

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

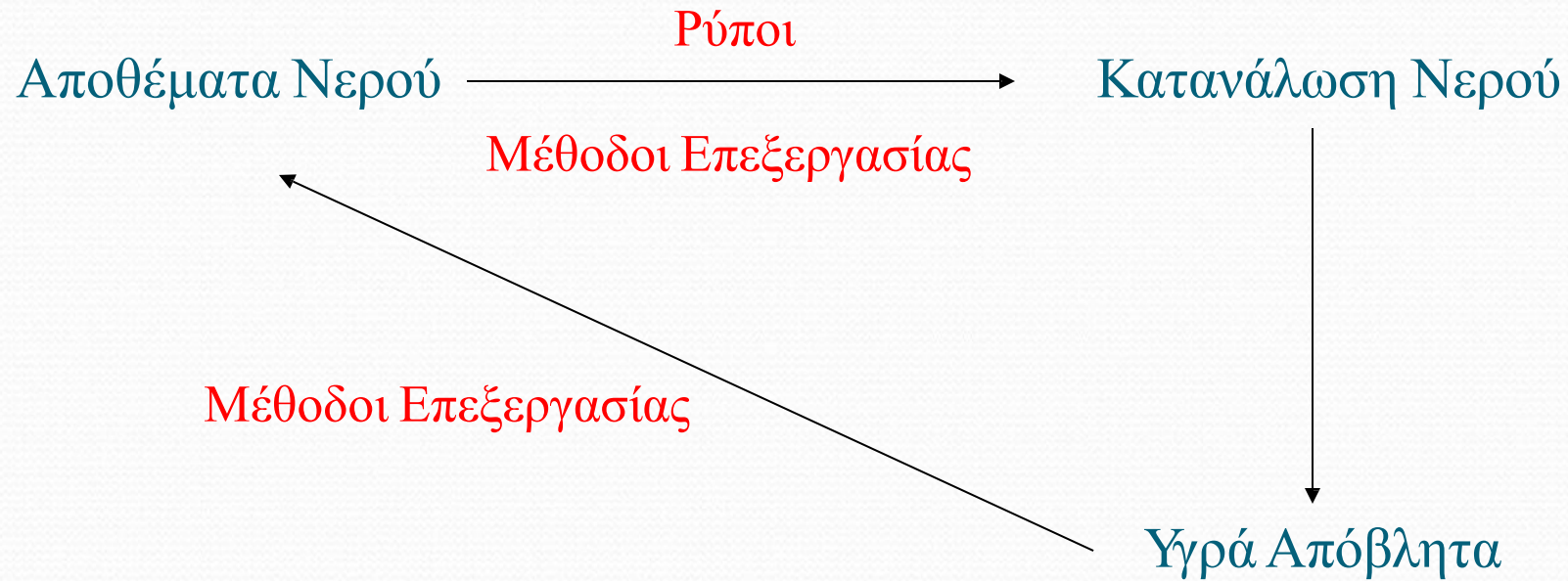
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

