

**Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων
& Γεωργικής Μηχανικής
Τομέας Διαχείρισης Υδατικών Πόρων**

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ



ΧΡΙΣΤΟΣ Α. ΚΑΡΑΒΙΤΗΣ

(4^ο εξάμηνο)

Αθήνα 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
ΑΕΙΦΟΡΙΑ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	7
ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ	9
ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΣΙΜΗΣ ΓΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΒΟΣΚΟΤΟΠΩΝ	9
ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	11
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ	15
ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	16
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	17
Αρχές διαχείρισης	17
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	18

ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η όλο και εντονότερη ανάπτυξη των συστημάτων υδατικών πόρων σε παγκόσμια κλίμακα, ταυτόχρονα με τα συνεχώς αυξανόμενα ελλείμματα, έχει κάνει επιτακτική την ανάγκη για την εφαρμογή ολοκληρωμένων μεθόδων σχεδιασμού και διαχείρισης των υδατικών πόρων. Η επιστήμη των συστημάτων υδατικών πόρων είναι αυτή που κλήθηκε να εφαρμόσει αυτές τις μεθόδους σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα (των τελευταίων δεκαετιών), για να δώσει λύσεις στα σχετιζόμενα με το νερό προβλήματα της ανθρώπινης κοινωνίας. Αυτό γιατί το νερό είναι βασικό στοιχείο όλων των περιβαλλοντικών και κοινωνικών διαδικασιών. Το νερό είναι κύριο συστατικό του οικολογικού κύκλου. Το νερό είναι απαραίτητο για την αγροτική, την βιομηχανική παραγωγή και την παραγωγή ενέργειας. Για να καλυφθεί λοιπόν η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση εκμεταλλεύονται όλο και περισσότερα τα υπόγεια νερά, κατασκευάζονται όλο και περισσότερα φράγματα για να ελέγξουν τις πλημμύρες και να ταμιεύσουν το νερό, όλο και μεγαλύτερα υδραγωγεία για να μεταφέρουν το νερό, πολλές φορές σε εκατοντάδες χιλιόμετρα απόσταση, και τελευταία ενεργοβόρα εργοστάσια αφαλάτωσης, για να υδροδοτήσουν παραδοσιακά ερημικές ή ημιερημικές περιοχές.

Με την είσοδο στον 21ο αιώνα τα προβλήματα δυστυχώς αυξάνονται καθώς στην έλλειψη του νερού έρχεται να προστεθεί και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Για να δοθεί μία διάσταση του προβλήματος τονίζεται ότι περίπου το 97% από όλο το νερό της Γης είναι αλμυρό (saline) και μόνο 3% είναι γλυκό (fresh water), με ένα συνολικό όγκο 35 δισεκατομμυρίων km^3 . Λιγότερο από 100.000 km^3 περίπου 0.3% των συνολικών αποθεμάτων σε γλυκό νερό - ευρίσκεται στα ποτάμια και τις λίμνες και αποτελεί την κύρια πηγή εφοδιασμού. Το νερό βέβαια στην φύση ανακυκλώνεται και ο υδρολογικός κύκλος περιγράφει αυτή την ανακύκλωση (βλ. Εικόνα 1). Σε ετήσια βάση περίπου 45.000 km^3 νερού κατ' έτος επιστρέφουν στον παγκόσμιο ωκεανό σαν απορροή των ποταμών και των υπόγειων σχηματισμών. Αλλά αυτοί οι υδατικοί πόροι δεν κατανέμονται εξ' ίσου σε όλη την γήινη επιφάνεια. Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και η απορροή διαφέρουν σημαντικότερα στην κατανομή τους τόσο στον χώρο όσο και στον χρόνο. Για παράδειγμα 20% της μέσης ετήσιας παγκόσμιας απορροής παρατηρείται στην λεκάνη του Αμαζονίου, 7% στην Ευρώπη και 1% στην Αυστραλία.



Εικόνα 1. Υδρολογικός Κύκλος (USGS, 2005).

Στον Μεσογειακό χώρο και ιδιαίτερα στα νησιά, το νερό χρησιμοποιείται με μη αιεφόρο τρόπο. Το μεσογειακό νησιωτικό περιβάλλον συνολικά είναι οικολογικά εύθραυστο και δοκιμάζεται επικίνδυνα από τις επικρατούσες κοινωνικές και οικονομικές τάσεις. Με αυτή την έννοια το μέλλον του Μεσογειακού χώρου είναι δυνατό να απειληθεί από την αυξανόμενη πίεση στις παράκτιες περιοχές, που προέρχεται από τη συνεχή άμβλυνση των διαφορών μεταξύ τουριστικών και αγροτικών περιοχών, από σημαντικότερες αλληλοεξαρτήσεις υδατικών πόρων, από υψηλή ευαισθησία στη ρύπανση, και από την εύκολα ανατρεπόμενη ισορροπία μεταξύ νερού και εδάφους. Τα εδάφη είναι εξαιρετικά τρωτά στην διάβρωση και τα προκύπτοντα προβλήματα σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των υδατικών πόρων (απόθεση ιζημάτων στους ταμιευτήρες, σταθερότητα των όχθων των ποταμών κ.λ.π.). Η πλειονότητα του πληθυσμού είναι συγκεντρωμένη στις παράκτιες ζώνες και ο αυξανόμενος τουρισμός προκαλεί έντονη εποχιακή ζήτηση σε νερό. Ως εκ τούτων, η ανισοκατανομή της ζήτησης του νερού τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο αυξάνει ιδιαίτερα το κόστος κάλυψης των αναγκών. Τα προβλήματα διαχείρισης λυμάτων πολλαπλασιάζονται με την αύξηση του αστικού πληθυσμού κατά τη θερινή περίοδο και υποβαθμίζουν την ποιότητα των ακτών. Ολοι οι σχετικοί παράγοντες επιβάλλουν την εφαρμογή προληπτικού σχεδιασμού και

διαχείρισης και όχι την αναμονή εμφάνισης πλέον έντονων φαινομένων ρύπανσης, διάβρωσης και έλλειψης νερού (Karavitis C. A. and P. Kerkides, 2001)..

Η τεχνολογική ανάπτυξη που βασίσθηκε, σε ένα μεγάλο βαθμό, στους φθηνούς και άφθονους φυσικούς πόρους, την ταχεία πληθυσμιακή αύξηση και την έλλειψη φροντίδας για την διατήρηση των ισορροπιών του περιβάλλοντος, μπορεί να θεωρηθεί ότι είχε σαν αποτέλεσμα δύο αλληλοσυγκρουόμενες διαδικασίες. Από την μία πλευρά, η πρόοδος της τεχνολογίας, η δημογραφική έκρηξη και η αστικοποίηση, επέφεραν σημαντική αύξηση της κατανάλωσης σε νερό, υψηλής ταυτόχρονα ποιότητας. Από την άλλη πλευρά, η ολοένα αυξανόμενη και ανεξέλεγκτη υποβάθμιση και μόλυνση των επιφανειακών και υπογείων υδάτων, οδήγησε σε ξαφνικά ελλείμματα ποιοτικά αποδεκτού νερού. Εμφανίζεται δηλαδή, η κρίση των υδατικών πόρων. Βέβαια, εάν συνεχισθεί η ίδια εξέλιξη αυτών των δύο διαδικασιών, η κρίση του νερού θα συνεχίσει να επιτείνεται. Εξ' αιτίας των διαδικασιών αυτών οι ανθρώπινες κοινωνίες έχασαν ξαφνικά και σχεδόν χωρίς την θέληση τους, την παραδοσιακή θέση τους, με το άφθονο για τις περισσότερες περιοχές νερό, και τις χωρίς περιορισμούς και σχετικά φθηνές λύσεις στις υδατικές ανάγκες τους. Άντ' αυτού, αντιμετωπίζουν πλέον συστήματα υδατικών πόρων που απαιτούν σημαντικές, σύνθετες και συχνά ακριβές λύσεις.

Τα επιφανειακά νερά που περιέχονται στα ποτάμια, στις λίμνες και στην ακόρεστη σε νερό ανώτερη εδαφική ζώνη, αποτελούν περίπου ένα ποσοστό 2%, τα υπόγεια νερά αποτελούν το 23% και τα νερά με τη μορφή των πολικών πάγων το 75% του συνόλου των γλυκών νερών σε παγκόσμια κλίμακα. Το μικρό αυτό ποσοστό του επιφανειακού γλυκού νερού (2%) έπαιξε σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη και στην ιστορία του ανθρώπου, αφού οι πρώτοι πολιτισμοί αναπτύχθηκαν στις όχθες ποταμών και λιμνών (Νείλος, Τίγρης, Ευφράτης, Ινδός κλπ.) και οι περισσότερες των σημερινών πόλεων ευρίσκονται πλησίον ενός σημαντικού υδατίνου σώματος. Η ανάγκη χρησιμοποίησης του νερού (αρχικά για ύδρευση, άρδευση και ποτάμια ναυσιπλοΐα) συνέτεινε στην προτίμηση αυτή. Αργότερα το νερό χρησιμοποιήθηκε και για ευρύτερους αστικούς σκοπούς, στη βιομηχανία ως πηγή ενέργειας και για ψυχαγωγία – αναψυχή .

Από πολύ παλιά ο άνθρωπος αντιλήφθηκε ότι έπρεπε να διαχειριστεί κατάλληλα το νερό, ώστε να εξασφαλίσει την επιβίωσή του. Ακραία καιρικά φαινόμενα όπως οι πλημμύρες αλλά και οι ξηρασίες επιδρούν καταστροφικά και επιφέρουν δεινά όχι μόνο στον άνθρωπο και το σύνολο των κοινωνικών και οικονομικών δραστηριοτήτων αλλά, και σε ολόκληρο το βιοτικό και αβιοτικό περιβάλλον γενικώτερα. Αναρίθμητες προσπάθειες έχουν γίνει για να τιθασευτούν ή να ελεγχθούν ή ακόμα και να προβλεφθούν τα ανεπιθύμητα επακόλουθα

αυτών των φαινομένων. Χαρακτηριστικό πρώιμο παράδειγμα υπήρξε ο έλεγχος και η διαχείριση των νερών του Νείλου πριν από 5000 χρόνια όπου κατασκευάστηκαν τεράστια έργα διευθέτησης και διανομής των νερών για τις ανάγκες άρδευσης, όπως επίσης και μελέτη των ετήσιων διακυμάνσεων της στάθμης του ποταμού για πρόγνωση της ποσότητας του νερού άρα και της γεωργικής παραγωγής.

ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΤΗ ΧΩΡΑ ΜΑΣ

Η χώρα μας έκτασης 131.950 Km² περίπου έχει την ιδιομορφία να παρουσιάζει μια ακτογραμμή 16.000 Km που αναπτύσσεται στην ηπειρωτική χώρα και στα 3.000 περίπου νησιά μας (έκτασης 25.166 Km²). Το 5% της ακτογραμμής αντιστοιχεί σε υδροβιότοπους. Από τα 3.000 νησιά μας 63 είναι τα κυριότερα από άποψη μεγέθους. Σε αντιδιαστολή σημειώνεται ότι τα νησιά σε ολόκληρη τη Μεσόγειο αριθμούν τα 4.000.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι ότι η βροχόπτωση η οποία ποικίλλει ιδιαίτερα, κατά μέσο όρο, στη Δυτική Ελλάδα (1.100 mm) είναι τριπλάσια περίπου από ότι στην Ανατολική Ελλάδα (350 mm). Χαρακτηριστικά αναφέρονται οι μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις σε διάφορες πόλεις:

Νάξος: 368 mm

Ιωάννινα: 1088 mm

Κέρκυρα: 936 mm

Αθήνα: 400 mm

Χανιά: 548 mm

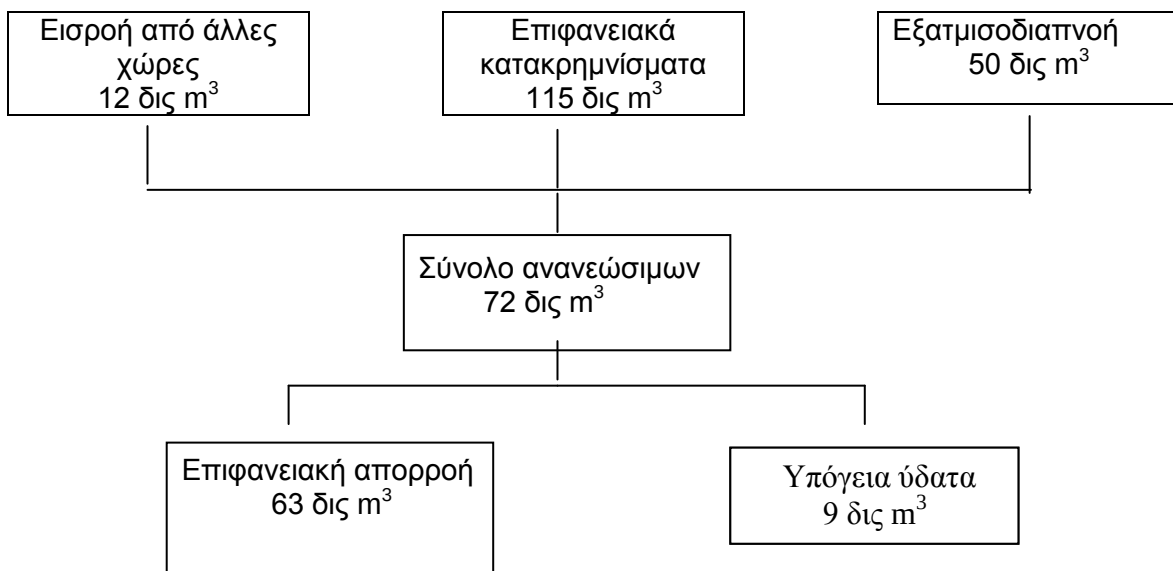
Τα παραπάνω χαρακτηριστικά, σε συνδυασμό με την άνιση κατανομή της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια του έτους έχουν δημιουργήσει πανσπερμία οικοσυστημάτων.

Ο Νόμος 2539/97 (Νόμος Καποδίστρια) διαίρεσε τη χώρα σε 13 Διοικητικές Περιφέρειες και 57 Νομαρχίες. Στόχος του ήταν να μειωθούν οι στοιχειώδεις διοικητικές μονάδες (Δήμοι και Κοινότητες) από 6.350 σε 1.033 (900 Δήμοι και 133 Κοινότητες). Η μεταρρύθμιση αυτή συνοδεύτηκε από την αποκέντρωση ορισμένων κυβερνητικών αρμοδιοτήτων, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται και ορισμένες αρμοδιότητες περιβαλλοντικής διαχείρισης.

Η Νομοθεσία που αποτελεί τη βάση του διοικητικού πλαισίου για την προστασία του Περιβάλλοντος και ιδιαίτερα των υδατικών πόρων στην Ελλάδα δίνεται στον Πίνακα 1. Το πλέον εντυπωσιακό στοιχείο είναι ο κατακερματισμός των αρμοδιοτήτων διαχείρισης των υδατικών πόρων σε αρκετούς κυβερνητικούς φορείς. Ανάμεσα σε αυτούς τους φορείς συμπεριλαμβάνονται : Το Υπουργείο Εσωτερικών (ΥΠΕΣ), το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ), το Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας, το Υπουργείο Πολιτισμού, το Υπουργείο Εξωτερικών (ΥΠΕΞ), το Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠΑΝ) το Υπουργείο Γεωργίας (ΥΠΓΕ), την Δ.Ε.Η., την Ε.Υ.Δ.Α Π. και μερικές άλλες υπηρεσίες.

Αυτός ο κατακερματισμός και η επικάλυψη συναφών αρμοδιοτήτων φαίνεται να εμποδίζει τις προσπάθειες ολοκληρωμένου σχεδιασμού και διαχείρισης των υδατικών πόρων. Επιπλέον είναι δυνατόν να ευνοεί τυχούσες υπάρχουσες γραφειοκρατικές τάσεις, δημιουργώντας καθυστερήσεις στον σχεδιασμό και την εφαρμογή των μέτρων, και αντίστοιχο κατακερματισμό των πιστώσεων.

Η μέση ετήσια τιμή των κατακρημνισμάτων στην Ελλάδα είναι 115 δις m^3 απ' όπου το 50-60% περίπου χάνεται με την εξατμισοδιαπνοή. Στη χώρα μας το 85-90% των αποθεμάτων του γλυκού νερού είναι επιφανειακά και το 10-15% υπόγεια, ενώ το 40% του νερού άρδευσης προέρχεται από υπόγειους υδροφορείς. Μια απλή εκτίμηση της ετήσιας κατανομής μπορεί να είναι η παρακάτω:



* 1 δις m^3 = 1.000 hm³

Πίνακας 1. Κύρια εθνική περιβαλλοντική νομοθεσία

1950	N' 1469/50	Διατήρηση Τοπίων Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους
1965	YA' E1B/221/65	Διάθεση Υγρών Αποβλήτων Φυσικά Πάρκα, Δρυμοί και Μνημεία της Φύσης
1971	N 996/71	Διαχείριση Κατοικημένων Περιοχών
1972	N 947/72	Ελεγχόμενες Περιοχές Κυνηγιού
1975	N 177/75	Άρθρο 24.1
1975	Σύνταγμα της Ελλάδος	Χωροταξικός Σχεδιασμός και πολιτική γης
1976	N 360/76	Προστασία Θαλασσίου Περιβάλλοντος
1977	N 743/77	Κύρωση Σύμβασης της Βαρκελώνης για την Προστασία της Μεσογείου Θάλασσας από τη Ρύπανση και των Πρωτοκόλλων της για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Απορρίψεις από Πλοία και Αεροσκάφη καθώς και για την καταπολέμηση της Ρύπανσης από Πετρέλαιο και άλλες Επιβλαβείς Ουσίες
1978	N 855/78	Προστασία των Δασών και των Δασικών Εκτάσεων
1979	N 998/79	Σύσταση του Υπουργείου Χωροταξίας, Οικισμού και Περιβάλλοντος (ΥΧΟΠ)
1980	N 1032/80	Εγκατάσταση και Λειτουργία Βιομηχανικών Μονάδων
1981	ΠΔ' 1180/81	Κύρωση Συνθήκης MARPOL για την Πρόληψη της Θαλάσσιας Ρύπανσης από Πλοία
1982	N 1269/82	Οικιστικός Νόμος - Επέκταση των πολεοδομικών σχεδίων. Οικιστική ανάπτυξη και σχετικές ρυθμίσεις
1983	N 1337/83	Μέτρα για Εξαιρετικές Περιπτώσεις της Ρύπανσης του Περιβάλλοντος
1983	N 1327/83	Ρυθμιστικό Σχέδιο της ευρύτερης περιοχής Αθηνών
1985	N 1515/85	Σύσταση του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ)
1985	N 1558/85	Κύρωση των Πρωτοκόλλων για την Προστασία της Μεσογείου Θάλασσας από τη Ρύπανση από Χερσαίες Πηγές καθώς και για τις Ειδικά Προστατευόμενες Περιοχές της, στο πλαίσιο της Σύμβασης της Βαρκελώνης για την Προστασία της Μεσογείου Θάλασσας από τη Ρύπανση
1986	N 1634/86	Προστασία του Περιβάλλοντος
1986	N 1650/86	
1986	KYA'	
46399/1352/86	KYA A5/288/86	Εναρμόνιση της Εθνικής Ελληνικής Νομοθεσίας με τις Κοινοτικές Οδηγίες 75/440 76/659, 76/160, 78/659, 79/869, 80/778
1987	N 1739/87	Διαχείριση Υδατικών Πόρων
1987	ΠΥΣ' 144/87	Προστασία του Υδάτινου Περιβάλλοντος από τη Ρύπανση που Προκαλείται από Επικίνδυνες Ουσίες
1988	KYA	Μέτρα και Περιορισμοί για την προστασία του Υδάτινου Περιβάλλοντος, Καθορισμός Ανώτατων Ορίων για τις Επικίνδυνες Ουσίες που Περιέχονται στα Υγρά Απόβλητα
18186/271/88		Αναπτυξιακός Νόμος
1990	N 1892/90	Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
1990	KYA	Έλεγχος της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης από Μεγάλες Μονάδες Καύσης
69269/5387/90		Νέος Αναπτυξιακός Νόμος
1993	KYA	Σύσταση Ειδικού Σώματος Ελεγκτών Περιβάλλοντος για την
58751/2370/93		Περιβαλλοντική Προστασία
1994	N 2234/94	Νόμος για το Φυσικό Αέριο
1994	N 2242/94	Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων
1995	N 2364/95	Πολεοδομικός Σχεδιασμός και Βιώσιμη Ανάπτυξη Πόλεων -
1996	KYA	Νέος Οικιστικός Νόμος
69728/824/96		Εθνικός Σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων (Γενικές

