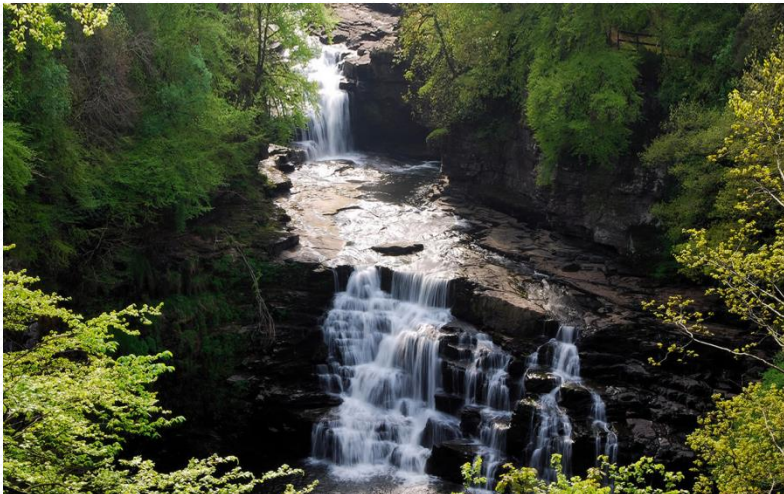


Διαχείριση ποιότητας νερού άρδευσης

ΧΡΗΣΤΟΣ Α. ΜΟΥΡΟΥΤΟΓΛΟΥ,
ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Προέλευση του νερού άρδευσης
 - ✓ Πηγές
 - ✓ Αντλούμενο από πηγάδια
 - ✓ Εκτροπή από ρέματα



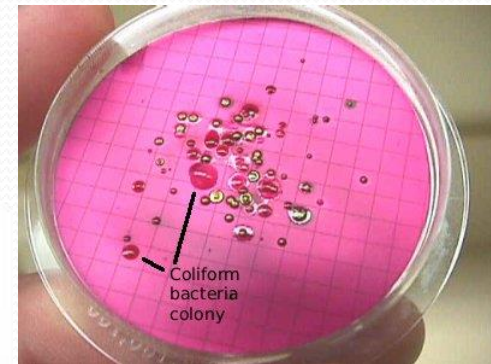
Όλα τα νερά δεν είναι ίδια

- Το νερό άρδευσης μεταφέρει ουσίες που προέρχονται από το περιβάλλον προέλευσής του:
 - Φυσικό περιβάλλον (πετρώματα, φερτά υλικά, κ.λ.π.)
 - Ανθρώπινη δραστηριότητα (οικιακά και βιομηχανικά λύματα)



Τι περιέχουν κατά κανόνα;

- Χώμα,
- Αιωρούμενα στερεά [(SS) suspended solids]
- Πληθυσμούς βακτηρίων και
- Κολοβακτηρίδια επιβλαβή για τον άνθρωπο και τα ζώα



Ποιοτική κατάταξη του νερού άρδευσης

- 3 αλληλένδετες ομάδες παραγόντων συνεισφέρουν στο συγκεκριμένο πρόβλημα:
 - Φυσικοί (εμφράξεις σταλακτών από τα αιωρούμενα σωματίδια ή άλλες ξένες ύλες)
 - Χημικοί (κίνδυνοι αλατότητας / τοξικότητας στο έδαφος, τα φυτά και στο σύστημα άρδευσης λόγω διάβρωσης σωληνώσεων και χημικής απόφραξης των διανεμητών)
 - Βιολογικοί (προβλήματα από βακτήρια και άλλα βιολογικής προέλευσης επιζήμια για την υγεία ανθρώπων και ζώων ή ακόμα και για το έδαφος, τα φυτά και τα συστήματα άρδευσης)

Αλατότητα

- Η αλατότητα είναι ένα κοινό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι παραγωγοί που αρδεύουν σε ξηρά κλίματα.
- Αυτό συμβαίνει γιατί:
 - Όλα τα νερά άρδευσης περιέχουν διαλυτά άλατα
 - Οι βροχοπτώσεις δεν επαρκούν για να ξεπλύνουν τα διαλυτά άλατα του εδάφους ή η στράγγιση είναι περιορισμένη.

Αλατότητα

- Είτε προέρχονται από πηγές ή από ποτάμια ή από πηγάδι / γεώτρηση, τα νερά περιέχουν **σημαντικές ποσότητες χημικών ουσιών** στο νερό, προερχόμενα από **γεωλογικά στρώματα** μέσω και πάνω από τα οποία τα νερά έχουν ρεύσει.
- Τα νερά με υψηλή συγκέντρωση αλάτων μπορεί να προέρχονται από έναν αλατούχο υδροφόρο ορίζοντα. Σε περιοχές με **έντονη γεωργική δραστηριότητα**, η **ΛΙΠΑΝΣΗ** αποτελεί τον κυριότερο λόγο για την εξαλάτωση των εκεί υδροφόρων οριζόντων

Αλατότητα

- Η σύσταση των αλάτων του νερού ποικίλει αναλόγως με την πηγή προέλευσης και τις ιδιότητες των χημικών ενώσεων από τα οποία αποτελούνται τα πετρώματα. Αυτά τα άλατα περιλαμβάνουν χημικές ουσίες όπως γύψος (Θειικό Ασβέστιο, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), επιτραπέζιο αλάτι (Χλωριούχο Νάτριο, NaCl) και μαγειρική σόδα (Όξινο Ανθρακικό Νάτριο, NaHCO_3).
- Όταν τα άλατα είναι διαλυμένα στο νερό είναι χωρισμένα σε **ιόντα**. Έτσι το χλωριούχο νάτριο «σπάει» στα δύο ξεχωριστά ιόντα από τα οποία αποτελείται (ιόντα Νατρίου Na^+ και Χλωρίου Cl^-). Έτσι, είναι συνηθέστερο να γίνεται αναφορά σε ιόντα παρά σε άλατα.

ΒΑΣΙΚΑ ΙΟΝΤΑ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΠΑΡΟΝΤΑ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΙΟΝΤΑ	ΧΗΜΙΚΟ ΣΥΜΒΟΛΟ	ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΒΑΡΟΣ
ΑΝΙΟΝΤΑ		
Χλώριο	Cl ⁻	35.5
Θειικά	SO ₄ ²⁻	48
Ανθρακικά	CO ₃ ²⁻	30
Δισανθρακικά (ή όξινα ανθρακικά)	HCO ₃ ⁻	61
Νιτρικά	NO ₃ ⁻	62
ΚΑΤΙΟΝΤΑ		
Νάτριο	Na ⁺	23
Κάλιο	K ⁺	39,1
Ασβέστιο	Ca ²⁺	20
Μαγνήσιο	Mg ²⁺	12.2

Μονάδες (Units)

- Όλα τα ιόντα εκφράζονται σε μεγέθη χιλιοστογραμμάρια ανά λίτρο [milligrams per litre] (**mg/l** ή **ppm**) και σε
- Χιλιοστοϊσοδύναμα ανά λίτρο [milliequivalents per litre] (meq/l). Αυτή η μονάδα προτιμάται καθώς τα κριτήρια υπολογισμού της ποιότητας του νερού περιλαμβάνουν υπολογισμούς σε meq/l

Εξίσωση μετατροπής

- $\text{meq/l} = \text{mg/l} \div \text{ισοδύναμο βάρος}$

- Εκφράσεις συγκέντρωσης
 - Χιλιοστοϊσοδύναμα ανά λίτρο (milliequivalents per liter (meq/L)). Έκφραση συγκέντρωσης ιόντων διαλυμένων σε ένα π.χ. υδατικό διάλυμα. Είναι ίσο με mmol ιόντων (- ή +) /L. Π.χ. 1 mol Ca^{2+} περιέχει 6.022×10^{23} άτομα. Έτσι ένα mmol Ca^{2+} είναι το 1/1000 του mol. Για να υπολογίσουμε πόσα meq Ca^{2+} /L ισοδυναμούν με την τιμή (σε mg Ca^{2+} /L) που έχει προσδιοριστεί εργαστηριακά, πρέπει επιπλέον να μας δίνεται:
 - i. Το μοριακό βάρος του Ca^{2+}
 - ii. Το φορτίο του Ca^{2+}
 - iii. Το ισοδύναμο βάρος = $(40,08 \text{ g/mol}) \div (2 \text{ ισοδύναμα /mol}) = 20,04 \text{ g/eq} = 20,04 \text{ mg/meq}$

Αριθμητικές εκφράσεις και σχέσεις

- Εάν έχουμε $30 \text{ mg Ca}^{2+} / \text{L}$ ποιά είναι η συγκέντρωσή του σε meq/L ; $\text{MB} = 40,08 \text{ g/mol}$

$$\text{Ισοδύναμο βάρος } \text{Ca}^{2+} / \text{L} = 40,08 \div 2 = 20,04$$

- $\text{meq Ca}^{2+} / \text{L} = (30 \text{ mg Ca}^{2+} / \text{L}) \div (20,04 \text{ mg/meq}) = 1,50 \text{ meq / L}$

Άλλα χαρακτηριστικά

- Το Βόριο, είναι επίσης παρόν στα νερά άρδευσης ως μη ιονισμένο Βορικό Οξύ, κι εκφράζεται ως το στοιχείο (B) σε mg/lit.
- Η συγκέντρωση των αλάτων στα περισσότερα νερά άρδευσης κυμαίνεται μεταξύ των **200** και των **4.000** mg/lit ολικών διαλυτών στερεών (TDS) [total dissolved solids]
- Το pH του νερού είναι κι αυτό ένας δείκτης ποιότητας και κανονικά κυμαίνεται μεταξύ του **6,5** και του **8,4**