3^ο εξάμηνο

Διδάσκων: Καθηγητής Αθ. Στασινάκης

Ρύπανση και Έλεγχος Ποιότητας Υδάτων



Ρύπανση και Έλεγχος Ποιότητας Υδάτων

Υδρολογικός Κύκλος

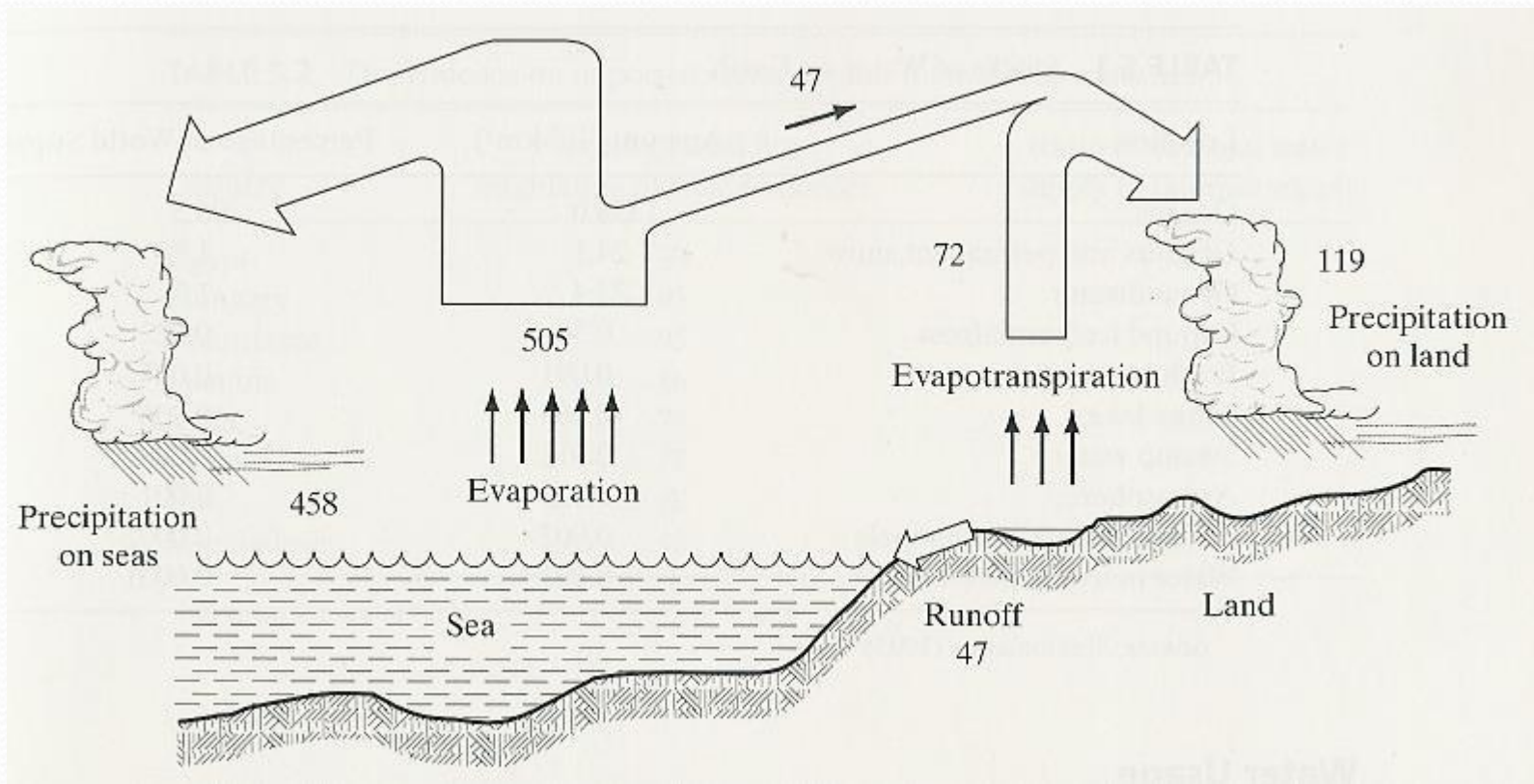
Θέση	Ποσότητα (10^6 Km^3)	Ποσοστό
Ωκεανοί	1338,0	96,5
Πάγοι	24,1	1,74
Υπόγεια Νερά	23,4	1,7
Παγωμένο Έδαφος	0,3	0,022
Λίμνες Γλυκού Νερού	0,091	0,007
Λίμνες Αλμυρού Νερού	0,085	0,006
Έλη	0,011	0,008
Ατμόσφαιρα	0,013	0,001
Ποτάμια – Χείμαρροι	0,002	0,0002
Ζώντες Οργανισμοί	0,001	0,0001

Υδρολογικός Κύκλος

- Κατακρήμνιση, μεταφορά νερού από ατμόσφαιρα στη γη (P, mm/έτος)
 - Εξάτμιση, απομάκρυνση νερού από υγρές επιφάνειες
 - Διαπνοή, απομάκρυνση νερού από φύλλα φυτών
 - Απορροή, νερό που μεταφέρεται επιφανειακά ή υπόγεια προς τη θάλασσα (R, mm/έτος)
- E, mm/έτος

