταργήσουν την ψευδαίσθηση ότι θα υπάρξει κάποια πανάκεια, κάποια μαγική τεχνολογία που θα λύσει το πρόβλημα χωρίς την ανάλογη δραστηριοποίησή μας.

Για την Ελλάδα, συγκεκριμένα για τη Σύρο, η κλιματική αλλαγή μπορεί να σημαίνει ερημοποίηση. Η 17η Ιουνίου είναι η Παγκόσμια Ημέρα κατά της Ερημοποίησης. Δυστυχώς, στην Ελλάδα ακόμα δεν έχει τεθεί σοβαρά προς συζήτηση το θέμα της ερημοποίησης. Ωστόσο, είναι ένα ζήτημα που θα απειλήσει μεσοπρόθεσμα με κατάρρευση την αγροτική δραστηριότητα στην Ελλάδα, λόγω της μείωσης των υδατικών αποθεμάτων.

Το νερό θα πρέπει να είναι η βασική μας έγνοια. Δημιουργείται μια ψευδαίσθηση ότι η αφαλάτωση αποτελεί πανάκεια. Προφανώς, θα υπάρξουν περιπτώσεις όπου θα χρειαστεί η αφαλάτωση, αλλά αν κάθε τόπος στο Αιγαίο αποκτήσει αφαλάτωση, είναι ορατός ο κίνδυνος της σημαντικής επιβάρυνσης της θαλάσσιας βιοποικιλότητας και της παρεμπόδισης των οικοσυστημικών υπηρεσιών του Αιγαίου, με επιπτώσεις στη Μεσόγειο και σε ολόκληρη τη Γη. Τραγικό παράδειγμα ο Περσικός Κόλπος με την ακραία υφαλμύρωση. Όλα θα πρέπει να γίνονται με μέτρο. Είναι δυσάρεστο ότι το πιλοτικό πρόγραμμα στην Ηρακλεία έχει σημαντικά προβλήματα ως προς την αποτελεσματικότητά του, γιατί πραγματικά αν είναι να γίνουν κάποιες μονάδες αφαλάτωσης, αυτές θα πρέπει να συνδυαστούν με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, διαφορετικά συνεχίζουμε αυτή την ακραία αύξηση της κατανάλωσης της ενέργειας, η οποία εξαντλεί τους φυσικούς πόρους και καταστρέφει το αύριο και κομμάτια του σήμερα.

Για να υπάρχει νερό στο μέλλον, θα πρέπει να προστατευτούν αυτά τα τόσο γενναιόδωρα έως σήμερα οικοσυστήματα. Θα πρέπει να εξεταστεί πώς θα προστατευθούν τα οικοσυστήματα στα νησιά του Αιγαίου, τα οποία προσφέρουν τα φυσικά αποθέματα νερού και πώς θα υπάρξει υπεύθυνη και σοφή διαχείριση των υδατικών πόρων. Συμβαίνει πολλές φορές ακριβώς λόγω της αφαλάτωσης, για παράδειγμα στη Σύρο, να παρατηρείται ακόμη μεγαλύτερη σπατάλη νερού, προερχόμενου και από την αφαλάτωση, και από τις γεωτρήσεις, μια και πλέον δεν είναι ορατός ο κίνδυνος της λειψυδρίας, καθώς πιστεύεται ότι θα υπάρχει πάντα νερό από την αφαλάτωση. Βλέπει, για παράδειγμα, κανείς τα χωράφια να ποτίζονται μέσα στο καταμεσήμερο του Αυγούστου ή να χτίζεται το νησί πέρα από τη φέρουσα ικανότητά του. Επομένως, είναι απαραίτητος και ο έλεγχος της δόμησης που αυτή τη στιγμή αλώνει το αγροτικό τοπίο της Σύρου και των νησιών των Κυκλάδων. Προφανώς, κάπου θα υπάρξει δόμηση, αλλά θα πρέπει να ελεγχθούν οι περιοχές. Είναι αδύνατο να υπάρξει παντού δόμηση, δεν μπορούμε να επεμβαίνουμε στο τοπίο τόσο μαζικά καταστρέφοντας τις πεζούλες που κρατάνε το χώμα. Οι πεζούλες είναι αυτές που διατηρούν τη βιοποικιλότητα, το νερό και το χώμα και προφανώς πρέπει να ληφθούν δράσεις για