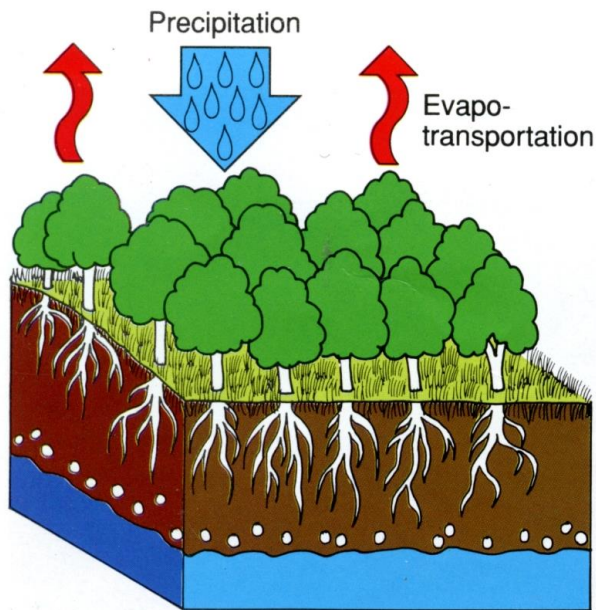
Διαλυτά άλατα και ηλεκτρική αγωγιμότητα

- Η πιο κοινή μέθοδος για την αξιολόγηση των ολικών αλάτων στο νερό είναι η μέτρηση της **ηλεκτρικής αγωγιμότητας** στους 25°C. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα εκφράζεται σε dS/m [deciSiemens per metre].
- Υπάρχει μια σχέση μεταξύ της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της συγκεντρώσεως των αλάτων σε meq/lit και σε mgr/lit όταν η EC_w είναι μεταξύ των 1 – 5 dS/m.
- Έτσι, κάθε 10 meq/lit αλάτων (συγκέντρωσης κατιόντων), δημιουργούν 1 dS/m EC_w . Η σχέση μεταξύ της ηλ. Αγωγιμότητας και των ολικών διαλυτών αλάτων είναι:

$$EC_w \text{ (dS/m)} \times 640 = TDS \text{ (mg/lit)}$$

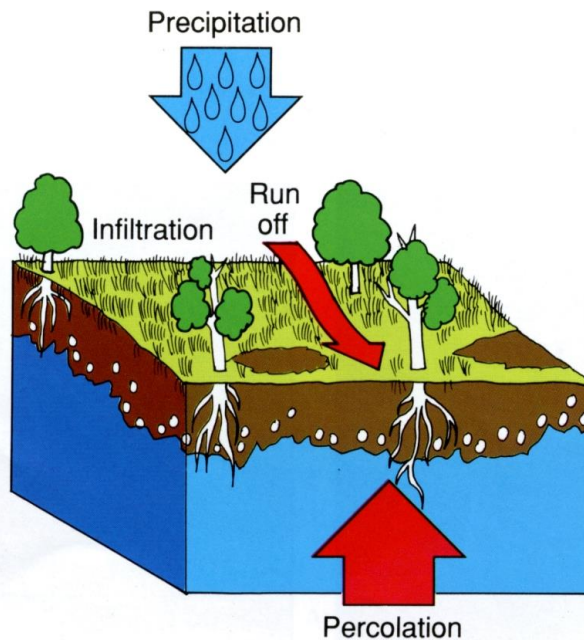
- Το άθροισμα των κατιόντων θα πρέπει να ισούται με το άθροισμα των ανιόντων.
- Η ακρίβεια μιας χημικής αναλύσεως νερού θα πρέπει να ελέγχεται στη βάση των όσων αναφέρθηκαν (<5%)

Αλατότητα



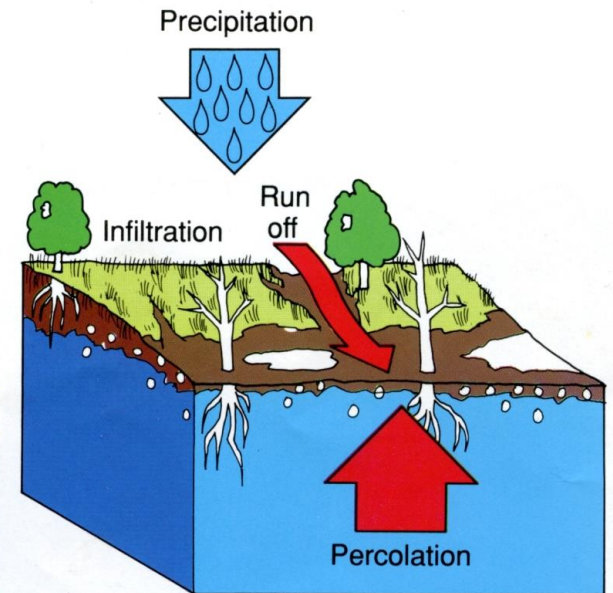
Before clearing

Most water is used where it falls.
The system is in balance.



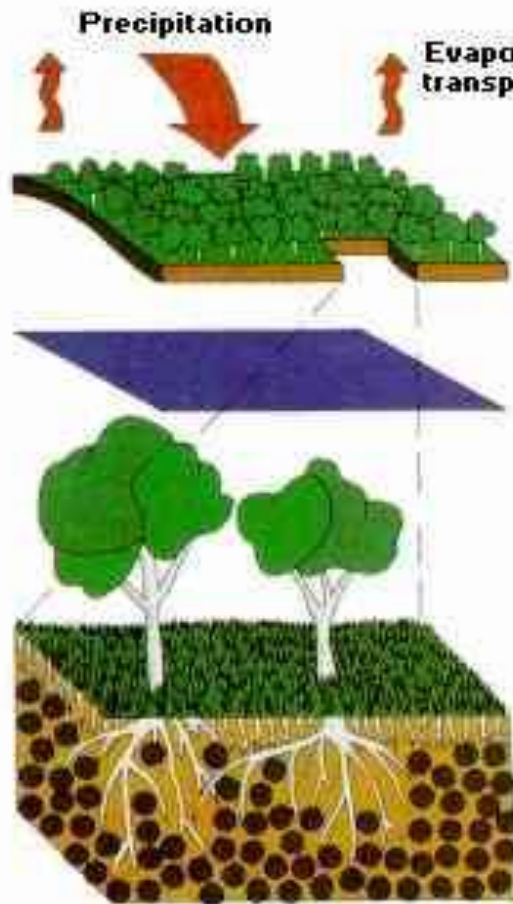
After clearing

Saline groundwater rises and is concentrated at the surface by evaporation. Vegetation growth is affected.

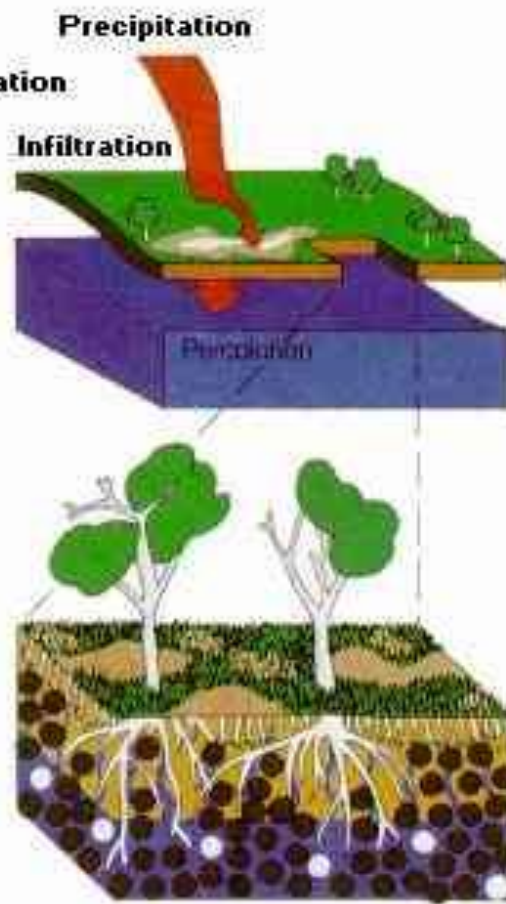


Later

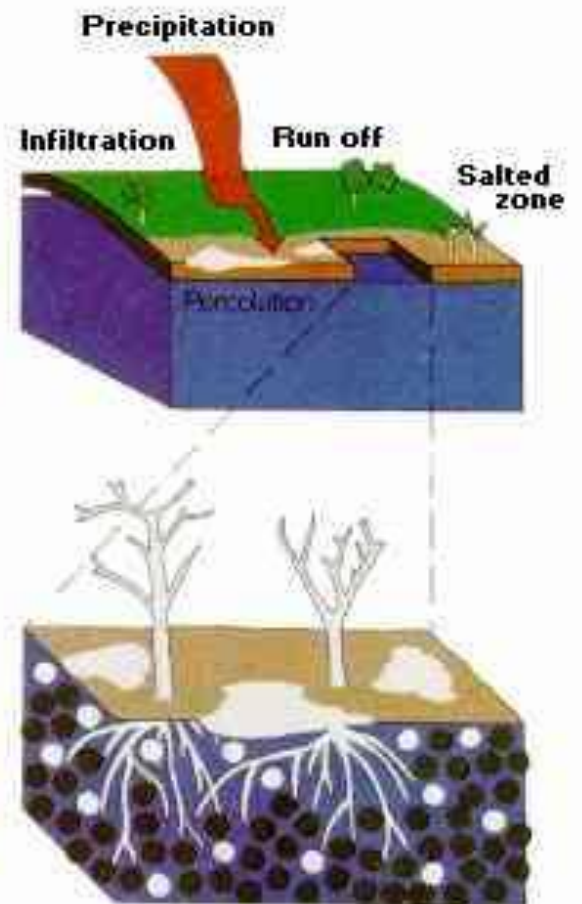
Accumulation of salt at the surface kills protective plant cover. The land is open to erosion.



Before clearing
Most water is used where it falls.
The system is in balance.



After clearing
Saline groundwater rises and is concentrated at the surface by evaporation. Vegetation growth is affected.



Later
Accumulation of salt at the surface kills protective plant cover. The land is open to erosion.



Παγκόσμιος χάρτης που αντιπροσωπεύει χώρες με προβλήματα αλατότητας.