1997	N 2208/97	κατευθύνσεις της πολιτικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων)
1997	KYA 113944/97	Κατάρτιση πλαισίου Προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων
1997	KYA 114218/97	Διαχείριση Επικινδύνων Αποβλήτων
1997	KYA 19396/1546/97	Έλεγχος Αέριας Ρύπανσης λόγω της Δημιουργίας Όζοντος
1997	ΠΥΣ 11/97	Νέος Αναπτυξιακός Νόμος για την παροχή κινήτρων για την οικονομική ανάπτυξη
1998	N 2601/98	Χωροταξικός Σχεδιασμός και Βιώσιμη Ανάπτυξη
1999	N 2742/99	
2003	N.3199	ΟΔΗΓΙΑ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΝΕΡΑ

Πηγή ΥΠΕΧΩΔΕ

Η μέση κατανάλωση νερού στην Ελλάδα φθάνει τα 5.500 hm³/έτος, ήτοι περίπου 5.500 m³/yr ανά κάτοικο. Από αυτά η άρδευση καταναλώνει περίπου το 84-85 %, η ύδρευση το 13-15 % και η βιομηχανία το 2-4%.

Όσον αφορά στους υγροτόπους στην Ελλάδα τα ¾ αυτών έχουν χαθεί μέσα στον τελευταίο αιώνα. Οι κύριοι παράγοντες που προκαλούν την υποβάθμιση των υγροτόπων είναι η κατασκευή αρδευτικών έργων και οι εκτροπές των ποταμών, η υπερβολική άντληση νερού, οι εκχερσώσεις, το παράνομο κυνήγι, οι εκροές από τις αγροτικές περιοχές, αστικά ή βιομηχανικά λύματα, η αστική ανάπτυξη και η επέκταση των καλλιεργούμενων εκτάσεων.

Εξάλλου τα τέσσερα μεγάλα διεθνή ποτάμια μας αποτελούν το 25% περίπου των ελληνικών επιφανειακών υδάτινων πόρων.

Αξίος: 5,0 εκ. m³/έτος

Στρυμόνας: 3,4 εκ. m³/έτος

Νέστος: 1,8 εκ. m³/έτος

Έβρος: 3,25 εκ. m³/έτος

Αναλυτικά διάφορες εκτιμήσεις για τους υδατικούς πόρους ανά υδατικό διαμέρισμα της Ελλάδος παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2. Εκτιμήσεις των δυνητικών υδατικών πόρων στην Ελλάδα σε $10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ (Karavitis, 1999).

Υδατικό Διαμέρισμα	Επιφανειακά Υδατα		Υπόγεια Υδατα				Σύνολο	
			Καρστικά	Άλλα	Σύνολο			
	ΥΠΑΝ ¹	ΥΠΓΕ ²	ΥΠΑΝ	ΥΠΑΝ	ΥΠΑΝ	ΥΠΓΕ ³	ΥΠΑΝ	ΥΠΓΕ
1. Δ. Πελοπόννησος	3,050	2,720	550	150	700	80	3,750	2,800
2. Β. Πελοπόννησος	2,650	3,201	800	100	900	100	3,550	3,301
3. Α. Πελοπόννησος	1,000	1,859	850	100	950	114	1,950	1,973
4. Δ. Στερεά	9,750	11,649	750	100	850	75	10,600	11,724
5. Ηπειρος	8,500	8,591	200	50	250	59	8,750	8,650
6. Αττική	200	219	150	50	200	2	400	221
7. Α. Στερεά	1,900	1,816	750	300	1,050	83	2,950	1,899
8. Θεσσαλία	3,250	3,253	550	800	1,350	590	4,600	3,843
9. Δ. Μακεδονία	4,100	4,320	800	50	850	417	4,950	4,737
10. Κ. Μακεδονία	6,900	7,186	150	550	700	344	7,600	7,530
11. Α. Μακεδονία	4,200	4,419	300	250	550	252	4,750	4,671
12. Θράκη	10,900	10,991	100	300	400	180	11,300	11,171
13. Κρήτη	1,300	1,564	1,200	100	1,300	95	2,600	1,659
14. Νήσοι Αιγαίου	1,000	1,080	200	50	250	61	1,250	1,141
ΣΥΝΟΛΟ	58,700	62,868	7,350	2,950	10,300	2,452	69,000	65,320

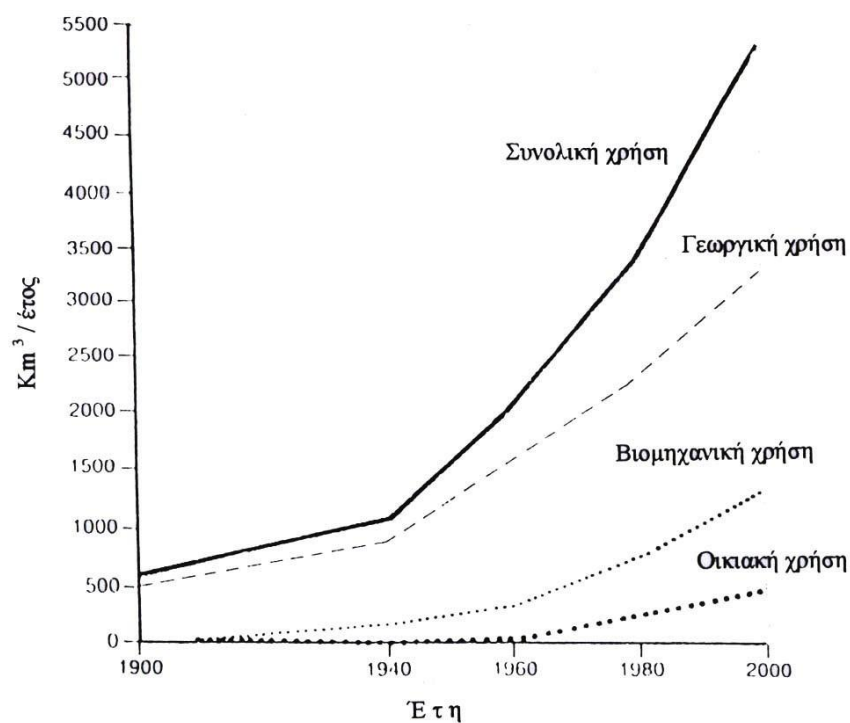
¹ Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠΑΝ), 1987.

² Υπουργείο Γεωργίας (ΥΠΓΕ).

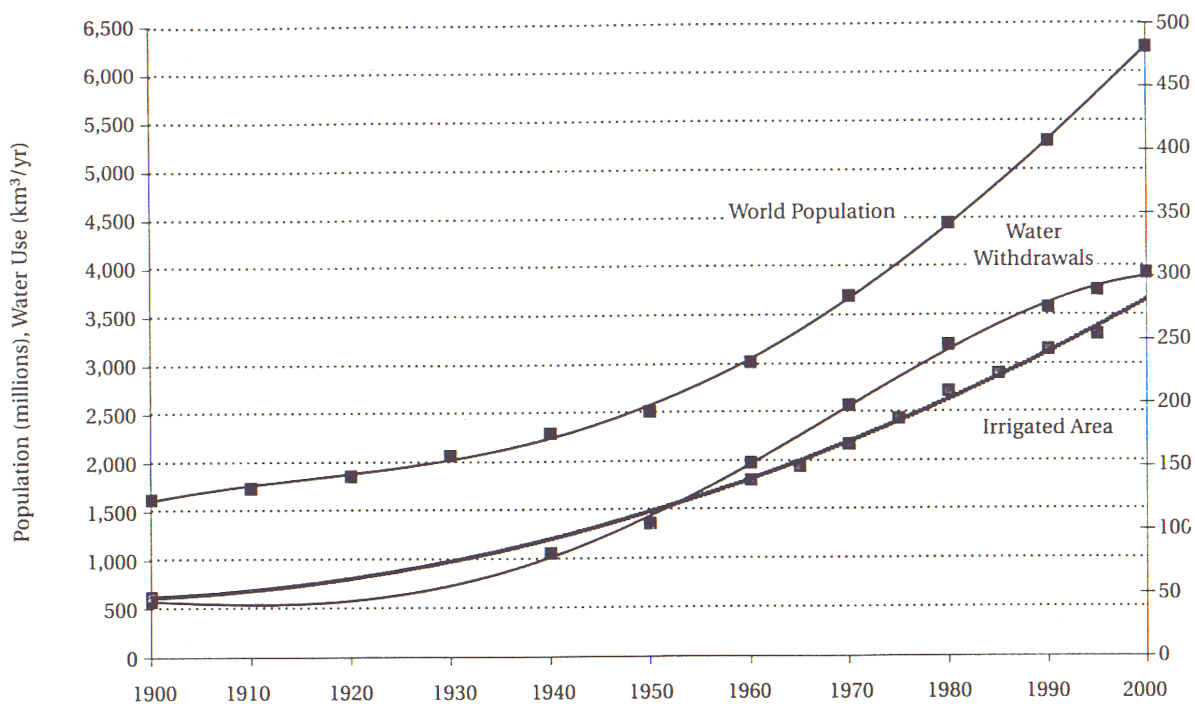
³ Τα δεδομένα είναι μετρημένη παροχή.

Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η χρήση του νερού διαχρονικά συνεχώς αυξάνεται με ταχύτατο ρυθμό, Εικόνες 2 και 3. Εάν παρατηρήσει κανείς την Εικόνα 2, θα διαπιστώσει ότι η γεωργία κατέχει την πρώτη θέση στην κατανάλωση νερού και έπεται η βιομηχανική και η αστική χρήση. Όσον αφορά τις τάσεις των απολήψεων σε νερό αυτές φαίνεται να πλησιάζουν ασυμπτωματικά μία τιμή περί τα $300 \text{ km}^3/\text{yr}$ (βλ. Εικόνα 3).



Εικόνα 2. Χρήση του νερού κατά τον 20^ο αιώνα. Πηγή : www.fao.org



Εικόνα 3. Παγκόσμιες τάσεις στις απολήψεις νερού. Πληθυσμός και αρδευόμενες εκτάσεις (1900-1995). Πηγή : www.fao.org

Η παγκόσμια κατανάλωση αυξάνεται με συνεχώς αυξανόμενους ρυθμούς και το έτος 2000 υπερέβει τα 5000 Km³/έτος. Οι ρυθμοί αυτοί δεν φαίνεται να μειώνονται τουλάχιστον για τα προσεχή έτη. Η παγκόσμια κατανάλωση έχει σχεδόν δεκαπλασιαστεί την τελευταία εκατονταετία από 600 σε 5000 Km³/έτος. Ο ρυθμός αυτός αύξησης πρέπει οπωσδήποτε να μειωθεί τα προσεχή χρόνια γιατί αυξάνεται το κόστος του νερού, οπότε αναγκαστικά θα πρέπει να αποβεί περισσότερο αποδοτικότερη η χρήση του. Κάτι ανάλογο συνέβη στις αρχές της δεκαετίας του 1970 με την ενεργειακή κρίση του πετρελαίου. Φαίνεται ότι η αύξηση της γεωργικής χρήσης είναι μικρότερη από την αύξηση των υπολοίπων χρήσεων (βιομηχανική, οικιακή και αναψυχή). Πάντως τα τελευταία χρόνια η συνολική αύξηση κατανάλωσης νερού είναι 3 φορές μεγαλύτερη από την αύξηση του πληθυσμού με ότι αυτό συνεπάγεται, και κατά κύριο λόγο συμβαίνει στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Όμως ποιά είναι η σχέση μεταξύ των υπαρχόντων αποθεμάτων νερού στον πλανήτη και αυτών που εκμεταλλεύονται σήμερα από τον άνθρωπο; Στην Ασία για παράδειγμα το έτος 1960 το ποσοστό ήταν 6% και το 2000 αυτό ήταν 22%. Επόμενο θέμα διερεύνησης είναι τι ποσοστό του υπάρχοντος νερού σε μια χώρα είναι δυνατόν να εκμεταλλευτεί κάτω από τα υπάρχοντα κοινωνικά, οικονομικά ή περιβαλλοντικά δεδομένα;

Υπάρχουσας της αύξησης της ζήτησης του νερού στις διάφορες χρήσεις (γεωργική, αστική, βιομηχανική, ψυχαγωγία, περιβάλλον), όπως επίσης και της αύξησης του κόστους του νερού όσο προχωράμε σε δαπανηρότερες εκμεταλλεύσεις του και λαμβάνοντας υπόψη τις κοινωνικές συνθήκες και τις επιπτώσεις της χρήσης του στο περιβάλλον (οικοσυστήματα) προβλέπεται ότι θα ενταθούν στο μέλλον οι συγκρούσεις μεταξύ των χρηστών (πληθυσμών) και των χρήσεων. Πάντως το πόσιμο νερό προκαλεί συνήθως αρκετές πολιτικές ευαισθησίες (βλ. Μέση Ανατολή). Στην χώρα μας αντιπαραθέσεις δημιουργήθηκαν μεταξύ των αγροτών χρηστών και της αστικής χρήσης στην Αττική, για το νερό ύδρευσης από τις διάφορες γεωτρήσεις στην Κωπαΐδα πριν από μερικά χρόνια, που παρουσιάστηκε η τελευταία σημαντική λειψυδρία (1990-1993).

Οι εύκολα εκμεταλλεύσιμοι υδατικοί πόροι έχουν σχεδόν παγκόσμια (περισσότερο στις αναπτυσσόμενες χώρες) χρησιμοποιηθεί και περαιτέρω εκμετάλλευση θα ισοδυναμεί με αύξηση του κόστους χρήσης και μεγαλύτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον (φράγματα, υπόγεια νερά κλπ.). Επομένως δημιουργούνται πολλαπλά προβλήματα σ' αυτές τις χώρες όπου τα υπόγεια νερά είναι κύρια πηγή ύδρευσης αφού η Γερμανία έχει ποσοστό γύρω στα 73%, η Μεγάλη Βρετανία 30%, η Ολλανδία 70%, και οι ΗΠΑ 50%.

Επί πλέον, στις αναπτυσσόμενες και αναπτυσσόμενες χώρες όλο και περισσότερες πηγές ρύπανσης των υδατικών πόρων δημιουργούνται και επιβαρύνουν τόσο τα επιφανειακά όσο και τα υπόγεια νερά. Τέλος τα έργα εκμετάλλευσης υδατικών πόρων για αρδευτική, αστική και βιομηχανική χρήση προκαλούν περιβαλλοντικά προβλήματα που δεν λαμβάνονται μέχρι

στιγμή τόσο σοβαρά όσο θα έπρεπε υπόψη από τους μελετητές των έργων αλλά και τους αρμόδιους φορείς.

Κάτω από τις υπάρχουσες συνθήκες εκμετάλλευσης των εδαφών με τη συμβολή του γλυκού νερού παράγεται σήμερα το 99% της τροφής του ανθρώπου. Έχει υπολογιστεί ότι ο κάθε άνθρωπος απαιτεί 5 στρέμματα αρόσιμης γης για να διατραφεί επαρκώς. Αντί αυτού σήμερα ο πληθυσμός της γης (πάνω από 6 δις) χρησιμοποιεί 2.7 στρέμματα κατ' άτομο (ήδη το 1 δις υποσιτίζεται, κατά την Παγκόσμια Τράπεζα, 1993) και σε 40 χρόνια σε κάθε άτομο θα αντιστοιχεί 1.4 στρέμματα. Αυτό είναι επακόλουθο της αλλαγής χρήσης γης από γεωργική σε αστική, βιομηχανική, κλπ. Αλλά ο κυριότερος παράγοντας μείωσης της γεωργικής γης παραμένει η διεργασία της διάβρωσης μια και πάνω από το 80% της παγκόσμιας γεωργικής γης περισσότερο ή λιγότερο διαβρώνεται.

Ο πληθυσμός αυξάνεται περίπου με τους σημερινούς ρυθμούς κατά 0.25 εκατομμύρια την ημέρα και προβλέπεται, αν αυτές οι τάσεις συνεχιστούν, με το ακραίο απαισιόδοξο σενάριο, το 2050 να γίνει 14 δις και το 2100 40 δις. Είναι πιθανόν, ότι η πληθυσμιακή αυτή αύξηση δεδομένης της μείωσης της εκμεταλλεύσιμης γης κατά άτομο θα οδηγήσει σε προβλήματα τροφικής επάρκειας, εντατικοποίηση της χρήσης των πόρων και σε περαιτέρω υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Ο άνθρωπος σε παγκόσμια κλίμακα καταναλώνει κατά μέσο όρο για αστικές ανάγκες 180 lt/day κατ' άτομο περίπου, που αντιστοιχεί σε ποσοστό 7% της συνολικής κατανάλωσης. Η γεωργία καταναλώνει το 87% και το υπόλοιπο η κτηνοτροφία, δασοκομία και η βιομηχανία. Πάντως το διαθέσιμο νερό κατά άτομο σε παγκόσμια κλίμακα σήμερα είναι 35% χαμηλότερο από το 1970 γιατί προστέθηκε από τότε 1.8 δις πληθυσμός περίπου. Σύμφωνα με σχετικές μελέτες η ποσότητα των 180 lt/day κατ' άτομο είναι κατά πολύ χαμηλότερη αυτής των 274 lt/day κατ' άτομο που φαίνεται να είναι η ιδανική ποσότητα. Στην Εικόνα 4 παρουσιάζεται η διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων ανά κύρια υδρολογική λεκάνη σε παγκόσμιο επίπεδο. Αυτό συνεχώς επιδεινώνεται και λόγω της φύσεώς του επιφέρει περιβαλλοντικά προβλήματα. Από στοιχεία της UNESCO φαίνεται ότι ακόμα και σήμερα ένα ποσοστό 20% του παγκοσμίου πληθυσμού (1.3 δις άτομα) δεν έχει πρόσβαση σε καθαρό πόσιμο νερό και ποσοστό 40% σε νερό χρησιμοποιούμενο για λόγους υγιεινής

Για τη μείωση της οικιακής κατανάλωσης στην Ελλάδα το 1991 με Προεδρικό Διάταγμα καθορίστηκαν τα επιθυμητά όρια κατανάλωσης κατά κεφαλή σε:

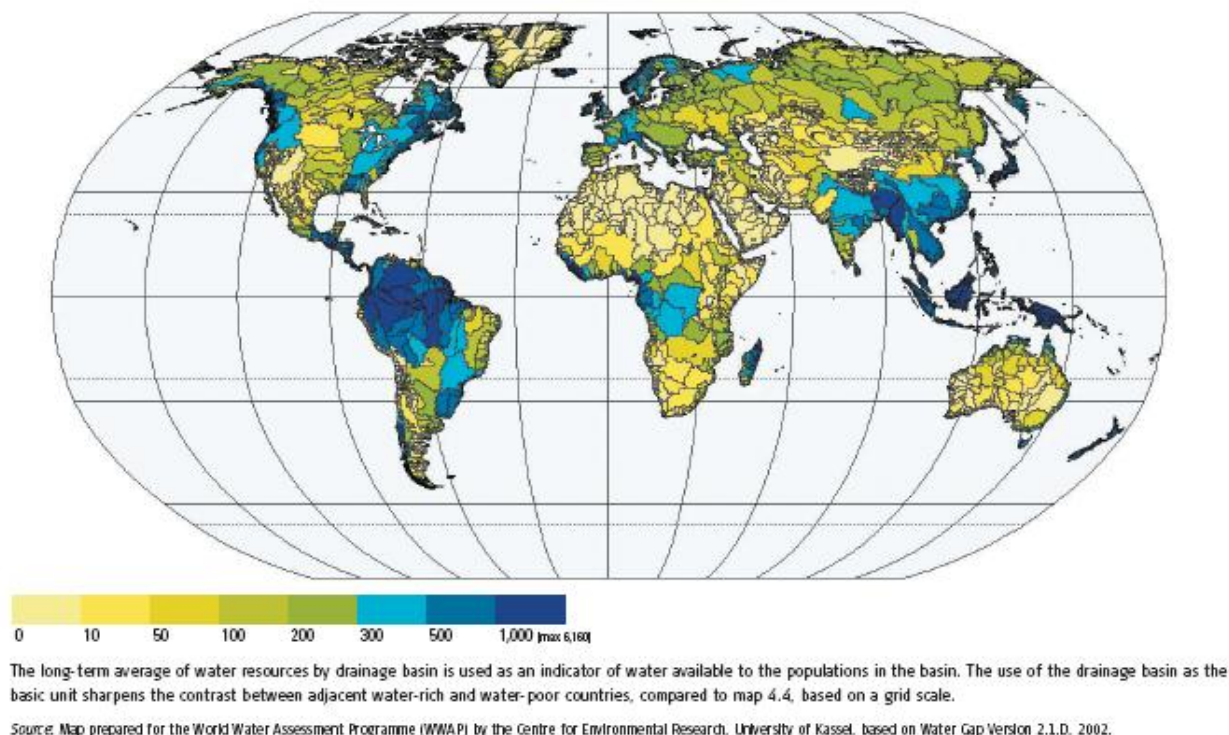
100-250 lt/ημέρα/άτομο από δίκτυα ύδρευσης

100-200 lt/ημέρα/άτομο από γεωτρήσεις

100-180 lt/ημέρα/άτομο για χώρους κατασκήνωσης και ξενοδοχεία.

Ενδεικτικά η μέση κατανάλωση στην Μητροπολιτική Αθήνα είναι περίπου 220 lt/ημέρα/άτομο.

Map 4.1: The long-term average water resources according to drainage basins



Εικόνα 4 : Διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων ανά κύρια υδρολογική λεκάνη σε παγκόσμιο επίπεδο (UNEP, 2004).

Οι εκτιμήσεις για την συνολική μέση ετήσια χρήση του νερού στην Ελλάδα είναι αντικρουόμενες. Το ΥΠΑΝ αναφέρει ότι καταναλώνονται περίπου $5.04 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yr}$, ενώ το ΥΠΤ δίνει μία εκτίμηση $4.8 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yr}$. Παρόλα αυτά οι εκτιμήσεις φαίνεται να συγκλίνουν όσον αφορά τις διάφορες χρήσεις (Karavitis, C.A., 1999; CPER, 1989; OECD, 1983). Ως εκ τούτου, εκτιμάται ότι η γεωργία χρησιμοποιεί περίπου το 80%-84%, η αστική χρήση περί το 13%-15%, και η παραγωγή ενέργειας καθώς και η βιομηχανία γύρω στο 2.5%-4% του ετήσια καταναλισκόμενου ύδατος.

ΑΕΙΦΟΡΙΑ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Η αειφορική γεωργία (sustainable agriculture) είναι σχετικά πρόσφατη έννοια (1987) και έγινε πολύ δημοφιλής τα τελευταία χρόνια. Ο όρος αειφορία (sustainability) όταν πρωτοχρησιμοποιήθηκε αφορούσε την αλιευτική παραγωγή. Το έτος 1987 η διεθνής επιτροπή του ΟΗΕ για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, σε μια έκθεση με τίτλο «Το κοινό μέλλον μας», αναφέρει στον όρο αειφορική ανάπτυξη (sustainable development) ως ακολούθως: «Development that meets the need of the present without compromising the ability of the future generations to meet their own needs». Δηλαδή «**διαδικασία ανάπτυξης**

που εκπληρώνει τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακινδυνεύει την δυνατότητα να ικανοποιηθούν και οι ανάγκες του μέλλοντος». Πέραν αυτού όμως, τι ακριβώς είναι η αειφορία; Ένας ακριβής ορισμός είναι εξαιρετικά δύσκολο να δοθεί.

Ειδικότερα η αειφόρος ανάπτυξη πρέπει να βασίζεται στις παρακάτω κύριες αρχές:

1. Χρήση Πόρου (αποτελεσματικότητα, προστασία)
2. Περιβαλλοντική Ακεραιότητα και Ανάπλαση
3. Έλεγχος Ρύπανσης
4. Δικαιοσύνη και Συμμετοχή του κοινού στην Λήψη των Αποφάσεων
5. Θεσμικές Αλλαγές για την εφαρμογή των αρχών αυτών

Ο όρος γενικώτερα, είναι αρκετά αόριστος και δύσκολος στο να αποδοθεί, όσον αφορά ένα γενικά αποδεκτό όρισμό. Στην άρδευση για παράδειγμα σημαίνει ότι πρέπει να υπάρχει και στραγγιστικό δίκτυο εκεί όπου υπάρχει υπόγεια στάθμη, η οποία όταν ανέβει θα επιφέρει αλάτωση ή νατρίωση των εδαφών. Με την άρδευση επίσης μετακινούνται ευκολότερα τα Νιτρικά λιπάσματα, τα οποία πρέπει να εφαρμόζεται με φειδώ για να μη ρυπαίνονται το έδαφος και τα υπόγεια νερά. Όταν συζητείται η αειφορία των υδατικών πόρων με εφαρμογή στο αγροτεμάχιο, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι παρακάτω παράγοντες:

1. Η θεώρηση της διάρκειας (μικρή ή μεγάλη) του χρονικού ορίζοντα της αειφορίας, η οποία είναι δύσκολο να προσδιοριστεί.
2. Το ιδιωτικό συμφέρον των ασχολουμένων με την γεωργική παραγωγή που δεν συμπίπτει πολλές φορές, με το γενικότερο κοινωνικό συμφέρον.

Οι ασχολούμενοι με την γεωργική παραγωγή κινούνται συνήθως και από το ιδιωτικό τους συμφέρον, σύμφωνα τις περισσότερες φορές με τις υπάρχουσες οικονομικές και κοινωνικές πρακτικές. Για να εξομοιωθεί αυτή η διαφορά αντιλήψεων και πρακτικών, κάποιος υπεύθυνος φορέας πρέπει να θεσπίσει μέτρα (νομοθεσία, φόρους, επιδοτήσεις, κλπ.). Η εξομοίωση αυτή είναι αρκετά δύσκολη και οφείλεται στη μεγάλη δαπάνη των διαφοροποιήσεων, στα ισχυρά επενδεδυμένα συμφέροντα (stakeholders), στην αντίθεση με τον κοινωνικό χαρακτήρα της αγροτικής παραγωγής, στη διαχρονικότητα αυτών των διαφοροποιήσεων και στο γεγονός ότι η νομοθεσία για τον έλεγχο των διαφοροποιήσεων δεν απέδωσε στο παρελθόν.

Επιπλέον υπάρχουν αρκετές αβεβαιότητες. Ένα αναπτυξιακό έργο που έχει σχέση με τους υδατικούς πόρους είναι αρκετά σύνθετο και κρύβει αβεβαιότητες όπως η αναμενόμενη αύξηση του πληθυσμού, ο βαθμός εντατικότητας της εκμετάλλευσης και ο βαθμός και η εξέλιξη των επιπτώσεων στο περιβάλλον.

ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

Οι επιπτώσεις της παγκόσμιας οικονομικής ανάπτυξης (παγκοσμιοποίηση) στο περιβάλλον άρχισαν να συνειδητοποιούνται από το 1960 και εκφράστηκαν σε πολλές δημοσιεύσεις και συνέδρια ανάμεσα τους σχετικά πρόσφατα και στο Διεθνές Συνέδριο με θέμα «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» (Environment and Development) στο Rio de Janeiro, τον Ιούνιο του 1992.

Οι μελέτες για κατασκευή αρδευτικών και στραγγιστικών δικτύων, φραγμάτων, λιμνοδεξαμενών, βελτίωσης αλατούχων/νατριωμένων/όξινων εδαφών, πριν το 1965 δεν ήταν ολοκληρωμένες σε ότι αφορούσε στις περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Μετά το 1965 άρχισαν δειλά – δειλά να εμφανίζονται και το έτος 1970 για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκε ο όρος **Μελέτη αξιολόγησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Environmental impact assessment)** με την ψήφιση της **Environmental Policy Act** από το Κογκρέσσο των ΗΠΑ.

Τα έργα ανάπτυξης των υδατικών πόρων λοιπόν, πρέπει να σχεδιάζονται, να κατασκευάζονται και να λειτουργούν με σεβασμό (φιλικό) στο περιβάλλον. Εκτός από τις τεχνικές και οικονομικές συνθήκες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι περιβαλλοντικές, θεσμικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΣΙΜΗΣ ΓΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΒΟΣΚΟΤΟΠΩΝ

Το φαινόμενο της διάβρωσης προκαλείται από το νερό της βροχής ή τον αέρα (αιολική) και αφορά το έδαφος. Η διάβρωση (απώλεια) είναι ακριβώς η αντίστροφη διεργασία της απόθεσης (δημιουργία) του εδάφους. Όταν η πρώτη υπερτερεί τότε έχουμε υποβάθμιση του εδάφους. Με την απόθεση κάτω από κανονικές συνθήκες 200 έως 1000 χρόνια απαιτούνται για να δημιουργηθούν 2.4 cm εδάφους.