$$P = R + E$$

Υδρολογικός Κύκλος



Ποσότητες νερού εκφρασμένες σε $10^3 \text{ Km}^3/\text{έτος}$

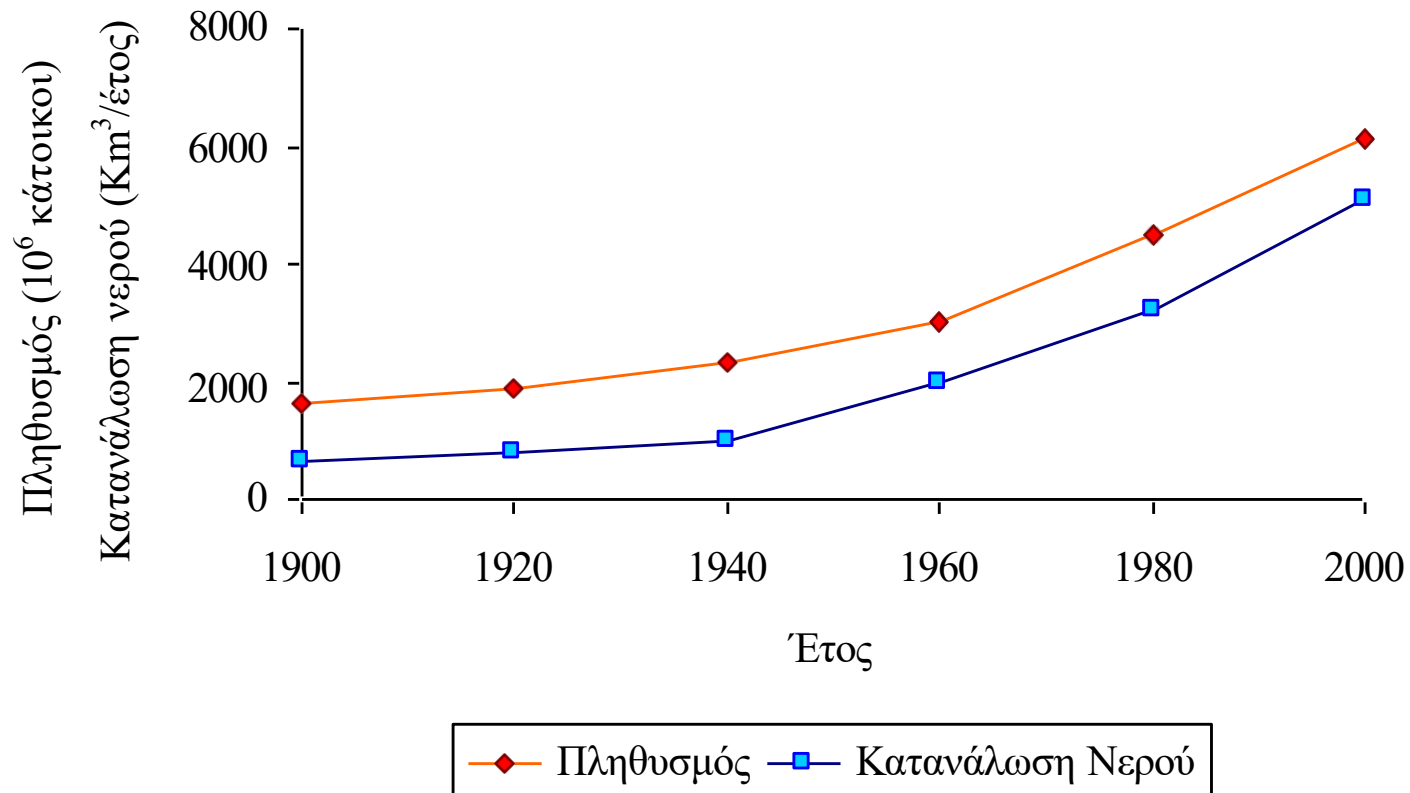
Υδρολογικός Κύκλος

Παγκόσμια Απορροή = $47000 \text{ Km}^3/\text{έτος}$

Διαθέσιμη Ποσότητα Νερού = $20400 \text{ l}/\text{άτομο και ημέρα}$

Λειψυδρία ?