Συνολική έκταση της αλατότητας που προκαλείται από τον άνθρωπο (Oldeman et al. 1991; Mashali 1995)

Continent	Degree of salinization and affected area (mha)					Percent
	Light	Moderate	Strong	Extreme	Total	
Africa	4.7	7.7	2.4	–	14.8	19.3
Asia	26.8	8.5	17.0	0.4	52.7	68.8
South America	1.8	0.3	–	–	2.1	2.7
North & central America	0.3	1.5	0.5	–	2.3	3.0
Europe	1.0	2.3	0.5	–	3.8	5.0
Australia	–	0.5	–	0.4	0.9	1.2
World total	34.6	20.8	20.4	0.8	76.6	100

Επίδραση των διαλυτών αλάτων στα φυτά

- Η εφαρμογή του νερού άρδευσης εισάγει άλατα στην περιοχή της ρίζας.
 - A. Οι ρίζες απορροφούν το νερό απορροφώντας και **λίγο** άλας από το εδαφικό διάλυμα.
 - B. Παράλληλα, το νερό εξατμίζεται από την επιφάνεια του εδάφους αλλά τα άλατα παραμένουν πίσω.
- Και οι δύο διαδικασίες οδηγούν σε **βαθμιαία συγκέντρωση αλάτων στη ζώνη των ριζών**, ακόμη και με χαμηλής αλατότητας νερό.
- Αυτή η κατάσταση μπορεί να επιδρά στα φυτά με δύο τρόπους:
 - I. Δημιουργώντας κινδύνους αλατότητας και έλλειψη νερού,
 - II. Δημιουργώντας τοξικότητα και άλλα προβλήματα.

Κίνδυνοι αλατότητας και έλλειψης νερού

- Η αυξανόμενη αλατότητα στην περιοχή της ριζόσφαιρας αυξάνει την οσμωτική πίεση του εδαφικού διαλύματος και προκαλεί μια ταυτόχρονη μείωση στον ρυθμό απορρόφησης του νερού από τα φυτά και στη διαθεσιμότητα του νερού άρδευσης.
- Έτσι, μια διαρκής υδατική έλλειψη μπορεί να υπάρχει ακόμη και στην περίπτωση που το έδαφος δέχεται μεγάλες δόσεις άρδευσης.
- Τα φυτά μπορεί να μην δείχνουν μαραμένα, αλλά η ανάπτυξη και η απόδοση μειώνονται.

Αραβόσιτος



Ελαιοκράμβη



The symptoms of seedlings after 28 days grown under control (A,B; without NaCl) and 200 mM NaCl treatment (C,D); A and C: Hua6919 cultivar; B and D: Zhongshuang11 cultivar. bars = 10 cm.

Κίνδυνοι αλατότητας και έλλειψης νερού

- Κάτω από τέτοιες συνθήκες, δεν είναι δυνατόν να διατηρηθούν καλές συνθήκες ανάπτυξης της καλλιέργειας και να πετύχουμε υψηλές αποδόσεις. Αντί αυτού, σημειώνεται **καθυστέρηση** στην **ανάπτυξη** του φυτού και σημειώνεται σημαντική **μείωση** στην **απόδοση**.
- Τα συμπτώματα ποικίλουν ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του φυτικού είδους, με πιο αξιοσημείωτα στα **αρχικά στάδια ανάπτυξης** του φυτού.
- Η **βλάστηση** των σπόρων επηρεάζεται κι αυτή από την παρουσία των αλάτων. Συχνά λοιπόν ή **καθυστερεί** ή και **δεν γίνεται ποτέ**.

Κίνδυνοι αλατότητας και έλλειψης νερού

- Το επίπεδο της σωρευμένης αλατότητας εξαρτάται από
 - i. Τη συγκέντρωση των αλάτων που συσσωρεύονται
 - ii. Τη σύσταση των αλάτων στο νερό
- Το χλώριο (Cl^-), είναι εξαιρετικά διαλυτό και παραμένει στο εδαφικό διάλυμα, ενώ τα θειικά (SO_4^{2-}) και τα όξινα ανθρακικά (HCO_3^-) συνδυαζόμενα με το ασβέστιο και το μαγνήσιο, όπου είναι αυτά παρόντα, σχηματίζουν θεικό ασβέστιο και ανθρακικό ασβέστιο, τα οποία είναι **ελάχιστα διαλυτά**

- Μέρος αυτών των αλάτων που συσσωρεύονται από προηγούμενες αρδεύσεις μπορούν να μετακινηθούν (εκπλυθούν) κάτω από το βάθος της ρίζας...

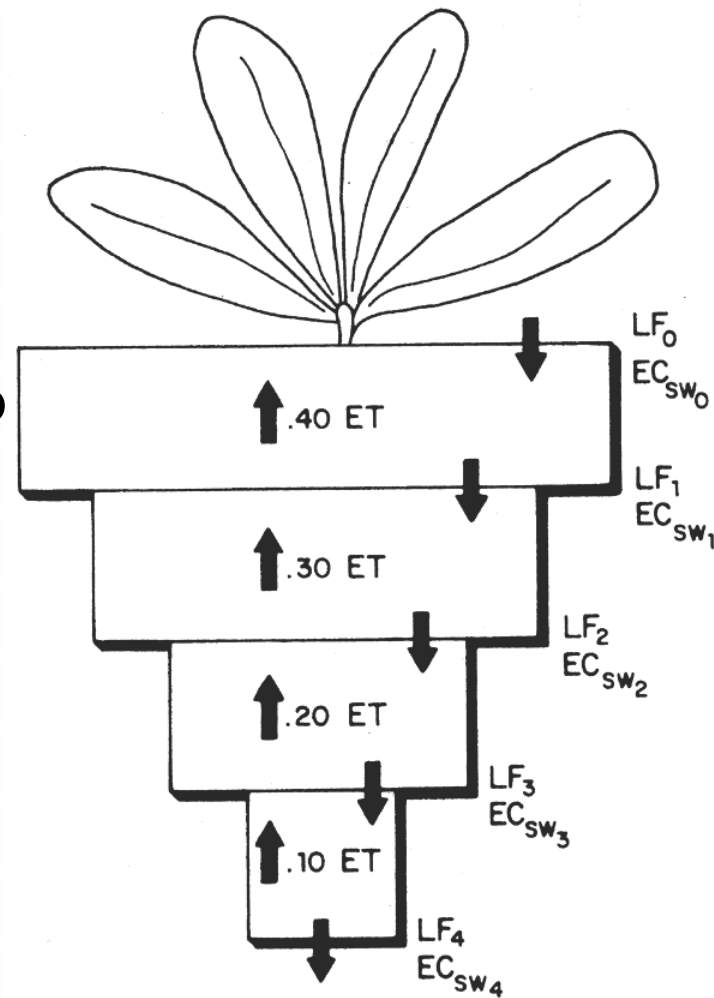


...εάν διηθείται μεγαλύτερη ποσότητα νερού από αυτή που αξιοποιείται από την καλλιέργεια κατά την καλλιεργητική περίοδο

Η περιεκτικότητα σε άλατα στο ριζόστρωμα ποικίλει ανάλογα με το βάθος

- Η συγκέντρωση των αλάτων αυξάνεται με το βάθος λόγω της απορρόφησης του νερού από τα φυτά αφήνοντας τα άλατα σε ένα σημαντικά μειούμενο όγκο εδαφικού νερού.
- Κάθε ακόλουθη δόση άρδευσης εκπλένει τα άλατα σε βαθύτερα στρώματα του ριζοστρώματος, όπου συνεχίζουν να συσσωρεύονται μέχρι να εκπλυθούν.
- Έτσι η πιο επιφανειακή αλατότητα θα εξαρτάται από την έκπλυση που θα έχει εφαρμοστεί.

- Μετά από μια άρδευση, το πιο άμεσα διαθέσιμο νερό είναι στην ανώτερη ζώνη του ριζοστρώματος. Αυτή είναι μια περιοχή χαμηλής αλατότητας.
- Καθώς το φυτό καταναλώνει νερό, το πιο εύκολα διαθέσιμο νερό εντοπίζεται ολοένα και βαθύτερα της αρχικής ανώτερης ζώνης που διαδοχικά στερείται του αρχικού νερού λόγω της κατανάλωσής του από τα φυτά, καθώς **διευρύνεται το εύρος** άρδευσης.



- Τα βαθύτερα στρώματα είναι συνήθως πιο αλατούχα
- Η καλλιέργεια μέσω του ριζοστρώματος απορροφά το νερό που είναι πιο εύκολα διαθέσιμο
- ο **χρονισμός** της άρδευσης αποκτά πολύ μεγάλη σημασία στη διατήρηση του εδαφικού νερού σε υψηλά επίπεδα,
- ...μειώνοντας τα προβλήματα που προκαλούνται όταν η καλλιέργεια πρέπει να απορροφήσει σημαντικές ποσότητες νερού από το λιγότερο διαθέσιμο και υψηλότερο σε άλατα βαθύτερο εδαφικό στρώμα, στα κατώτερα μέρη του ριζοστρώματος



- Για καλή παραγωγή, εξίσου σημαντική είναι η διατήρηση της υψηλής διαθεσιμότητας του νερού και της έκπλυσης των συσσωρευόμενων αλάτων κάτω από το βάθος του ριζοστρώματος, προτού η συσσώρευση των αλάτων υπερβεί την ανοχή του φυτικού είδους



Καλλιέργειες που αρδεύονται σπάνια vs. Καλλιεργειών που αρδεύονται σε ημερήσια βάση

- Σπάνια αρδευόμενες:
 - Η χρήση επιφανειακών μεθόδων και συμβατικού τρόπου διαχείρισης της άρδευσης, η απόδοση συσχετίζεται καλύτερα με τη μέση αλατότητα του ριζοστρώματος,
- Αρδευόμενες σε ημερήσια βάση:
 - Εντοπισμένη ή στάγδην άρδευση, οι αποδόσεις συσχετίζονται καλύτερα με την πρόσληψη του νερού στη ζώνη του ριζοστρώματος

Ρηχός υδροφορέας (εντός 2m)

- Τα άλατα συσσωρεύονται σε έναν τέτοιο υδροφόρο και συχνά αυτός γίνεται μια σημαντική πηγή αλάτων που μέσω των τριχοειδών φαινομένων κινούνται ανοδικά, εντός της ζώνης του ριζοστρώματος
- Εάν η αποστράγγιση είναι επαρκής, ο έλεγχος της αλατότητας μετατρέπεται σε μια ορθή διαχείριση τροφοδότησης της καλλιέργειας επαρκώς με νερό.
- Νερό επαρκούς ποσότητας ώστε να ελέγχονται τα άλατα εντός των ορίων ανοχής της καλλιέργειας.

Ποιότητα του νερού και διηθητικότητα

- Όταν το νερό παραμένει στην επιφάνεια για μεγάλο χρονικό διάστημα ή διηθείται πολύ αργά για την κάλυψη των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό, μπορεί να ανακύψουν προβλήματα...