Διάβρωση μέχρι 100 Kg/στρέμμα/έτος είναι ανεκτή. Η καλλιεργούμενη γη (1/3 της γεωργικής γης) είναι περισσότερο ευαίσθητη στη διάβρωση από τις βοσκές. Δεδομένου όμως ότι οι βοσκές συνήθως είναι σε επικλινή εδάφη, τότε η διάβρωση σε αυτές είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση της υπερβόσκησης και μπορεί να φθάσει τα 10000 Kg/στρέμμα/έτος. Είναι γνωστή η διεργασία της διάβρωσης που προκαλείται από την ενέργεια της βροχής και του αέρα και η οποία αυξάνεται δραματικά όταν αυξάνεται η κλίση. Η διάβρωση μειώνεται όταν

στην επιφάνεια του εδάφους υπάρχει ξερή ή χλωρή βλάστηση και εξαρτάται από πολλές ιδιότητες του εδάφους, όπως είναι διηθητικότητα, υφή, δομή (συσσωμάτωση), συμπίεση, ορυκτά της αργίλλου, οργανική ουσία κλπ. Ο FAO (1992) αναφέρει ότι οι σπόροι σιτηρών που αποτελούν το 80% της διατροφής του ανθρώπου μειώνονται από το 1984 και ένα μέρος της μείωσης οφείλεται στη διάβρωση που επιφέρει μείωση της γονιμότητας των καλλιεργούμενων εδαφών.

Η μεταφορά (απομάκρυνση) λεπτού εδάφους σημαίνει μεγάλη απώλεια σε θρεπτικά στοιχεία και οργανική ουσία. Έδαφος που μεταφέρθηκε με την διάβρωση περιέχει μέχρι 5 φορές περισσότερη οργανική ουσία από το έδαφος που παρέμεινε στην αρχική θέση. Έτσι απώλεια 1800 gr/στρέμμα εδάφους μετακινεί 100 gr/στρέμμα οργανικής ουσίας (Young, 1990). Με τη μεταφορά του εδάφους, που προκαλείται από το φαινόμενο της διάβρωσης, μεταφέρονται και οργανισμοί του εδάφους που αποτελούν μέρος της εδαφικής βιομάζας. Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν πολλά υπολογιστικά εμπειρικά μοντέλα για να εκτιμηθεί η επίδραση της διάβρωσης και της απολεσθείσης εδαφικής υγρασίας στην παραγωγικότητα των εδαφών. Οι David Pimentel et al. (1996) παρουσίασαν ένα τέτοιο που στηρίχθηκε στα εξής δεδομένα:

- Βροχή 700 mm
- Βάθος εδάφους 15cm
- Έδαφος πηλώδες
- Οργανική ουσία 4%
- Ταχύτητα διάβρωσης 1700 Kg/στρέμμα/έτος

Υπολόγισαν ότι οι απώλειες στην απόδοση του αραβοσίτου που οφείλονται στους διάφορους παράγοντες που επηρεάζονται από την διάβρωση παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα 3:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Απώλειες στην απόδοση του αραβοσίτου.

Παράγοντας	Απολεσθείσα ποσότητα	Απολεσθείσα απόδοση Αραβοσίτου (%)
Νερό απορροής	75 mm	7
Θρεπτικά	N, P, K ...	2.4
Οργανική ουσία	200 Kg	0.2
Μικροοργανισμοί	-	0.1
Άλλοι παράγοντες	-	0.4
		Σύνολο 8.1

Οι απώλειες αυτές που οφείλονται στη διάβρωση φθάνουν περίπου το 10% της ολικής ενέργειας που χρησιμοποιείται στη γεωργία. Δεδομένου δε ότι τα παγκόσμια αποθέματα

πετρελαίου επαρκούν μόνο για 30 ή 50 χρόνια καθίσταται απαραίτητο να μειωθεί η διάβρωση η οποία σε παγκόσμια κλίμακα φθάνει τους 75 εκ. τόννους εδάφους (επηρεάζονται τα 2/3 από τις καλλιεργούμενες εκτάσεις και κοστίζει περίπου 400 εκ. δολάρια το χρόνο). Πάντως η διάβρωση και η απορροή είναι βασικά περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει ολόκληρη η Γη και πιέζουν την αειφορία της παραγωγής τροφής.

Αποτέλεσμα της διάβρωσης είναι οι αποθέσεις φερτών υλικών ποταμών στις παραποτάμους και πέραν αυτών περιοχές που μπορεί να είναι ωφέλιμες, ανάλογα με τη σύστασή τους, αλλά πολλές φορές και επιζήμιες. Τα αποτελέσματα τέτοιων πλημμυρικών καταστάσεων είναι γνωστά. Είναι επιθυμητό να μελετάται η γεωμορφολογία και η ροή ενός ποταμού για μεγάλη χρονική περίοδο προκειμένου να προβλεφθεί η μελλοντική δυναμική του. Όσον αφορά στα φράγματα ένα τέτοιο έργο πάντα επηρεάζει και αλλάζει τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά ανάντη και κατόντη από το φράγμα.

ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Το 17% περίπου της παγκόσμιας καλλιεργούμενης γης είναι αρδευόμενη και παράγει το 33% των τροφίμων. Η παραγωγή αυτή φαίνεται να μπορεί να αυξηθεί κατά 10% εάν βελτιωθούν οι συνθήκες στράγγισης. Όσον αφορά στην αλατότητα των εδαφών αναφέρεται (FAO, 1990) ότι από τα 2.35 δις στρέμματα τα 200-300 εκατ. στρέμματα έχουν ζημιωθεί σοβαρά από την αλατότητα η οποία υποβοηθείται από την κακή στράγγιση.

Η αλατότητα των εδαφών είναι διαδεδομένη σε ξηρά και ημίξηρα κλίματα και αναφέρεται στην αύξηση των διαλυτών αλάτων στο εδαφικό διάλυμα. Η αλατότητα αυξάνει την οσμωτική πίεση του εδαφικού διαλύματος με αποτέλεσμα να υποφέρουν τα φυτά και να μειώνεται η ανάπτυξη και η παραγωγή. Όταν η ετήσια βροχόπτωση υπερβαίνει τα 500 mm εκπλύνονται τα άλατα και μεταφέρονται σε βαθύτερα στρώματα. Εάν όμως υπάρχει υψηλή στάθμη τότε επισυμβαίνει μεγαλύτερη εξάτμιση με αποτέλεσμα τη συσσώρευση αλάτων στο ριζόστρωμα. Ορισμένα στοιχεία όπως το βόριο, το χλώριο και το νάτριο προκαλούν τοξικότητες.

Ο όρος Νατρίωση αναφέρεται στην περίπτωση που το ποσοστό του προσροφημένου νατρίου είναι μεγαλύτερο από 15% του συνόλου της Ικανότητας Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ) του εδάφους. Τα εδάφη αυτά έχουν μικρή διηθητικότητα, είναι προβληματικά όπως και τα αλατούχα και παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά. Η αλάτωση και η νατρίωση αποτελούν μορφές παθογένειας των εδαφών που οδηγούν στην ερημοποίηση της γης.

Τα υπόγεια νερά αποτελούν ένα στοιχείο του υδρολογικού κύκλου. Το νερό εισέρχεται στο έδαφος μέσω της επιφάνειάς του, με διήθηση περνάει μέσα από την ακόρεστη ζώνη και συναντά την υπόγεια στάθμη του υδροφόρου στρώματος. Τα υδροφόρα στρώματα

βρίσκονται μεταξύ της υπόγειας στάθμης του νερού και μιας γεωλογικής αδιαπέρατης στο νερό στρώσης, η οποία εμποδίζει το νερό να προχωρήσει βαθύτερα (βλέπε Εικόνα 5) . Το νερό στο υδροφόρο στρώμα είναι δυνατόν να κινηθεί προς όλες τις κατευθύνσεις ανάλογα με τις υδραυλικές ιδιότητες της εδαφικής στρώσης και μπορεί να εξέλθει από την επιφάνεια του εδάφους υπό μορφή πηγών ή να απομακρυνθεί δια φρεάτων ή να εξέλθει κατευθείαν σε επιφανειακά νερά, όπως ποτάμια, λίμνες ή θάλασσα. Τα υδροφόρα στρώματα εξαντλούνται και επαναπληρώνονται με το νερό της βροχής. Ο όγκος του νερού που μπορεί να αποδοθεί από ένα υδροφόρο στρώμα (απόδοση του υδροφόρου στρώματος) αποτελεί χαρακτηριστικό αυτού και εξαρτάται, ανάμεσα σε άλλα, σε σημαντικό βαθμό από το πορώδες του εδάφους. Τα υδροφόρα στρώματα και μάλιστα το ανώτερο μέρος τους εκτίθενται σε ρύπανση, η οποία γίνεται από τα επιφανειακά νερά κατά την κατείσδυσή τους. Ακόμα από την υπεράντλησή τους και μετακίνηση υδάτων από τη θάλασσα ή άλλους σχηματισμούς.

Τα υπόγεια νερά θεωρούνται ως πηγή νερού για οικιακούς, γεωργικούς, βιομηχανικούς και άλλους σκοπούς και συμβάλλουν στη βελτίωση των οικονομικών και κοινωνικών συνθηκών μιας περιοχής. Η υπεράντληση μπορεί να προκαλέσει την υποβάθμιση της περιοχής (γης και νερού). Πάντως δεν έχει ληφθεί μέριμνα, ώστε η διαχείριση των υπογείων υδάτων να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μη θίγεται το περιβάλλον σε μακροχρόνια βάση.

Στην Ευρώπη το πόσιμο νερό προέρχεται κατεξοχήν από τα υπόγεια νερά. Έτσι για το Βέλγιο, Δανία, Αγγλία, Πορτογαλία, Ισπανία και Ιταλία το ποσοστό είναι 67, 98, 35, 94, 20 και 88% αντίστοιχα.



Εικόνα 5 : Υδροφόρα Στρώματα και περίοδοι επαναπλήρωσης (USGS, 2005).

