



ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ Ή ΜΕΡΙΚΩΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΓΕΙΤΟΝΑΣ



ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΑΠΘ
ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ
ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ
ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ Ή ΜΕΡΙΚΩΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

Βήματα για την επιλογή του τρόπου επαναχρησιμοποίησης

- Μελέτη τοπογραφική (κλίμακα τουλάχιστον 1/10.000), γεωμορφολογική, πετρογραφική, ορυκτολογική, εδαφολογική (υφή, δομή, στράγγιση, CEC, Ο.Μ, διαπερατότητα, SAR, δομική ευστάθεια, κοκκομετρική ανάλυση κ.λπ.), χημική (pH, N₂, P, ιχνοστοιχεία, COT), κλιματολογική, υδρογεωλογική της περιοχής επαναχρησιμοποίησης του νερού
- Μελέτη των καλλιεργειών της περιοχής από την άποψη των υδατικών απαιτήσεων, την αντίσταση σε ρυπαντές, την αλληλεπίδραση των δράσεων του συστήματος νερό-φυτό-έδαφος κ.λπ
- Γνώση της ποιότητας και ποσότητας του διαθέσιμου νερού
- Οικονομική σύγκριση της μεθόδου επαναχρησιμοποίησης που επιλέγεται αναφορικά με τη μέθοδο επεξεργασίας που προηγείται
- Πειραματική μελέτη της περιοχής για την αποφυγή προβλημάτων που θα προέκυπταν από την εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης του νερού άρδευσης

Χαρακτηριστικά νερών για άρδευση (Υπ.Γεωργίας)

<u>Παράμετροι</u>		<u>Ενδεικτικές τιμές</u>
■	Θερμοκρασία	< 28 c
■	pH	6,5-8,5
■	Αιωρούμενα στερεά, mg/l	< 50
■	Διαλυμένο οξυγόνο, //	> 3
■	BOD ₅ , //	< 40
■	Χλωριόντα, //	< 120
■	Βόριο, //	< 3
■	Fe, //	4,0
■	Zn, //	2,0
■	Cu, //	1,0
■	Ni, //	0,5
■	Cd, //	0,01
■	Cr, //	0,2
■	EC _w dS/m	<0,75
■	SAR f(EC _w)	
■	TDS mg/l	<450

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ Ή ΜΕΡΙΚΩΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

Διεργασίες επεξεργασίας του νερού στο έδαφος

διήθηση, βιολογική οξείδωση, προσρόφηση, απομάκρυνση παθογόνων

Παράμετροι επεξεργασίας

BOD, άζωτο, αιωρούμενα στερεά, φώσφορος, μέταλλα, οργανικές ενώσεις, ανόργανες ενώσεις, παθογόνα

Εφαρμογή υδραυλικού φορτίου βασιζόμενου στην υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους

$L_w = ET - P_{eff} + W + L_a$, mm/mo όπου:

$ET = k \cdot ET_o$, ένταση εξατμισοδιαπνοής, mm/mo

k : ειδικός φυτικός συντελεστής,

$ET_o = (0,46T_m + 8,16)r$, ρυθμός εξατμισοδιαπνοής αναφοράς,

T_m : μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα σε $^{\circ}C$,

r : λόγος του μέσου όρου των ωρών της ημέρας του μήνα προς το μέσο όρο των ωρών της ημέρας του έτους

$P_{eff} := [P_{tot}(125 - 0,2 P_{tot})]/125$, αποτελεσματική κατακρήμνιση, mm/mo

W : ταχύτητα κατείσδυσης νερού, mm/mo

L_a : ταχύτητα απορροής, mm/mo

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ Ή ΜΕΡΙΚΩΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