Ο ρυθμός απορρόφησης νερού επηρεάζεται από:

- Διηθητικότητα
- Εδαφικοί παράγοντες όπως:
 - η δομή,
 - ο βαθμός συμπίεσης του εδάφους,
 - η περιεχόμενη οργανική ουσία, και
 - η χημική σύσταση του εδάφους

Η ποιότητα του νερού επηρεάζει την διηθητικότητα

- Αλατότητα
- Περιεκτικότητα του νερού σε νάτριο (Na^+) σε σχέση με το άθροισμα των συγκεντρώσεων σε ασβέστιο (Ca^{+2}) και μαγνήσιο (Mg^{+2})
- Το νερό **υψηλής αλατότητας** θα **αυξήσει** την διηθητικότητα, ενώ ένα νερό **χαμηλής αλατότητας** ή **αυξημένου λόγου νατρίου / ασβεστίου** **μειώνει** την διηθητικότητα.

Δημιουργία επιφανειακής κρούστας

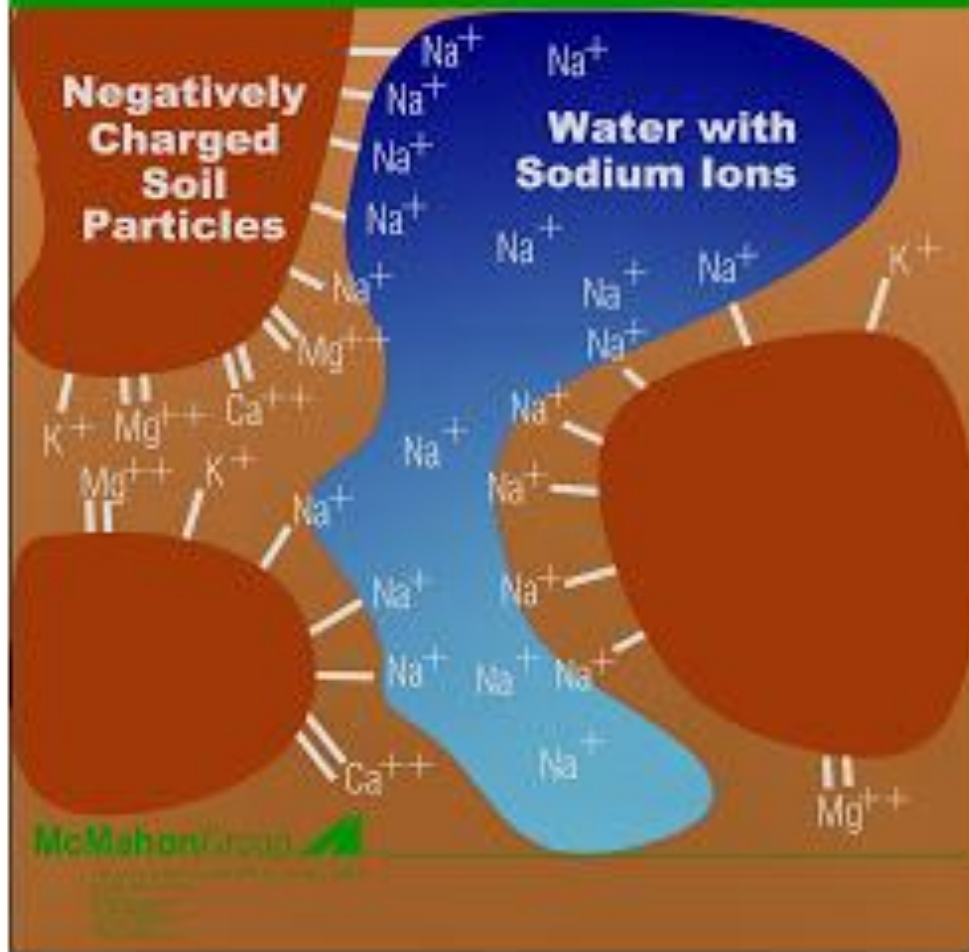
- Λόγω απαίτησης παραμονής του νερού για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορεί να αναπτυχθούν και δευτερογενή προβλήματα, ιδιαίτερα για καλλιέργειες από σπόρο, ζιζάνια, ανωμαλίες στη θρέψη και ασφυξία των καλλιεργειών, σήψη των σπόρων και καχεξία στα χαμηλότερα σημεία, ακόμα και εμφάνιση μεταδιδόμενων ασθενειών από κουνούπια



Επίδραση των διαλυτών αλάτων στο έδαφος

- Μείωση της περατότητας του εδάφους λόγω αυξημένης συγκεντρώσεως Na^+
- Σε ένα αλατούχο νερό συχνά η συγκέντρωση του Na^+ είναι μεγαλύτερη από οποιοδήποτε άλλο κατιόν. Ενώνεται με τα κολλοειδή του εδάφους και αντικαθιστά τα επικρατούντα Ca^{+2} και Mg^{+2} προκαλώντας **διασπορά** των κολλοειδών του εδάφους, καθιστώντας το έδαφος **αδιαπέρατο**
- Αύξηση του pH πάνω από 8,5 => μειωμένη διαθεσιμότητα Σιδήρου και Φωσφόρου

Sodium Ion in Irrigation Water



Sodium ions displace essential ions attached to soil particles.

Essential Elements

- Ca^{++} (Calcium ion)
- Mg^{++} (Magnesium ion)
- K^+ (Potassium ion)
- NH_4 (Ammonium ion)



Ζημιά από Na^+

Ο κίνδυνος Νατρίωσης

- Ο βαθμός απορρόφησης νατρίου από σωματίδια της αργίλου εξαρτάται από τη συγκέντρωση του νερού και τη συγκέντρωση των ιόντων Ca^{2+} και Mg^{2+} *Ανταλλαγή Κατιόντων – μια αντιστρεπτή διαδικασία*
- Η ικανότητα του εδάφους να προσροφά Na^+ και να ανταλλάσσει κατιόντα είναι περιορισμένη.
- Το ποσοστό αυτής της ικανότητας που το Na αντικαθιστά κατιόντα λέγεται **ποσοστό ανταλλάξιμου νατρίου** [exchangeable sodium percentage (ESP)].

Κίνδυνοι τοξικότητας



- Πολλές καλλιέργειες είναι ευαίσθητες σε ζημιές από άλατα
- Το χλώριο, το νάτριο και το βόριο απορροφώνται από τις ρίζες και μετακινούνται στα φύλλα όπου και συσσωρεύονται.
- Σε επιβλαβείς συγκεντρώσεις έχουμε περιφερειακό «κάψιμο» και νέκρωση των φύλλων
- Πρόκληση νεκρώσεων από νερό υψηλών συγκεντρώσεων σε χλώριο σε περιπτώσεις έντονης εξάτμισης

Κίνδυνοι τοξικότητας



- Άλλα συμπτώματα περιλαμβάνουν πρόιμη φυλλόροια, μειωμένη ανάπτυξη και απόδοση
- Συχνά τα συμπτώματα είναι κεκκρυμένα
- Τα ιόντα Cl^- σε υψηλές συγκεντρώσεις (>106 ppm) είναι γνωστό ότι είναι επιζήμια σε εσπεριδοειδή και σε αρκετές ξυλώδεις και φυλλώδεις καλλιέργειες
- Στο Na^+ φαίνεται πως δεν είναι ξεκάθαρη η επίδραση στα φυτά
- Το B είναι ένα ουσιώδες στοιχείο για τα φυτά. Η τροφοπενία και η τοξικότητα από βόριο είναι πολύ κοντά 0-0,1 ppm η συνήθης τιμή.
- Παρ' όλα αυτά, όταν βρεθεί σε υπερβολικές συγκεντρώσεις μπορεί να είναι τοξικό, με τελική ξήρανση του φυτού. Θεωρείται το πιο επιζήμιο σε **ξηρές συνθήκες**

Ο κίνδυνος Νατρίωσης

- Το πρόβλημα της Νατρίωσης μειώνεται εάν το ποσοστό του ασβεστίου και του μαγνησίου είναι πολύ υψηλότερα από αυτά του νατρίου
- Η σχέση μεταξύ τους περιγράφεται με τον όρο **Λόγος Προσρόφησης Νατρίου [Sodium adsorption ratio (SAR)]**
- Περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{S.A.R.} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{1}{2}(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}}$$

Ο κίνδυνος Νατρίωσης

- Η χρήση νερού με υψηλό S.A.R. και χαμηλή με μέση αλατότητα μπορεί να είναι επιζήμια για τη διηθητικότητα του εδάφους.
- Το SAR του νερού άρδευσης είναι μια ένδειξη (*περίπου*) του ESP ενός εδάφους με νερό

Υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο

Residual sodium carbonate (RSC)

- Αυτό προσδιορίζεται ως η διαφορά σε meq/l μεταξύ όξινων ανθρακικών και των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου.
- Το ασβέστιο και το μαγνήσιο μπορούν να αντιδράσουν με τα όξινα ανθρακικά και να καθιζάνουν ως ανθρακικά άλατα.
- Η σχετική συγκέντρωση ανταλλάξιμων κατιόντων νατρίου στα συνολικά ανταλλάξιμα αυξάνεται οδηγώντας σε μεγαλύτερη διασπορά του εδάφους
- Όταν το RSC πέφτει κάτω από 1,25 meq/litre, το νερό θεωρείται καλής ποιότητας, ενώ όταν το RSC ξεπερνά τα 2.5 meq/litre, το νερό θεωρείται επιζήμιο.

Υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο

Residual sodium carbonate (RSC)

- $RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$
- Στην περίπτωση χρήσης νερού της δεύτερης κατηγορίας με R.S.C μεταξύ 1.25 και 2.50 πρέπει να γίνεται **σημαντική έκπλυση** ώστε η συγκέντρωση των ανθρακικών να συγκρατείται σε χαμηλά επίπεδα και να προστίθενται ποσότητες γύψου ή άλλου διαλυτού άλατος του ασβεστίου ώστε ο λόγος ασβεστίου / νατρίου να παραμένει ευνοϊκός.
- Στην περίπτωση που το R.S.C. υπερβαίνει τα 2.50 meq/lit το νερό είναι ακατάλληλο για άρδευση

Ποιότητα Νερού	Υπολειμματικό Na_2CO_3 meq/lit
Άριστη - Καλή	<1.25
Μέτρια	1.25 - 2.50
Κακή	>2.50

Περιεκτικότητα σε αιωρούμενα



- Δυσμενείς επιπτώσεις στην τεχνολογία των αρδεύσεων και στην περατότητα του εδάφους
- Στα αρδευτικά δίκτυα καταιονισμού τα μεταφερόμενα υλικά μπορούν να προξενήσουν
 - βιολογική διαταραχή με την συγκέντρωσή τους στα φύλλα των καλλιεργειών
 - στα συστήματα αρδεύσεως με σταγόνες υπάρχει κίνδυνος εμφράξεως των σταλλακτηρών με αποτέλεσμα την κακή λειτουργία του συστήματος και την ανομοιομορφία της κατανομής του αρδευτικού νερού.
 - Επιφανειακή άρδευση: νερό με σημαντική περιεκτικότητα έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της διαπερατότητας των εδαφών (επιπτώσεις στη διηθητικότητα και στο φύτρωμα σπόρων).