Στις παραθαλάσσιες περιοχές και στα νησιά η χρήση του υπόγειου νερού είναι πολύ εκτεταμένη και ίσως η μόνιμη πηγή πόσιμου νερού. Η υπεράντληση προκαλεί σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως:

- Υποβάθμιση της ποιότητας νερού
- Υποβάθμιση της γης
- Διείσδυση του αλμυρού νερού

Στις περιπτώσεις που η υπόγεια στάθμη ανεβαίνει προς την επιφάνεια του εδάφους δημιουργούνται άλλα είδη προβλημάτων, όπως αλάτωση, αδυναμία ανάπτυξης πολλών καλλιεργειών κλπ. Το είδος και το μέγεθος των προβλημάτων διαφέρουν οπωσδήποτε ανάλογα με τους υπάρχοντες παράγοντες. Τα προβλήματα μπορούν να προέλθουν:

➤ **Από υπεράρδευση:**

Σε αλλουβιακής προέλευσης πεδιάδες η άρδευση με επιφανειακές μεθόδους χρησιμοποιώντας μεγάλες δόσεις άρδευσης προκαλεί άνοδο της στάθμης. Επακόλουθο αυτού είναι να φτάσει η στάθμη στο ριζόστρωμα και να δημιουργήσει ασφυκτικές συνθήκες αερισμού και προβλήματα αλατότητας με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής (π.χ. Μεσοποταμία).

➤ **Από υπεράντληση:**

Όταν ο ρυθμός άντλησης είναι μεγαλύτερος από τον επανεμπλουτισμό του υδροφόρου, ο υδατικός ορίζοντας κατεβαίνει σταδιακά με αποτέλεσμα την είσοδο θαλασσινού νερού στις παράκτιες περιοχές. Αυτό συμβαίνει γιατί ο υδατικός ορίζοντας έπεσε κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και η κανονική ροή προς τη θάλασσα αντιστρέφεται (π.χ. νησιά, Αργολικό πεδίο).

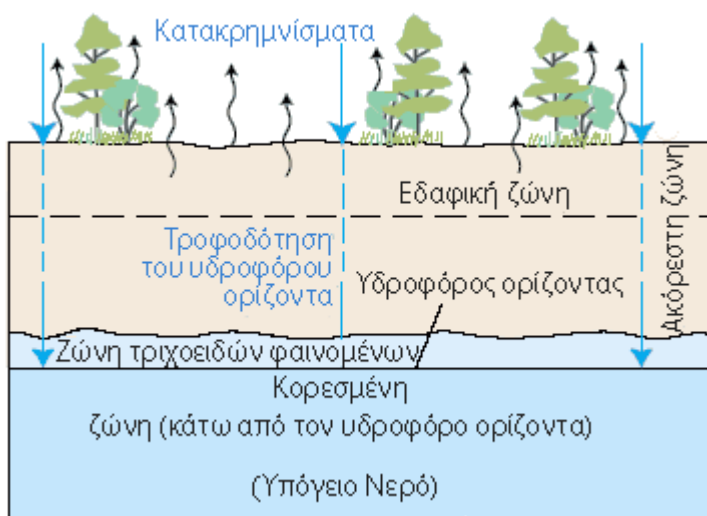
Η κυριότερη ρύπανση ενός υδροφορέα είναι η διείσδυση αλάτων και αυτή μπορεί να γίνει:

- Με είσοδο της θάλασσας σε παράκτιες περιοχές
- Θάλασσα που έχει εισχωρήσει στον υδροφορέα σε προηγούμενη γεωλογική εποχή
- Από στρώσεις αλάτων υπαρχόντων σε γεωλογικές αποθέσεις
- Εκεί που η συγκέντρωση των αλάτων αυξάνει λόγω εξάτμισης
- Άλατα που γυρίζουν στον υδροφορέα από νερό άρδευσης.

Εκεί που υπόγεια νερά αντλούνται κανονικά με φρεάτια ή γεωτρήσεις και επί σειρά ετών υπάρχει ισορροπία δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα. Όταν όμως η ζήτηση νερού αυξάνει και νέα πηγάδια εξορύσσονται χωρίς περιορισμό (σε πολλά μέρη υπάρχουν νομικοί περιορισμοί), τότε η στάθμη κατεβαίνει και αρχίζουν οι επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Η ποιότητα των υπογείων υδάτων μπορεί να υποβαθμιστεί από ανθρωπογενείς ή φυσικές δραστηριότητες. Οι γεωργικές δραστηριότητες έχουν μεγαλύτερο μέρος της ευθύνης για τη ρύπανση των υπόγειων υδάτων.

Το επιφανειακό νερό (βροχή-απορροή, άρδευση, απόβλητα) είναι υπεύθυνο για τη ρύπανση των υπογείων υδάτων. Το επιφανειακό νερό περνώντας από την ακόρεστη εδαφική ζώνη διαλύει κάθε διαλυτή ουσία που βρίσκεται μέσα σ' αυτήν, όπως λιπάσματα, ζιζανιοκτόνα, φυτοφάρμακα, διαλυτά άλατα, οργανικές ουσίες προερχόμενα είτε από το έδαφος είτε από διάφορες σημειακές πηγές ρύπανσης (αστικά και βιομηχανικά λύματα ή απόβλητα κλπ.). Στη συνέχεια το διάλυμα αυτό διαχέεται στον υδροφόρο σχηματισμό (βλέπε Εικόνα 6).



Εικόνα 6 : Σχηματική απεικόνιση της κίνησης του ύδατος στα *Υδροφόρα Στρώματα* (USGS, 2005).

Οι κυριότεροι ρυπαντές είναι:

1. Οικιακά απορρίμματα

Μόλυνση και ρύπανση των υπογείων υδάτων από παραχωμένα ή μη απορρίμματα ή από λύματα σηπτικών βόθρων ή από σηπτικά αποχετευτικά συστήματα. Η ρύπανση ή η μόλυνση επιταχύνεται με την ύπαρξη πηγαδιών ή γεωτρήσεων.

2. Βιομηχανικά απόβλητα

Απόβλητα εργοστασίων, προϊόντα επεξεργασίας λυμάτων κλπ.

3. Γεωργικά Χημικά

Λιπάσματα, ζιζανιοκτόνα, φυτοφάρμακα.

Στην Ελλάδα στη δεκαετία του '90 η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων ήταν υψηλή (7.8 Kg N/στρέμμα) συγκρινόμενη με άλλες ανεπτυγμένες χώρες, όπως ΗΠΑ (6.2), Πορτογαλία (4.0) και αρκετά χαμηλότερη από τη Γαλλία (13.4) και την Ιταλία (8.4). Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα η

ολική μέση τιμή του αζώτου, μετρημένη στο επιφανειακό στρώμα στη χώρα μας, να ανέρχεται το 1985 σε 5.6 Kg N/στρέμμα που μετά από προσπάθειες των υπηρεσιών έπεσε το 1997 σε 3.3 Kg N/στρέμμα.

Σε βαθείς υδροφορείς που δεν επηρεάζονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες η ποιότητα του νερού εξαρτάται από τις γεωχημικές αντιδράσεις μεταξύ του νερού και του εδάφους καθώς το νερό ακολουθεί τις διαδρομές του από τα σημεία επανεμπλουτισμού του προς τα σημεία απόδοσης.

Οι πηγές ρύπανσης ανάλογα με τον τρόπο κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Σημειακές πηγές ρύπανσης (εργοστάσια, απώλεια από ρυπογόνες δεξαμενές, Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) κ.α.)
2. Γραμμικές πηγές ρύπανσης (κανάλι με απόβλητα, ρυπασμένα υδατορεύματα, θάλασσα)
3. Διάσπαρτες (μη σημειακές) πηγές ρύπανσης (έκπλυση αστικών περιοχών, λιπάσματα, φυτοφάρμακα)

Προκειμένου να διατηρηθεί η ποιότητα των υπογείων υδάτων σε υψηλά επίπεδα, οι έλεγχοι πρέπει να είναι προληπτικοί και όχι θεραπευτικοί. Οι τελευταίοι κοστίζουν πολύ περισσότερο από τους πρώτους. Πάντως απαραίτητη προϋπόθεση είναι η γνώση των υδροφόρων σχηματισμών και των πηγών ρύπανσης ή μόλυνσης.

Παρά την επιβάρυνση με ρύπους των υπόγειων υδροφορέων οι παραλίες κολύμβησης στην Ελλάδα διαθέτουν πολύ καλή ποιότητα νερών. Το 1996 δημιουργήθηκε Πρόγραμμα Παρακολούθησης Νερού Κολύμβησης του ΥΠΕΧΩΔΕ που έλεγξε την ποιότητα 1300 σημείων. Περισσότερο από το 98% των δειγμάτων ήταν καλά σύμφωνα με τις προδιαγραφές της ΕΕ. Το 1999 απέκτησαν το βραβείο “Γαλάζια Σημαία” 318 παραλίες και 9 μαρίνες.

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Όπως το νερό συνεχώς διαμέσου της επιφάνειας της γης προς τις υδάτινες μάζες και στην ατμόσφαιρα και ούτω καθεξής, η ποιότητά του συνεχώς μεταβάλλεται. Με την εξάτμιση μόρια του νερού ανέρχονται στην ατμόσφαιρα ως ατμοί εγκαταλείποντας στη γη όλες τις διαλυτές σ' αυτό ουσίες. Η ατμόσφαιρα απορροφά σε ίχνη άλατα, αέρια και στερεά σωματίδια που αιωρούνται, σε ποσότητες όμως που είναι πάρα πολύ μικρές π.χ. όξινη βροχή (acid rain). Μέρος της βροχής θα πέσει και θα κινηθεί πάνω στην επιφάνεια (απορροή) παρασύροντας σωματίδια και διαλύοντας διάφορες ουσίες. Έτσι, όλα τα επιφανειακά νερά περιέχουν εκτός

από διαλυμένες ουσίες και αιωρήματα που εξαρτώνται από την περιοχή (άργιλος, ιλύς, άμμος). Με τη ροή, επίσης, μεγάλα σωματίδια αποδομούνται σε μικρότερα.