Εφαρμογή υδραυλικού φορτίου βασιζόμενου στη συγκέντρωση αζώτου

$$L'n = U + An + Cr \cdot W, \text{ kgN/στρ.yr}$$

U : χρησιμοποιούμενο από τα φυτά άζωτο, kg/στρ.yr

Cr : συγκέντρωση αζώτου που κατεισδύει, mg/l

An : απώλειες αζώτου λόγω απονιτροποίησης,

W : ταχύτητα κατείσδυσης νερού, mm/mo

Αλατότητα : Η πιο σημαντική χρησιμοποιούμενη παράμετρος για την εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού. Προσδιορίζεται με την EC_w ή την συγκέντρωση των TDS

$$TDS = 640 EC_w, \text{ dS/m}$$

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ Ή ΜΕΡΙΚΩΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

- Το μοντέλο αποικοδόμησης του *οργανικού φορτίου* στο έδαφος εμφανίζει την ίδια συμπεριφορά με τη μέθοδο των βιολογικών φίλτρων και προσομοιάζει με το μοντέλο του Velz.
- $BOD_e/BOD_i = e^{-(kh)}$, όπου:
- BOD_i, BOD_e : BOD εισόδου, εξόδου αντίστοιχα,
- k, h : αντίστοιχα σταθερά και πάχος βιολογικού φίλτρου (εδώ του εδαφικού στρώματος)
- Το ανωτέρω μοντέλο που εφαρμόζεται για την ελάττωση του BOD (άνθρακα) εφαρμόζεται κατά τον Rennyacker και για τη ελάττωση του Νοργ στη διαδικασία νιτροποίησης– απονιτροποίησης της επεξεργασίας λυμάτων που λαμβάνει χώρα τώρα στο έδαφος

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ Ή ΜΕΡΙΚΩΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

- Μηχανισμοί επεξεργασίας του νερού στο έδαφος.

Το έδαφος συμπεριφέρεται στο απόβλητο σαν φίλτρο με δράση μηχανική με τα χαρακτηριστικά της προσρόφησης των κολλοειδών που εμφανίζει.

Το απόβλητο επαναχρησιμοποίησης όταν διέλθει σε έδαφος βάθους 0,6μ χάνει όλα τα κολοβακτηρίδια λόγω διήθησης. Όπως σε όλα τα φίλτρα απαιτείται και εδώ περιοδική αναγέννηση. Οι περίοδοι παύσης και εφαρμογής της διάθεσης του νερού επιτρέπουν την αναδημιουργία της εδαφικής δομής και υφής.

Τα αέρια του εδάφους που απαιτούνται και παράγονται από τη βακτηριακή δράση ανταλλάσσονται με την ατμόσφαιρα. Από την ατμόσφαιρα μεταφέρεται O_2 (1,3-9 t/ha.d) ανάλογα με την υγρασία του εδάφους και από το έδαφος μεταφέρονται CO_2, N_2 από τη βακτηριακή αποικοδόμηση του άνθρακα και την απονιτροποίηση μέσω αυτοτροφικών και ετεροτροφικών μικροοργανισμών αντίστοιχα.

Στο έδαφος είναι παρούσα όλη η βακτηριακή χλωρίδα που εμφανίζεται στην ενεργό ιλύ και στα βιολογικά φίλτρα. Ο Cartoux αναφέρει ότι σε 1ha εδάφους περιέχονται 1-2tn Ξ.Ο. μ/σμών που διασπούν την Ο.Ο. σε αερόβιες ή αναερόβιες συνθήκες ανάλογα με τις συνθήκες κορεσμού. Σε αερόβιες συνθήκες οξειδώνονται το BOD και η NH_3 από αερόβια βακτήρια και απάγονται CO_2 και NO_3^- . Σε προαιρετικά αναερόβιες συνθήκες τα NO_3^- , ανάγονται από ετεροτροφικά απονιτροποιητικά βακτήρια και απάγεται προς την ατμόσφαιρα N_2 .

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ Ή ΜΕΡΙΚΩΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων ή μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων με διάθεση στο έδαφος είναι από τις πρώτες διαδικασίες που εφαρμόσθηκαν για τον καθαρισμό των αστικών λυμάτων. Η μέθοδος συνδυάζει σε πολλές άγονες περιοχές την επεξεργασία και την υδρολίπανση με την αντιμετώπιση δεσμευτικών παραγόντων όπως οσμών, φυτοτοξικότητας, ρύπανσης υπόγειων νερών κ.λπ.