Περιεκτικότητα σε βιοκτόνα

- Τα βιοκτόνα είναι ισχυρά δηλητήρια που χρησιμοποιούνται στη γεωργία για την προστασία της παραγωγής από ανεπιθύμητα φυτά (ζιζάνια), διάφορους μικροοργανισμούς και ασθένειες.



Περιεκτικότητα σε βιοκτόνα

- Η χρησιμοποίηση βιοκτόνων στη γεωργία τα τελευταία 30 χρόνια αποτελεί, ως γνωστό, μια δυσάρεστη εξέλιξη για την ποιότητα των επιφανειακών αλλά και των υπόγειων νερών.
- Μεγάλο χρόνο βιοαποδομήσεως τους => αποτέλεσμα την βιολογική μεγέθυνση (βιοσυσσώρευση) στους διάφορους οργανισμούς και τελικά στον άνθρωπο.
- Aldrin, Captan, DDT, Dieldrin, Endosulfan, Endrin, Lindan, Malathion, MCPA, Parathion

Η διαχείριση των ρύπων

Φυσικοί

Χημικοί

Βιολογικοί

Διαχείριση φυσικών ρύπων

- Ταυτότητα
 - Χώμα, *(τα τρία κλάσματα)*
 - Χαλίκια, πέτρες
 - Σκόνη
 - Φύλλα, φυτικά υπολείμματα
 - Σκουριά
 - Οργανικές ουσίες *(άλγη, βακτήρια, πρωτόζωα)*

Διαχείριση φυσικών ρύπων - προέλευση

- Τα αιωρούμενα ποικίλουν ανάλογα με την πηγή προελεύσεως. **Οι 4 κυριότερες πηγές προελεύσεως είναι:**

I. Φράγματα και ανοικτοί ταμιευτήρες **Πράσινα άλγη (φυτοπλαγκτόν), βακτήρια και ζωοπλαγκτόν διαφόρων ειδών, βακτηριακή λάσπη, διαλυτός σίδηρος και μαγνήσιο, ακαθαρσίες ανόργανης προελεύσεως (μπάζα, συντρίμματα, ιλύς, άργιλος κ.λ.π.)**

Διαχείριση φυσικών ρύπων - προέλευση

- II. Υπόγειο νερό (πηγάδια και γεωτρήσεις): Άμμος, ιλύς, σίδηρος, μαγνήσιο, θειικά, ανθρακικά και βακτήρια
- III. Επεξεργασμένα υγρά απόβλητα: Αιωρούμενα σωματίδια διαφόρων μεγεθών και σχημάτων.
- IV. Νερό από δίκτυα σωληνώσεων: Ζωοπλαγκτόν (αναπτυσσόμενο χρόνια σε αποικίες μέχρι 5 mm και εξελισσόμενο σε 2-3 ημέρες σε σκώληκες που φράσσουν τα φίλτρα.

Η παρουσία φυσικών ρύπων:

- Εμφράξεις και μείωση των αποδόσεων των χρησιμοποιούμενων αντλιών
- Εμφράξεις σταλακτών από τα αιωρούμενα σωματίδια ή άλλες ξένες ύλες

Διαχείριση φυσικών ρύπων

- Η ποιοτική κατάταξη του νερού σε σχέση με τα προβλήματα εμφράξεων προσδιορίζεται σε ένα γενικό πλαίσιο:
 - Καλό
 - Μέτριο
 - Κακό
 - Πολύ κακό

Διαχείριση φυσικών ρύπων

- Για λεπτομερή εξέταση σχετικά με τους φυσικούς ρύπους είναι απαραίτητο να εξετάζονται:
- Τα ολικά αιωρούμενα στερεά [Total Suspended Solids]
- Η κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων [Particle size Distribution]
- Τα ολικά διαλυτά στερεά [Total Dissolved Solids],
- Το pH του νερού
- Η σκληρότητά του [Hardness]
- Η θολότητα του [Turbidity]
- Ο σίδηρος και το μαγνήσιο, το υδρόθειο και
- Ο μικροβιακός πληθυσμός [Microbial population].

Διαχείριση φυσικών ρύπων - Φίλτρα

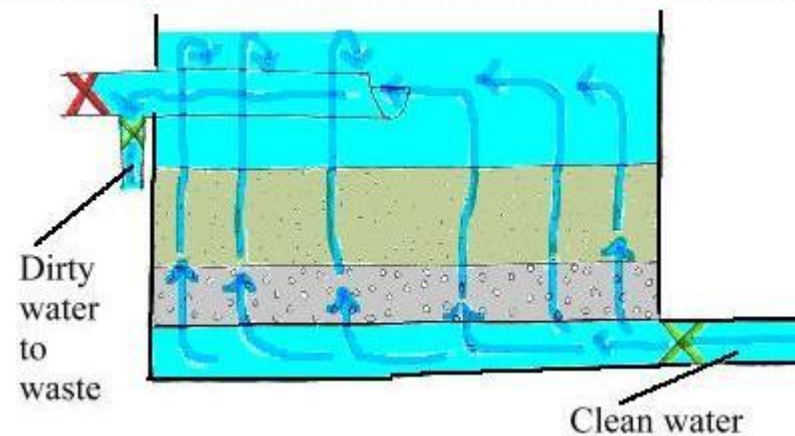
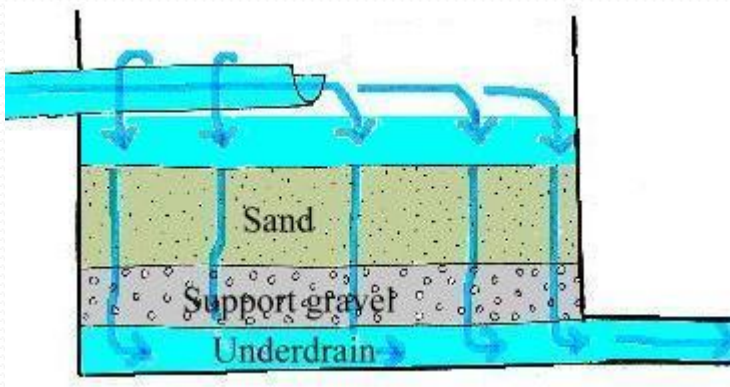
- Τα φίλτρα είναι ειδικά εξαρτήματα ή συσκευές που κατά κανόνα αποτελούνται από ένα μεταλλικό ή πλαστικό περίβλημα, στο εσωτερικό του οποίου τοποθετείται με κατάλληλη διάταξη ένα διηθητικό μέσο από το οποίο διέρχεται αναγκαστικά το νερό, προκειμένου να καθαριστεί.
- Είναι απαραίτητα για την αποφυγή εμφράξεων στενώσεων: **Διανεμητές μικρών διατομών, σταλάκτες, εκτοξευτήρες και ακροφύσια**
- Ανήκουν **στους μηχανικούς τρόπους** επεξεργασίας του νερού.
- Η φίλτρανση επιτυγχάνεται με τη χρήση φίλτρων στην αρχή (κεφαλή) ενός δικτύου άρδευσης υπό πίεση

Διαχείριση φυσικών ρύπων - Φίλτρα

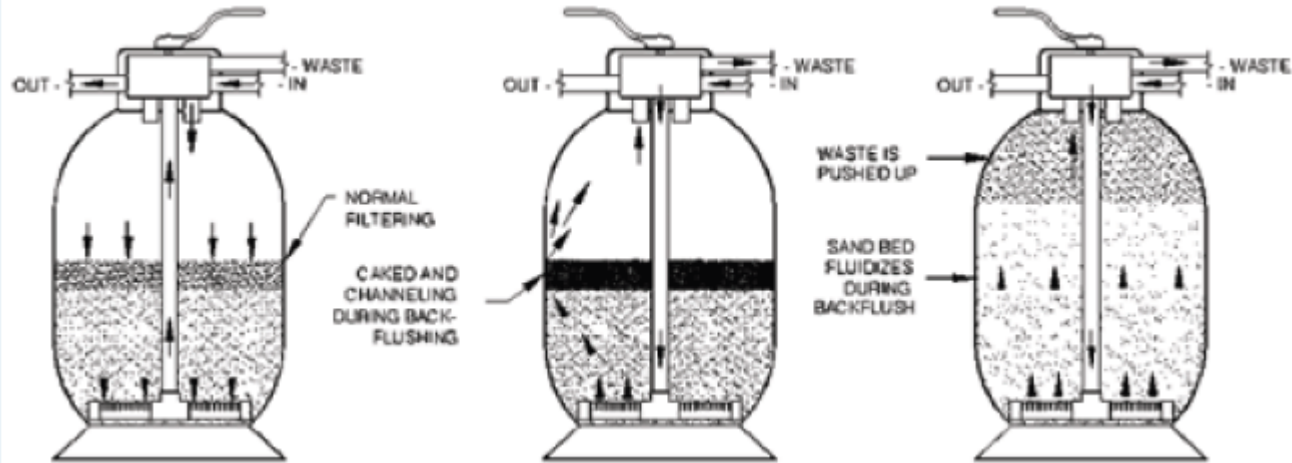
- Η επιθυμητή ροή (απόδοση φίλτρανσης) μπορεί να επηρεάζει τον τύπο της φίλτρανσης σε μεγάλα έργα, αλλά για μικρές ροές (επιπέδου αγροτικής εκμετάλλευσης) και το βαθμό φίλτρανσης εξαρτάται από
 - Το είδος της αιωρούμενης ύλης του νερού άρδευσης
 - Τις απαιτήσεις σε φίλτρανση του συστήματος άρδευσης (π.χ. στάγδην άρδευση)