Τα υπόγεια νερά έχουν μεγαλύτερη επίδραση από το έδαφος. Η επίδραση αυτή είναι χημική, φυσική από ορυκτά και αέρια τα οποία διαλύονται σε αυτά. Τα νερά αυτά κινούνται αργά σε σύγκριση με τα επιφανειακά και παραμένουν πολύ χρόνο σε επαφή με το έδαφος.

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η ποιότητα των νερών εξαρτάται από τα χημικά, τα φυσικά και τα βιολογικά χαρακτηριστικά.

A. Χημικά χαρακτηριστικά.

Πολλές οργανικές και ανόργανες ενώσεις επιδρούν στην ποιότητα. Ένα χαρακτηριστικό είναι το Διαλυμένο Οξυγόνο (Dissolved Oxygen, DO). Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό του διαλυμένου οξυγόνου τόσο η ποιότητα του νερού αυξάνεται. Το οξυγόνο είναι ελαφρά διαλυτό στο νερό, έτσι η συγκέντρωση κορεσμού στους 20° C είναι 9,2 milligrams/liter (mg/l) και στους 30° C κατέρχεται στα 7,6 mg/l. Το διαλυμένο οξυγόνο όχι μόνο είναι απαραίτητο για τους περισσότερους υδρόφιλους οργανισμούς αλλά και η φύση τους εξαρτάται από το επίπεδό του. Ισχυρή οργανική ρύπανση προκαλεί μείωση του DO, καθώς τα βακτήρια χρησιμοποιούν οξυγόνο για την αποδόμηση της οργανικής ουσίας (π.χ. σε CO₂ και H₂O). Σχετικοί είναι και οι όροι: Βιοχημικές Απαιτήσεις σε οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand, BOD) που είναι οι ανάγκες των μικροοργανισμών σε οξυγόνο και Χημικές Απαιτήσεις σε Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, COD) που είναι οι ανάγκες σε οξυγόνο προκειμένου να αποδομηθούν όλες οι οργανικές ενώσεις.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι η σκληρότητα (Hardness), η οποία μετρείται σε mg/l ισοδύναμου CaCO₃ και οφείλεται σε διαλυμένα άλατα (ορυκτά). Τα άλατα αυτά προκαλούν αποθέσεις σε σωλήνες νερού ή δυσκολία δημιουργίας αφρού όταν χρησιμοποιείται σαπούνι. Τα ιόντα του Ca και Mg είναι τα κυριότερα ιόντα που προκαλούν τη σκληρότητα και προέρχονται από το έδαφος ή τα πετρώματα. Τα επιφανειακά νερά επειδή παραμένουν στη γη λιγότερο χρόνο από τα υπόγεια νερά έχουν συνήθως μικρότερη σκληρότητα.

B. Φυσικά χαρακτηριστικά

1. Ολικά διαλυμένα και αιωρούμενα στερεά (βρασμός, φιλτράρισμα)
2. Θολότητα (μειώνει το βάθος διείσδυσης του φωτός στα επιφανειακά νερά, φωτοσύνθεση, algae)
3. Χρώμα
4. Γεύση και οσμή (αέρια H₂S)
5. Θερμοκρασία (Το διαλυμένο Οξυγόνο αυξάνεται όταν η θερμοκρασία μειώνεται)

Γ. Βιολογικά χαρακτηριστικά

Η ποικιλότητα (βιοποικιλότητα) των ειδών ειδικά σε ψάρια και έντομα δίνει μια ένδειξη της βιολογικής ισορροπίας στο νερό. Υπάρχουν μικροοργανισμοί που η παρουσία τους καταδεικνύει την καθαρότητα του νερού ή έλλειψη άλλων τη ρύπανσή του. Πρέπει να υπενθυμηθεί ότι υπάρχουν βακτήρια που χρειάζονται οξυγόνο ή άλλα που αναπτύσσονται ελλείψει αυτού (αερόβια και αναερόβια). Επίσης είναι γνωστά τα άλγη (algae), μικροσκοπικά φυτά, τα οποία μετατρέπουν τις ανόργανες ουσίες σε οργανικές χρησιμοποιώντας ηλιακή ενέργεια. Έτσι δεσμεύουν το CO₂ και παράγουν O₂.

Τα πρωτόζωα, τα απλούστερα του ζωικού βασιλείου καταναλώνουν στερεά οργανικά τεμαχίδια, βακτήρια και άλγη. Στη συνέχεια αυτά χρησιμοποιούνται ως τροφή για τους πολυκύτταρους ζωικούς οργανισμούς.

Το υψηλής ποιότητας νερό είναι απαλλαγμένο από οργανισμούς που προκαλούν ασθένειες περιλαμβανομένων των παθογόνων βακτηρίων, ιών, πρωτόζωων και παρασιτικών σκωλήκων. Ο πιο σπουδαίος βιολογικός δείκτης της ποιότητας και της ρύπανσης του νερού είναι η παρουσία του coliform bacteria. Ένα είδος από coliforms είναι το Escherichia coli ή E. coli που είναι εύκολο να πιστοποιηθεί εργαστηριακά.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Αρχές διαχείρισης

Η διαχείριση, που σε πολλές χώρες ανά τον κόσμο αναφέρεται επίσημα σαν management, είναι ίσως το σημαντικότερο ζήτημα της ανάπτυξης και χρήσης των έργων υδατικών πόρων. Ο κατάλογος των προβλημάτων των σχετικών με το νερό είναι αληθινά εντυπωσιακός: πλημμύρες, λειψυδρίες, ρύπανση, μόλυνση, υψηλό κόστος ανάπτυξης και βελτίωσης κλπ. Παρ' όλα αυτά χωρίς να υποτιμά κανείς την τεχνική επίλυση αυτών των ζητημάτων, φαίνεται ότι η αντιμετώπιση τους είναι περισσότερο θέμα διαχειριστικής πολιτικής και λήψης των σχετικών αποφάσεων. Αυτό που συχνά αποκαλείται «διαδικασία επίλυσης προβλημάτων» μπορεί να αναγνωρισθεί σαν την διαδικασία διαχείρισης που έχει πολλά, κοινά σημεία με την διαδικασία σχεδιασμού. Αποτελείται συνοπτικά από (Grigg, N.S., 1996):

- καθορισμό στόχων
- εύρεση εναλλακτικών λύσεων
- αξιολόγηση λύσεων
- εφαρμογή των επιλεγμένων (ης) λύσεων(ης)

Η διαχείριση λοιπόν, των υδατικών πόρων συνδέεται στενά με την πολιτική. Αυτό δεν σημαίνει ότι οι διαχειριστές (managers) πρέπει να είναι πολιτικοί, αλλά ότι πρέπει να είναι

ικανοί να εργάζονται σε ένα έντονα πολιτικό περιβάλλον. Επιπλέον πρέπει να έχουν και την αντίστοιχη επιστημονική κατάρτιση, καθώς τα προβλήματα είναι εξειδικευμένα (π.χ. πλημμύρες, ταμιευτήρες, ποιότητα νερού κλπ).

Συντομογραφικά, μπορεί να λεχθεί ότι η **διαχείριση των υδατικών πόρων περιέχει όλες τις οργανωμένες δραστηριότητες, σχετικά με την ανάπτυξη, διατήρηση, προστασία και τον έλεγχο προστασίας των υδατικών πόρων και των έργων τους, κάτω απ' όλες τις συνθήκες, με την ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος και την αειφορία του πόρου**. Η διαχείριση δηλαδή πρέπει να είναι προετοιμασμένη για όλα τα πιθανά συμβάντα και αυτό καθορίζει και τον βαθμό επιτυχία της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Catsiki, V.A., 1991.** *Pollution Research and Monitoring Program in Saronikos Gulf*, Ministry of Environment, City Planning and Public Works, Report IV, 1987-90.
- Dalacu, V.P., 1998.** *The Multiplicity of Sources of Greek Environmental Law and the Integration of the relevant Policy*, Protection and Restoration of the Environment IV, Proceedings of an International Conference, Halkidiki, Macedonia, Greece, Vol. II, pp. 815-822.
- Friligos, N., 1987.** *Eutrophication of the Saronikos Bay. Eutrophication in the Mediterranean Sea: receiving capacity and monitoring of long-term effects*, Unesco, 1988.
- Grigg, N.S., 1996.** *Water Resources Management*. Mc Graw-Hill, N.Y. , N.Y.
- Karavitis, C.A., 1999¹.** *Drought and Urban Water Supplies: the Case of Metropolitan Athens*. Water Policy, Vol. 1, Iss. 5, pp. 505-524, Elsevier Science, 1999.
- Karavitis, C.A., 1999².** *Cost-Benefit Analysis for the river training works of Saint George torrent, Thriassion Plain*. Company of Water Supply and Wastewater of the Capital (EYDAP), Athens, Greece.
- Kounis, G., 1986.** *Evaluation of Vulnerability and quality of groundwater Resources in Greece*. Institute of Geology and Mineral Exploration of Greece.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 1983.** *Environmental Policies in Greece*. OECD, Paris, France.
- Simonovic, S.P. (1996)** *Decision supported systems for sustainable management of water resources: 1. General principles*. Water International **21**, 223-232.
- Uitto, J.I. and Biswas, A.K. eds. (2000)** *Water for Urban Areas: Challenges and Perspectives*. United Nations University Press, Tokyo
- UNESCO (1995)** *Integrated Water Resources Management in Urban and Surrounding Areas*. UNESCO, Paris
- United Nations Development Programme et al. (2000).** *World resources 2000-2001: People and Ecosystems. The Fraying Web of Life*, World Resources Institute, Washington, D.C.
- U.S. Geological Survey (USGS). 2005.** Science for a changing world.
- Vlachos, E.C., (1992).** *Metropolitan growth and refuse management- with emphasis on Greater Athens*. Report submitted to the Union of Municipalities of Attica (Greater Athens) for the EIS for solid waste disposal.
- Vlachos, E. (1997)** *Importance of indicators for policy formulation: sustainability and water resources policy*. Paper presented at the Water 21 Workshop "Sustainability Indicators and Criteria for Water Policy Formulation", WRC Medmenham, UK.