Οι τρεις τεχνικές επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων για αρδευτικές ανάγκες είναι:

Η βραδεία διήθηση ή άρδευση, εάν η ποσότητα του λυμάτων είναι μικρότερη ή ίση των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών

Η ελεγχόμενη επιφανειακή απορροή, εάν η ποσότητα του νερού ξεπερνά τις ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών

Η ταχεία διήθηση ή κατείσδυση, εάν η προσφερόμενη παροχή λυμάτων είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από τις ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ Ή ΜΕΡΙΚΩΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

Η βραδεία διήθηση ή άρδευση, είναι η δεσπόζουσα τεχνική. Επεξεργάζεται μικρές ποσότητες λυμάτων σε όλους τους εδαφικούς τύπους και απαιτεί μεγάλες επιφάνειες. Εφαρμόζεται:

- με εκτοξευτήρες όταν έχει προηγηθεί πρωτοβάθμια καθίζηση και υπάρχει μικρή συγκέντρωση σε TSS για να αποφεύγεται η έμφραξη των σωληνώσεων
- με υπεδάφια διάθεση με δίκτυο αγωγών όπως στην περίπτωση συστήματος ιδιωτικής αποχέτευσης

Παραδείγματα άρδευσης:

St Charles (Maryland-ΗΠΑ), ποσότητα διάθεσης $830.000 \text{ m}^3/\text{yr}$, σε 27 ha , δόση $31.000 \text{ m}^3/\text{ha. yr}$,

Muskegon (Michigan-ΗΠΑ), ποσότητα διάθεσης $40.10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$, σε 2.165 ha , δόση $18.300 \text{ m}^3/\text{ha. yr}$,

Braunschweig (Ομ.Γερμανία), με δόση $1.100.000 \text{ m}^3/\text{ha. yr}$, σε $0,77 \text{ ha}$

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ Ή ΜΕΡΙΚΩΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

Η ελεγχόμενη επιφανειακή απορροή, στη μέθοδο αυτή οι ποσότητες που διατίθενται ξεπερνούν τις ανάγκες των καλλιεργειών.

Εφαρμόζεται σε εδάφη με κλίση 2-6% και μικρή υδατοπερατότητα, όπου η μεγάλη ποσότητα των νερών απορρέει και συλλέγεται στα κατάντη ενώ μία άλλη μικρότερη ποσότητα εξατμίζεται.

Εφαρμόζεται και σε αγρούς με μικρά αναχώματα που κατασκευάζονται ανάλογα με τις ισοϋψείς. Η πυκνότητα των αναχωμάτων εξαρτάται από τη συγκέντρωση των λυμάτων σε TSS. Εάν τα TSS είναι πολλά, τα αναχώματα είναι πυκνά και αν τα TSS είναι λίγα τότε είναι αραιά, αφού τα αναχώματα λειτουργούν σαν μικρές δεξαμενές καθίζησης.

Παράδειγμα ελεγχόμενης επιφανειακής απορροής:

Μελβούρνη (Αυστραλία), ποσότητα διάθεσης 70.000m³/ha.6μήνες

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ Ή ΜΕΡΙΚΩΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

- Η ταχεία διήθηση ή κατείσδυση, στην μέθοδο αυτή η παροχή εφαρμογής είναι πολύ υψηλότερη από τις ανάγκες των φυτών. Σκοπός της μεθόδου είναι να εισχωρήσει μέσα στο έδαφος που έχει μεγάλη υδατοπερατότητα, όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα νερού. Το έδαφος συμπεριφέρεται ταυτόχρονα σαν μηχανικό και σαν βιολογικό φίλτρο και είναι συνήθως αμμώδους ή αμμοπηλώδους σύστασης οριζόντιο ή με μικρή κλίση (<5%). Η ποσότητα των λυμάτων που διηθείται μπορεί ή να συλλεχθεί με ντραίνα και να διατεθεί ξανά, ή να κατεisdύσει περαιτέρω και να εμπλουτίσει τον ΥΥΟ. Μέσα στον ΥΥΟ τα μερικώς επεξεργασμένα λύματα μετακινούμενα επεξεργάζονται περαιτέρω με αραίωση, διάχυση και αποικοδόμηση του ρυπαντικού φορτίου που έχει απομείνει και τροφοδοτούν κατάντη κάποια γεώτρηση.