Διαχείριση φυσικών ρύπων - Φίλτρα

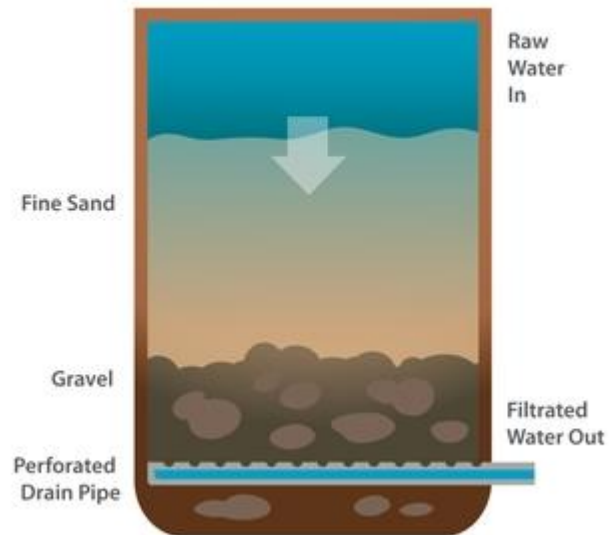
- Τα φίλτρα άμμου διαφόρων μεγεθών κόκκων [(sand media) filters] Το διηθητικό μέσο αποτελείται από στρώματα χαλικιών και άμμου διαφόρων μεγεθών εναλλασσόμενα μεταξύ τους. Τα στρώματα αυτά συγκρατούν μεγάλα τεμαχίδια αδιάσπαστης οργανικής ύλης (άλγη) και σκόνη



Φίλτρο άμμου - τομή



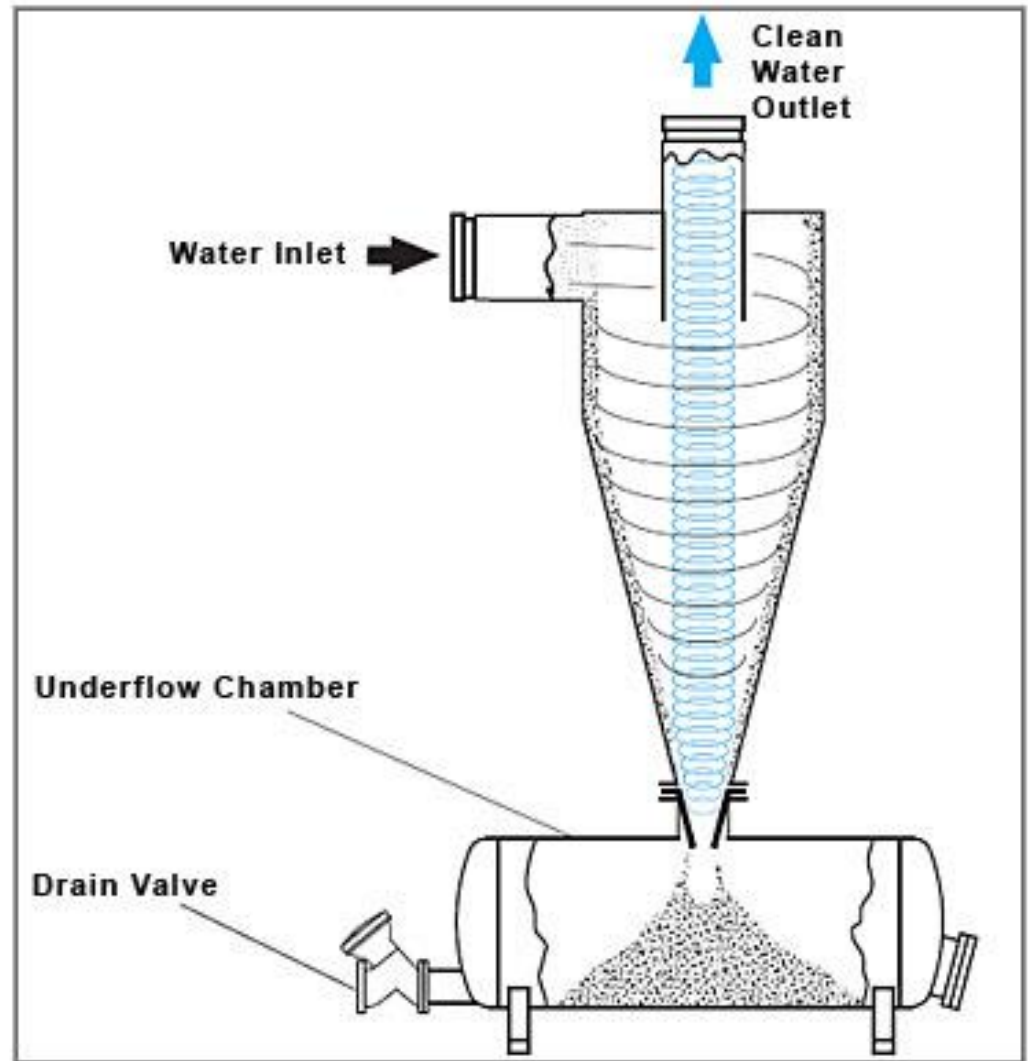
Slow Sand Filtration



Διαχείριση φυσικών ρύπων - Φίλτρα

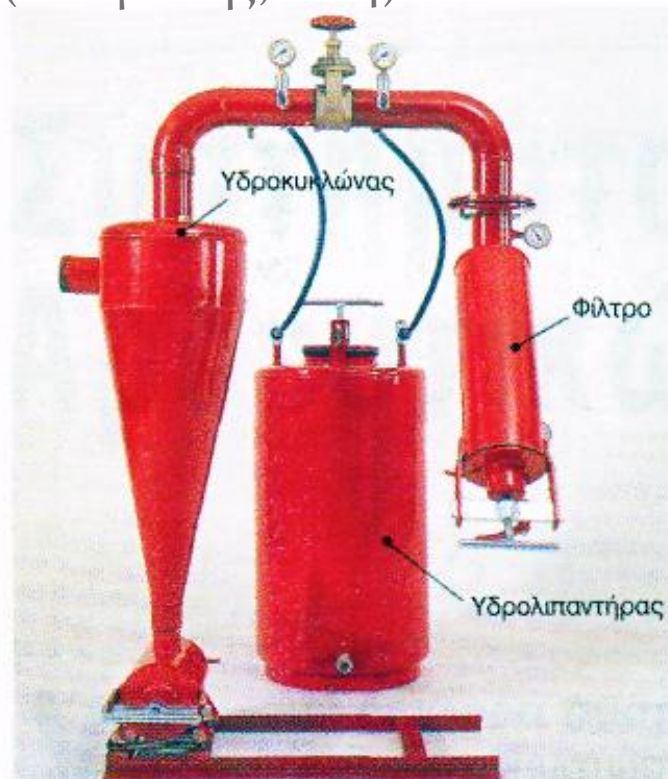
- Οι υδροκυκλώνες [hydrocyclones (sand separators)] οι οποίοι λειτουργούν βάση της δημιουργίας μιας δίνης. Το νερό (συνήθως από γεώτρηση) καθώς εισέρχεται στον υδροκυκλώνα, εκτελεί μια περιστροφική κίνηση λόγω της υδραυλικής πίεσης και τα βαρύτερα σωματίδια συγκεντρώνονται στο κατώτερο σημείο του φίλτρου (αμμοπαγίδα)

Υδροκυκλώνας (διαχωριστής άμμου)



Υδροκυκλώνας (διαχωριστής άμμου)

Υδροκυκλώνας σε συνδεσμολογία με φίλτρο σίτας
(Μπαμπίλης, 2004)



Διαχείριση φυσικών ρύπων - Φίλτρα

- Τα φίλτρα σίτας [strainers (screen type or disk/grooved rings type)] συγκρατούν της ανόργανη αιωρούμενη ύλη. Το μέγεθος του «ματιού» της σίτας είναι συνήθως μικρότερο από αυτό της μικρότερης διατομής του δικτύου που ακολουθεί (σταλάκτης) μέχρι και 70% μικρότερης διατομής



Φίλτρα σίτας



Διαφορετικό χρώμα, διαφορετικό
«μάτι» φίλτρου



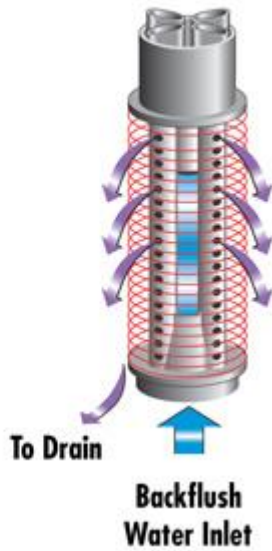
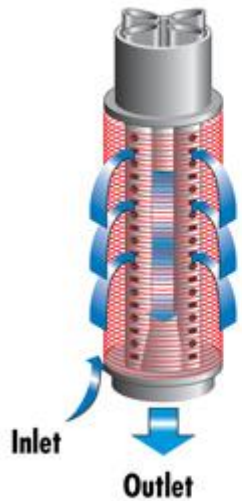
Φίλτρα σίτας, (Μπαμπίλης, 2004)

Φίλτρα δίσκων



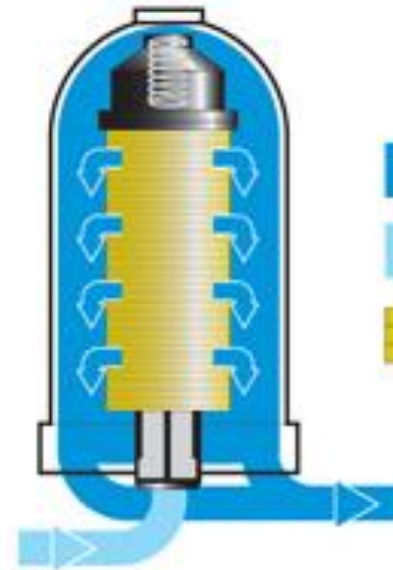
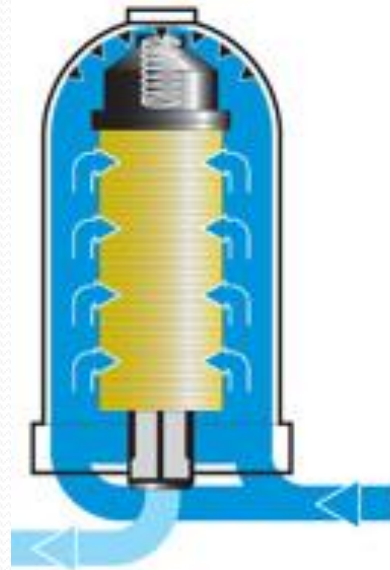
Filtration Mode