τη διατήρησή τους. Την προηγούμενη δεκαετία είχε υλοποιηθεί ένα ιδιαίτερα πετυχημένο πιλοτικό ευρωπαϊκό πρόγραμμα για τη σημασία και την προστασία της ξερολιθιάς, όπου είχε συμμετάσχει και η Τήνος μαζί με τη Μαγιόρκα. Στις Κυκλάδες η δράση σταμάτησε εκεί, σε αυτό το πιλοτικό πρόγραμμα. Στη Μαγιόρκα συνέχισαν, έκαναν σχολεία για ξερολιθιές και εκπαίδευσαν τους ντόπιους τεχνίτες. Σήμερα όλοι χτίζουν πλέον με ξερολιθιές, όλοι μπορούν να προστατεύσουν τις πεζούλες, ενώ παράλληλα συμμετείχαν και σε άλλα ευρωπαϊκά προγράμματα και με τοπική πρωτοβουλία έλυσαν κρίσιμα τοπικά προβλήματα.

Θα πρέπει να εξεταστεί επίσης το θέμα της φύτευσης σε σχέση με τους υδατικούς πόρους. Η φυτοκάλυψη είναι αυτή που παράγει το νερό, αλλάζει τις κλιματικές συνθήκες, παράγει την υγρασία και μέσω των οικοσυστημικών διεργασιών κάνει πιο πλούσια τα οικοσυστήματα. Είναι απαραίτητη η λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση της ερημοποίησης, ξεθεάζοντας τις πολύ επιτυχημένες διεθνείς δράσεις και εμπειρίες. Σε κάποιες περιπτώσεις, όπως στην Ισπανία, με πρότυπα προγράμματα δάσωσαν ολόκληρες περιοχές. Η δάσωση δε χρειάζεται να είναι πλήρης, μπορεί να είναι και μερική, δηλαδή να συνδυαστεί η δάσωση με την αγροτική καλλιέργεια, αυξάνοντας σημαντικά την αγροτική παραγωγικότητα, τη διαθεσιμότητα σε νερό και δημιουργώντας κατά αυτόν τον τρόπο ένα πολύ πιο υγρό κλίμα, με καλύτερες συνθήκες διαβίωσης σε αυτές τις πολύ ξερικές περιοχές. Αυτή η πρακτική μπορεί να αυξήσει τις υδατοπτώσεις άλλα και τη βιοποικιλότητα.

Οι δράσεις πρέπει να εστιάσουν και στο θέμα της ανακύκλωσης των υδάτων, και στη συλλογή και αξιοποίηση των διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων χωρίς να επιβαρυνθούν τα οικοσυστήματα. Προς την κατεύθυνση αυτή δε θα πρέπει να υπάρχει σπίτι χωρίς στέρνα στις Κυκλάδες.

Είναι ανάγκη να δούμε πώς διαχειριζόμαστε τον τόπο μας, γιατί έχουμε φτάσει στο σημείο μηδέν και τα οικοσυστήματα, που είναι η ίδια η ζωή, δεν αντέχουν άλλο. Ή θα αλλάξουμε ριζικά το τι κάνουμε τοπικά και παγκόσμια, ή θα πρέπει, δυστυχώς, να περιμένουμε τα χειρότερα.

Τη δεκαετία του '60 οι καλοκαιρινές διακοπές στις Οινούσσες για την οικογένειά μας, που τότε διέμενε στο Λονδίνο, ήταν το γεγονός που προσμέναμε με λαχτάρα όλο το χρόνο. Εκείνη την εποχή στις Οινούσσες λειτουργούσε γεννήτρια μέχρι τις 9 μ.μ. (μετά ανάβαμε λάμπες), τα ψυγεία (όσοι είχαν) λειτουργούσαν με κορόνες πάγου και το χωριό είχε το πολύ πέντε κορόνες φωτισμού.

Το νερό ήταν βρόχινο στις στέρνες κι εμείς που είχαμε καλομάθει από την Αγγλία ήμασταν στα μάτια της γιαγιάς μας, της οικοδέσποινας, ιδιαίτερα σπάταλοι με τα καθημερινά μας ντους και λουσίματα. Μια μέρα, αγανακτισμένη μετά τις επανειλημμένες νουθεσίες, μας δήλωσε κατηγορηματικά: «Πιο λίγα μπάνια διότι θα τελειώσει το νερό! Κι αν τελειώσει το νερό, τελείωσαν και οι διακοπές!».

Γιάννης Λύρας
Μέλος της Επιτροπής Παρακολούθησης
Προγράμματος ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΙΓΑΙΟ

egaiο Αειφόρο
Αιγαίο

ISBN 978-960-99550-2-7



9 789609 955027