Στην μέθοδο αυτή συμπεριλαμβάνεται και η ελεγχόμενη κατάκλιση με μέσο ρυθμό εφαρμογής υδραυλικού φορτίου 50-100m/yr (Bouwer 1993).

Παράδειγμα ταχείας διήθησης ή κατείσδυσης:

Flushing Meadows (Arizona-ΗΠΑ), δόση 18.300m³/ha. yr

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ Ή ΜΕΡΙΚΩΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

Δυσχέρειες για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων

- Οφειλόμενες στην εξεύρεση έκτασης,

εκτός των δυσχερειών εξεύρεσης του καθαρού χώρου επαναχρησιμοποίησης εξετάζονται και οι χώροι αποθήκευσης (πολύ ακριβή διαδικασία) των νερών που θα διατεθούν και τα βοηθητικά έργα διανομής στην έκταση (σωληνώσεις, κανάλια κ.λπ.)

- Οικονομικές,

κόστος αρχικής επένδυσης, όπως το κόστος εξεύρεσης γηπέδου και εγκαταστάσεων (αντλίες, χωματουργικά, δρόμοι πρόσβασης),
κόστος λειτουργίας, όπως τα έξοδα συντήρησης και η ενέργεια λειτουργίας,

- Ψυχολογικές-κοινωνικές,

αναφέρονται στους ενδιασμούς των αγροτών της περιοχής όσον αφορά την επικινδυνότητα ή μη των λυμάτων που διατίθενται στις καλλιέργειες και του κέρδους σε σχέση με τη χρησιμοποίηση καθαρού νερού

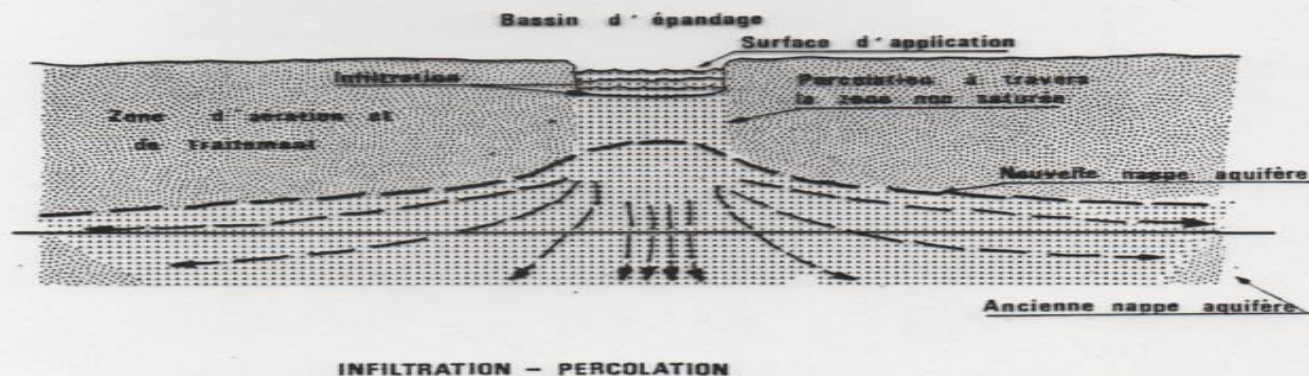
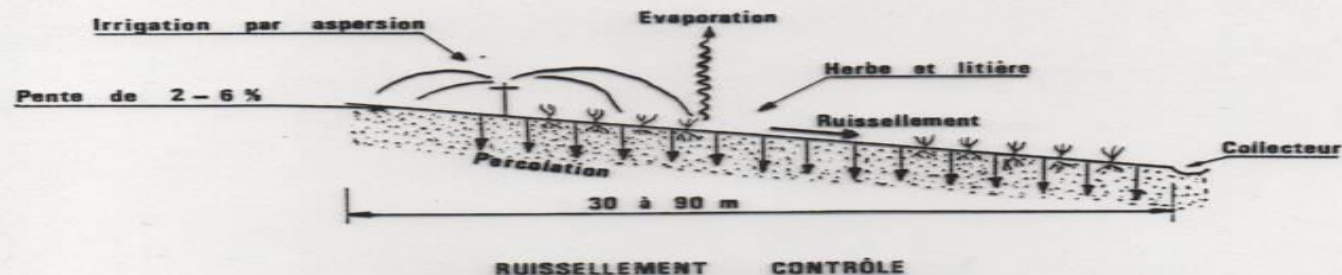