Backflush Mode



Filtration

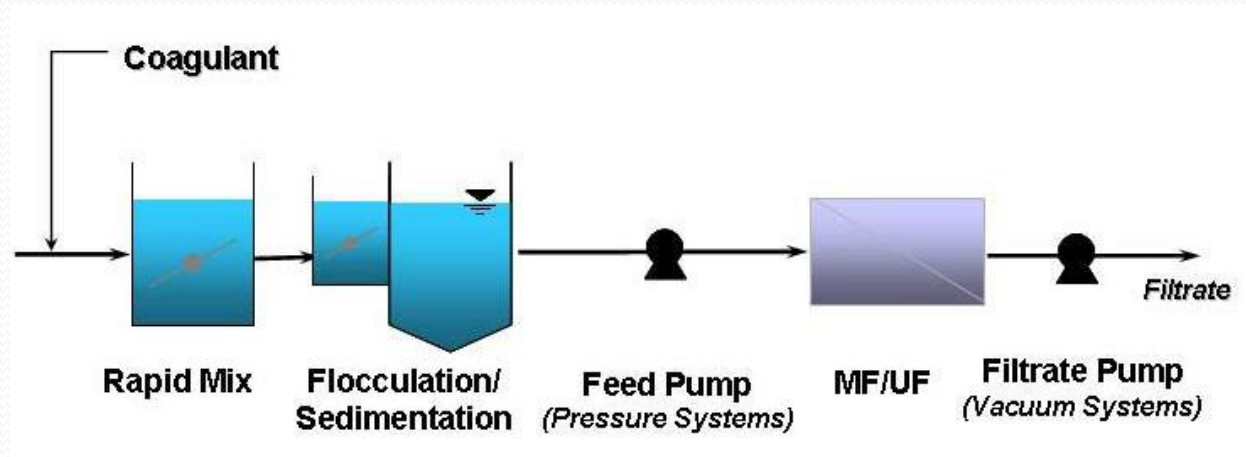
Automatic Backflush



- Dirty Water
- Filtered Water
- Disc Rings

Μικροφίλτρωση / Υπερδιήθηση

- Συστήματα που βασίζονται σε μεμβράνες
- Η υδροστατική πίεση εξαναγκάζει το υγρό να περάσει μέσα από ημιπερατή μεμβράνη.
- Ενδεικτικά, ένα σύστημα υπερδιήθησης σε βιολογικό καθαρισμό, δυναμικότητας $\sim 34 \text{ m}^3 / \text{ημέρα}$ (10.000 gallons/day) κοστίζει περί τα 138.000 €. Τα ετήσια δε κόστη συντήρησης για $\sim 17 \text{ m}^3 / \text{ημέρα}$ (5.000 gallons/day) είναι περίπου 5.900 €



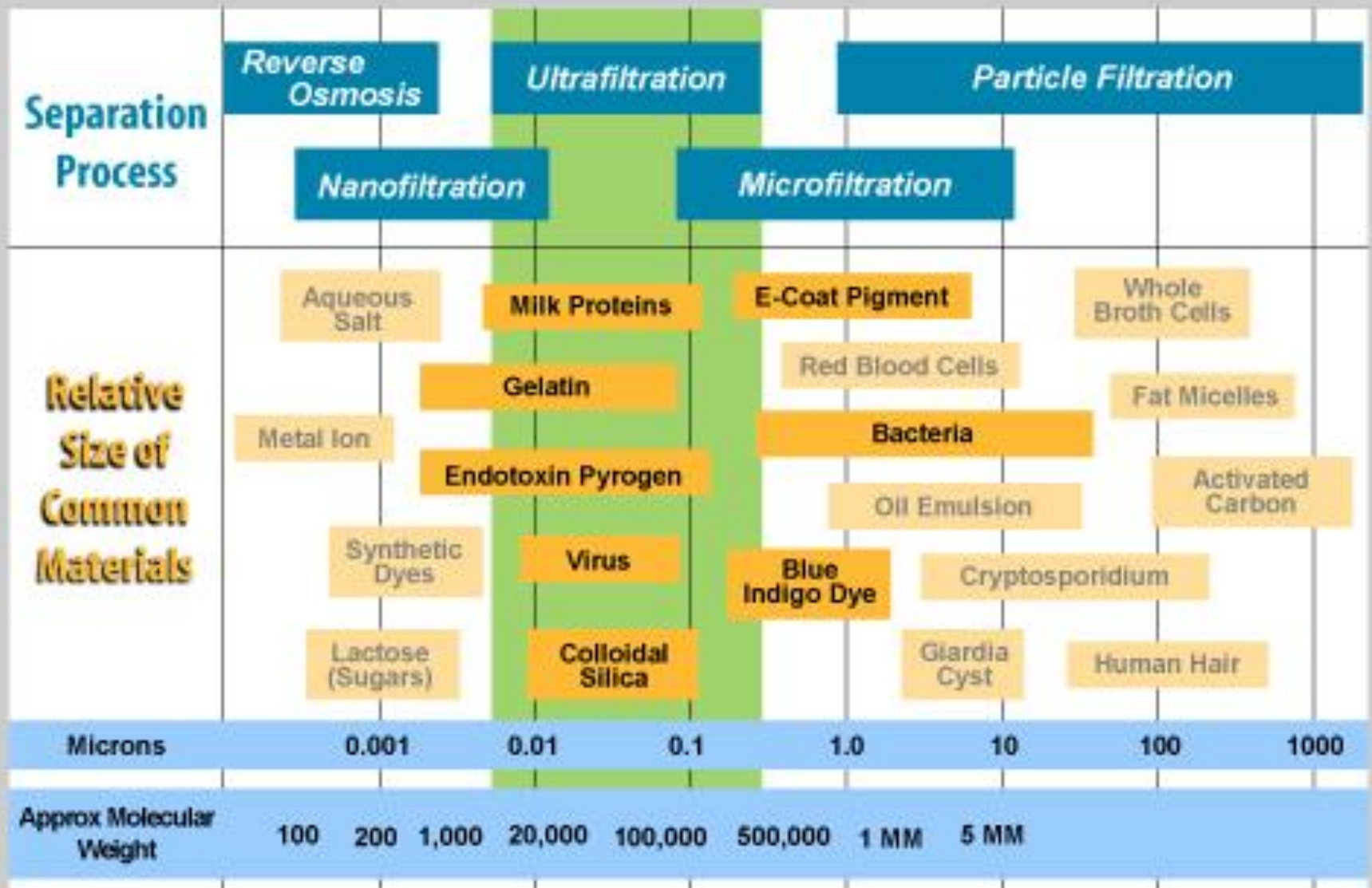
Αντίστροφη όσμωση (Reverse osmosis)

- Για 150 m³/ημέρα
- Ολικό κόστος : 0,59 €/m³ περιλαμβάνει συντήρηση, ενέργεια και αναλώσιμα.
- Αρχικό κόστος ~ 200.000 € (!)

Στοιχεία από πτυχιακή εργασία:
«Μονάδα αφαλάτωσης της
Κακής Λαγκάδας στους Παξούς –
Η χρήση του για άρδευση»
Περλορέτζου Γεωργία (2010)

	Θαλασσινό νερό	Νερό αφαλάτωσης	Νερό δικτύου
Αγωγιμότητα	50800(μs/cm/25° C)	381(μs/cm/25°C)	254(μs/cm/25° C)
Ολικά διαλυτά άλατα	32512(ppm)	243,84(ppm)	162,56(ppm)
pH	8,03	7,84	7,86
Ασβέστιο	457,60(ppm)	11,10(ppm)	9,20(ppm)
Μαγνήσιο	1368,60(ppm)	3,60(ppm)	2,40(ppm)
Κάλιο	459,90(ppm)	2,90(ppm)	2,00(ppm)
Νάτριο	11000,00(ppm)	49,90(ppm)	28,80(ppm)
Αμμωνιακά	0,00(ppm)	0,01(ppm)	0,00(ppm)
Σίδηρος	0,000(ppm)	0,100(ppm)	0,000(ppm)
Μαγγάνιο	0,070(ppm)	0,050(ppm)	0,050(ppm)
Ψευδάργυρος	0,020(ppm)	0,030(ppm)	0,080(ppm)
Χαλκός	0,000(ppm)	0,000(ppm)	0,000(ppm)
Βόριο	4,570(ppm)	0,110(ppm)	0,140(ppm)
Χλωριόντα	23700,00(ppm)	115,00(ppm)	90,00(ppm)
Διττανθρακικά	207,40(ppm)	36,60(ppm)	73,20(ppm)
Θειικά	3126,60(ppm)	12,29(ppm)	8,32(ppm)
Φωσφορικά	0,00(ppm)	0,00(ppm)	0,00(ppm)
Νιτρικά	0,00(ppm)	0,00(ppm)	0,00(ppm)

Κλιμάκωση δυνατοτήτων φίλτρανσης / διήθησης



Note: 1 micron (micrometer) = 4×10^{-5} inches = 1×10^4 Angstrom units

© 2004 - Koch Membrane Systems

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ...

Προέλευση νερού

Δίκτυο Ύδρευσης

Πηγάδι

Ποτάμι ή Ρέμα

Στέρνα ή Λίμνη

Πηγή ή Αρτεσιανό πηγάδι

Οργανικά στο νερό

Άμμος στο νερό

Προτεινόμενοι τύποι φίλτρων

Φίλτρο σίτας, Υδροκυκλώνας, ή Φίλτρο Δίσκων

Φίλτρο σίτας, Υδροκυκλώνας, ή Φίλτρο Δίσκων

Φίλτρο Δίσκων, Φίλτρο Άμμου (ή άλλου διηθητικού μέσου) και Φίλτρο σίτας, Υδροκυκλώνας και Φίλτρο Άμμου (ή άλλου διηθητικού μέσου) .