Υδρολογικός Κύκλος



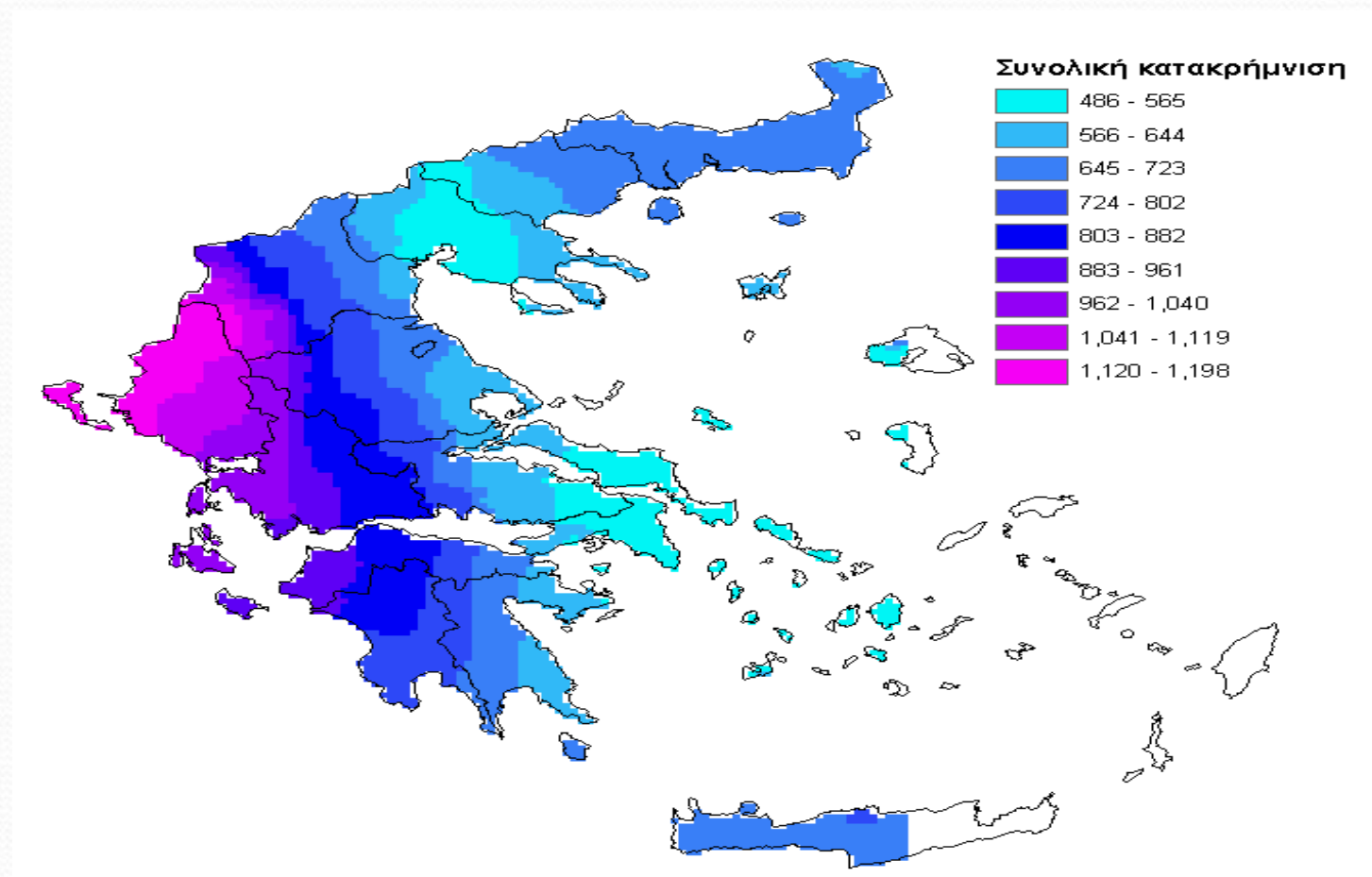
Εξέλιξη παγκόσμιας χρήσης νερού - πληθυσμού τα τελευταία 100 χρόνια

Υδρολογικός Κύκλος

Αιτίες Ανεπάρκειας Νερού

- ανομοιόμορφη χωρική κατανομή κατακρημνίσεων
- ανομοιόμορφη χρονική κατανομή κατακρημνίσεων
- μεγάλη κατανάλωση νερού σε αγροτικές δραστηριότητες (δυσκολία στην επαναχρησιμοποίηση)