Figure 17: PRINCIPE DU RUISSELLEMENT CONTRÔLÉ ET DE L'INFILTRATION PERCOLATION

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1.	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗ	ΤΑΧΕΙΑ ΔΙΗΘΗΣΗ
ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΝΕΡΟΥ δόση/εβδ. (mm)	50mm (7) 25-150 (8) 40-100, σπάνια 12-200 (9)	50-150mm (9)	2,5cm/ημ (7) 0,10-3m/εβδ (9) 10-14ημ (7) 1 ποοά το μήνα (8) 2-3εβδ. (9) σε 2-3εβδ, 2εβδ. (9)
διάρκεια δόσης	8ώρ.-2ημ (9)	6-8ώρ (9)	
διάρκεια παύσης	5-6ημ	6-8ώρ. (9) 1-5ημ. συχνά (7)	
ένταση βροχής	6-12mm/ωρ. (7) 2,5-7,5mm/ωρ (8)		
εποχή δόσης	όλο το χρόνο πλην παγετού (7) εποχή βλάστησης (9)	όλο το χρόνο	όλο το χρόνο
φορτίο ετήσιο (νερό)	1500-1800mm (7) 1,80m-2,50m (8) 700mm-2,50m (9)	2,5m-8m (9)	100m (7) 76m (8) 6-160m (9)
ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ για 10 ³ κατ. 10 ⁶ " 10.000m ³ /ημ.	5ha 5.000ha (7) 145-600ha (9)	5,6ha 5.600ha (7) 50-145ha (9)	0,16ha 160ha (7) 2-6ha (9)
ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ κλίση	0-10% με καλλιεργειες (9) έως 30% δόση (9)	2-6% (7), (9)	σχεδόν 0
ταχύτ. διήθησης	6mm/h (7) → 2mm/h (9)	2,5mm/ημ. (7)	12mm/h (7) 64-100mm/ημ. (9)
διαπερατότης	μεταβαλλόμενη	πολύ μικρή	πολύ μεγάλη
μήκος διαδρομής νερού	βάθος εδάφ. >1,60m (7), (9)	μήκος κλίσης >43m (7) >50-60m (8)	διαδρομή >60m
υφή εδάφους	λειμώνες ± άργιλος	άργιλος ± υδατοπε- ρατή	άμμος, λεπτοί χάλικες
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ	ελάχ. βάθος 1,50m αν όχι σταδγγιση	>60cm για βλάστη- ση	περίπου 5m
ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΚΑΛΥΨΕΙΣ	αποδοτικές καλλιεργειες	χόρτα	βλάστηση ή γυμνό έδαφος
ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ βόοδ	99 (7) 90-99 (9)	80 (7) 95-99 (9)	99 (7) 90-99 (9)
αιωρούμενα στερεά	" "	" "	" "
Ολικό N	80-90 (7) 90 (9)	80 (7) 70-90 (9)	80 (7) 0-80 (9)
Βαρέα Me	99 (7)	10-30 (7)	95 (7)
Κατιόντα	0-75 (7)	0-50 (7)	0-75 (7)
Ανιόντα	0-50 (7)	0-10 (7)	0-50 (7)
Κολοβακτηριδία	99 (7)	90 (7)	99 (7)



ευχαριστώ για την προσοχή σας