Φίλτρο Δίσκων, Φίλτρο Άμμου (ή άλλου διηθητικού μέσου) και Φίλτρο σίτας, Υδροκυκλώνας και Φίλτρο Άμμου (ή άλλου διηθητικού μέσου) .

Φίλτρο σίτας, Υδροκυκλώνας, ή Φίλτρο Δίσκων

Φίλτρο Δίσκων, Φίλτρο Άμμου (ή άλλου διηθητικού μέσου) και Φίλτρο σίτας, Υδροκυκλώνας και Φίλτρο Άμμου (ή άλλου διηθητικού μέσου) .

Φίλτρο σίτας, Υδροκυκλώνας, ή Φίλτρο Δίσκων.

Άλλοι τρόποι...

Πρακτική

Κατάταξη

Ζώνες φυτικής βλάστησης

1 (μικρότερου κόστους)

Καλλιέργειες φυτοκάλυψης

2

Καλλιέργεια σε λωρίδες

3

Συντηρητικό όργωμα

4

Αναδάσωση καλλιεργήσιμης
γης και βοσκοτόπων

5

Εκτροπές

6

Μόνιμη βλάστηση σε κρίσιμες
περιοχές

7

Καλλιέργεια σε πεζούλια

8

Κατασκευές τεχνητών λιμνών
και άλλων κατασκευών

9 (μεγαλύτερου κόστους)

Εφαρμογή χημικών

- Η εφαρμογή χημικών στο νερό άρδευσης πριν από ένα σύστημα φίλτρανσης μπορεί να:
 - μειώνει την ποσότητα των αιωρούμενων σωματιδίων,
 - να ελέγχει τον πληθυσμό των βακτηρίων,
 - να αποσυνθέτει τα άλγη και
 - να διαλυτοποιεί στερεά σωματίδια

Εφαρμογή χημικών

- Ο θειικός χαλκός χρησιμοποιείται ευρέως σε ταμειυτήρες για τον έλεγχο των αλγών σε μέγιστο συγκεντρώσεων της τάξης των 2 ppm



Εφαρμογή χημικών

- Η επεξεργασία του νερού άρδευσης με οξέα μειώνει το pH του νερού και έτσι αποφεύγεται η κατακρήμνιση των διαλυτών στερεών και διαλύει υπάρχοντα κατακρημνισμένα άλατα
- Υδροχλωρικό οξύ, Θειικό οξύ, Φωσφορικό οξύ

Εφαρμογή χημικών

- Η οικονομικότερη μέθοδος είναι η εφαρμογή χλωρίνης [Sodium Hypochlorite (NaOCl)] (σε περιπτώσεις ουδέτερου pH , και θερμοκρασίες γύρω στους 20°C)
- Η εφαρμογή της γίνεται με συνεχείς ή επαναλαμβανόμενες διαχύσεις κατά τη διάρκεια της άρδευσης σε χαμηλές συγκεντρώσεις ~ 5 ppm και 10 ppm αντιστοίχως.

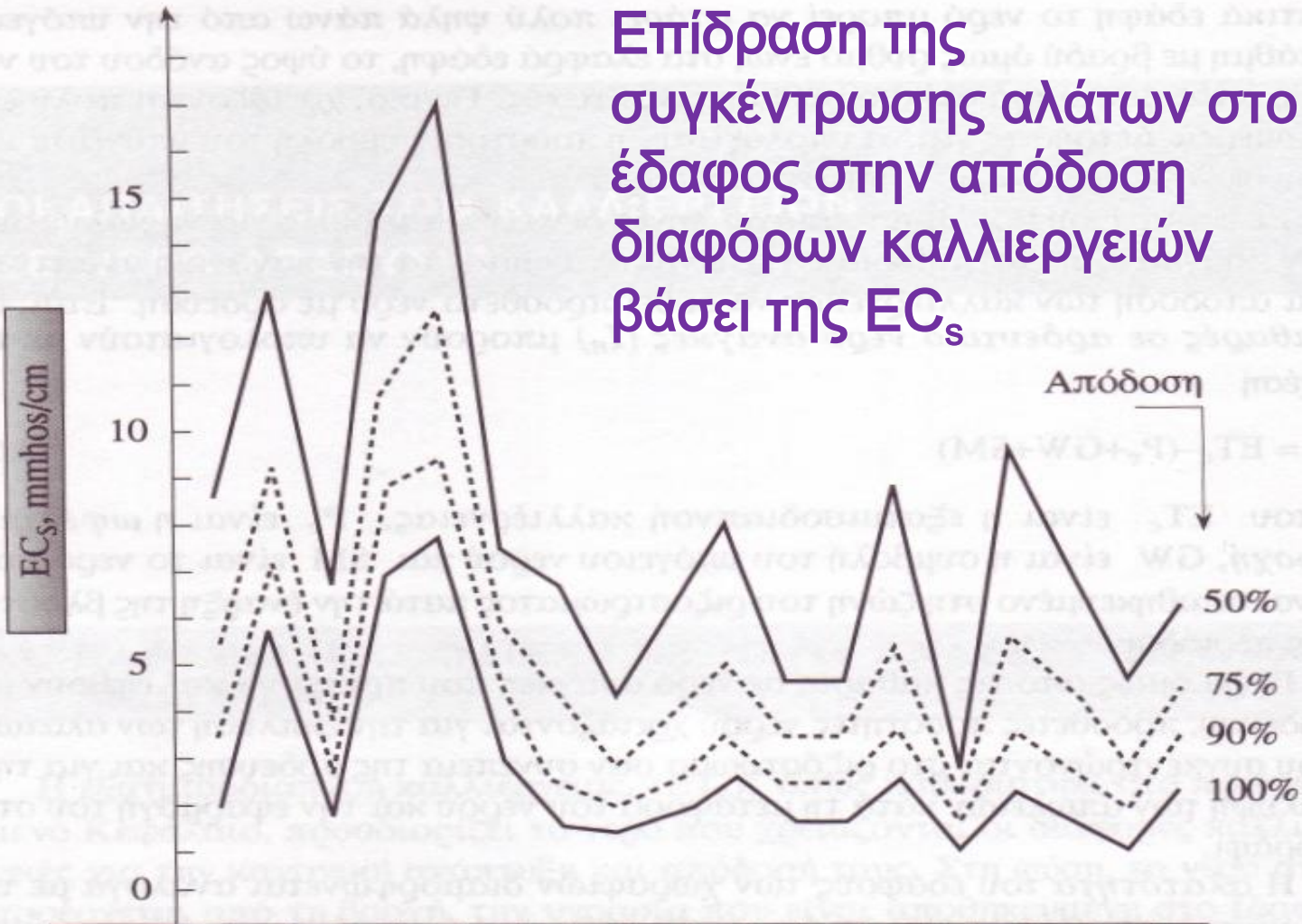
Έκπλυση των αλάτων

- Όταν η τιμή της οσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος από την υπερβολική χρήση λιπασμάτων (ή) και από άρδευση με αλατούχο νερό ξεπεράσει την τιμή της οσμωτικής πίεσης του κυτταρικού χυμού, τότε τα φυτά αδυνατούν να απορροφήσουν νερό (και κατ' επέκταση θρεπτικά συστατικά), (Θεοδώρου, Πασχαλίδης, 1999) έχουμε προβλήματα αλατότητας στο έδαφος.

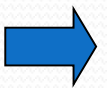
Έκπλυση των αλάτων

- Μέτρο για τον υπολογισμό του νερού έκπλυσης αποτελεί η ανθεκτικότητα των καλλιεργειών σε διάφορα επίπεδα αλατότητας. Αυτή εκφράζεται έμμεσα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα *εκχυλίσματος κορεσμού* του εδάφους.

Επίδραση της συγκέντρωσης αλάτων στο έδαφος στην απόδοση διαφόρων καλλιεργειών βάσει της EC_s



ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ
Μηδική
Σιτηρά
Αραβόσιτος
Τεύτλα
Βαμβάκι
Καπνός
Φασόλια
Κρεμμύδια
Πατάτες
Ντομάτες
Φυλλ. Οπωροφόρα
Εσπεριδοειδή
Ελιές
Φράουλες
Καρπούζια-Πεπόνια
Λάχανα
Καρότα
Αγγούρια



Ο συντελεστής έκπλυσης (LR)

- Είναι η ελάχιστη ποσότητα νερού, εκφρασμένη ως κλάσμα της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας που πρέπει να διηθηθεί βαθιά μέσα στη ζώνη του ριζοστρώματος για να διατηρήσει την αλατότητα του εδάφους σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο.

Ο συντελεστής έκπλυσης (LR)

Δίνεται από τη σχέση:

$$LR = \frac{EC_w}{5EC_s - EC_w} \quad (1) \quad \text{ή} \quad LR = \frac{EC_w}{3EC_{50}} \quad (2)$$

- Ανάλογα με τον τύπο του εδάφους και τον τύπο άρδευσης χρησιμοποιείται η (1) ή η (2).
- Όπου:
 - ✓ EC_w η ηλεκτρική αγωγιμότητα του αρδευτικού νερού σε mmhos / cm
 - ✓ EC_s η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού που αντιστοιχεί σε μια καλλιέργεια και το επιθυμητό επίπεδο απόδοσής της.
 - ✓ EC_{50} είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε mmhos/cm που αντιστοιχεί σε απόδοση 50% της καλλιέργειας.

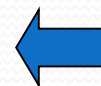
➤ Η αποτελεσματικότητα της έκπλυσης κυμαίνεται από 100% μέχρι 30%, και εκφράζεται από τον **συντελεστή αποτελεσματικότητας έκπλυσης E_l** ,

Έτσι οι (1) και (2) γίνονται:

$$LR = \frac{1}{E_l} \cdot \frac{EC_w}{5EC_s - EC_w} \quad \text{και} \quad LR = \frac{1}{E_l} \cdot \frac{EC_w}{3EC_{50}}$$

αντίστοιχα.

- ✓ Είναι πάντοτε απαραίτητο μαζί με κάθε αρδευτικό να κατασκευάζεται και το αντίστοιχο **στραγγιστικό δίκτυο**, ώστε να διατηρείται αφ' ενός το **ριζόστρωμα ελεύθερο** από υπερβολική υγρασία και αφ' ετέρου να εξασφαλίζονται οι κατάλληλες συνθήκες για την απομάκρυνση του νερού έκπλυσης.



Ευχαριστώ για την προσοχή σας