Χωρική Κατανομή Κατακρημνίσεων



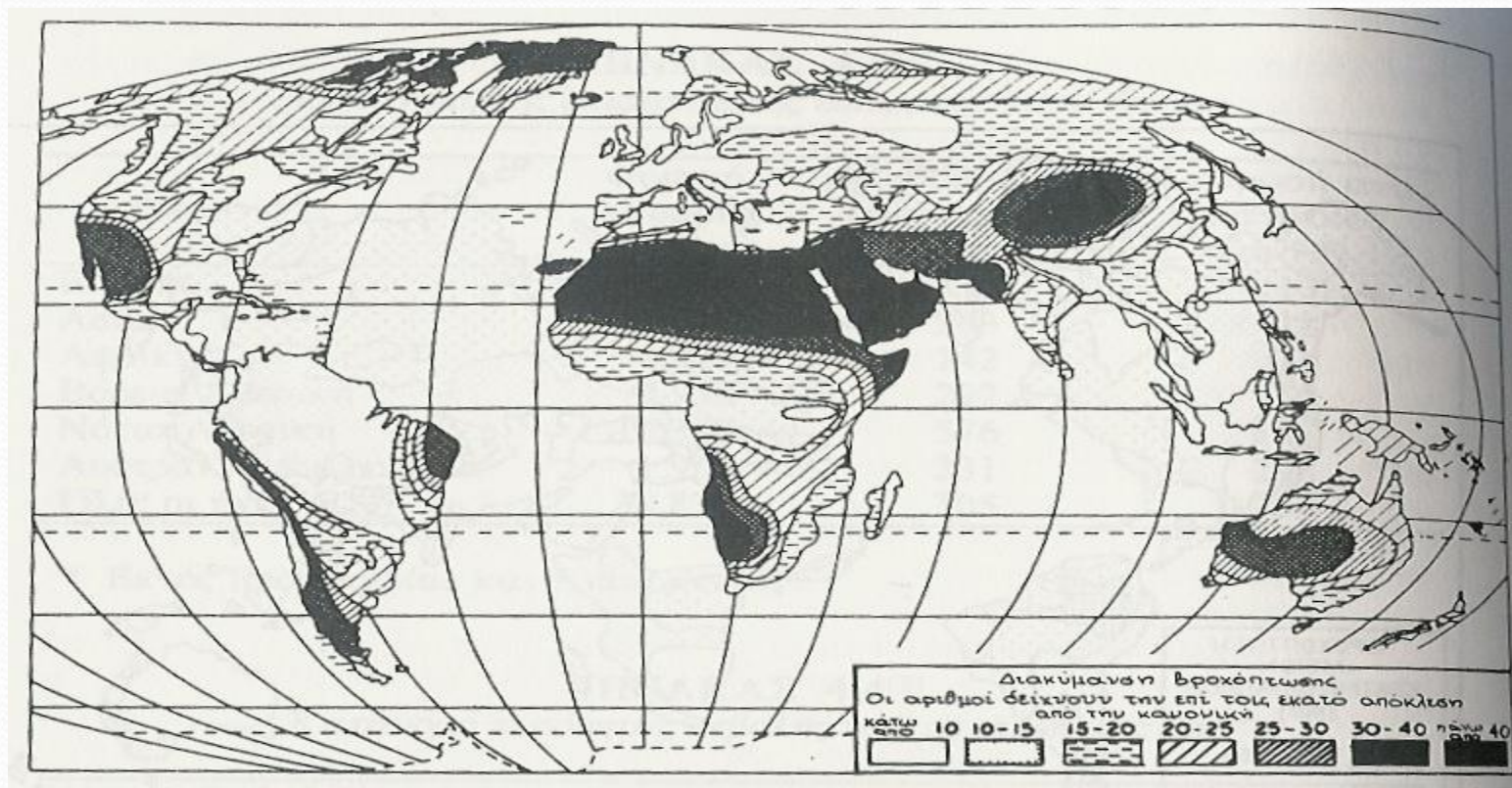
Ανομοιόμορφη χωρική κατανομή κατακρημνίσεων

Χωρική Κατανομή Κατακρημνίσεων



Ανομοιόμορφη χωρική κατανομή κατακρημνίσεων

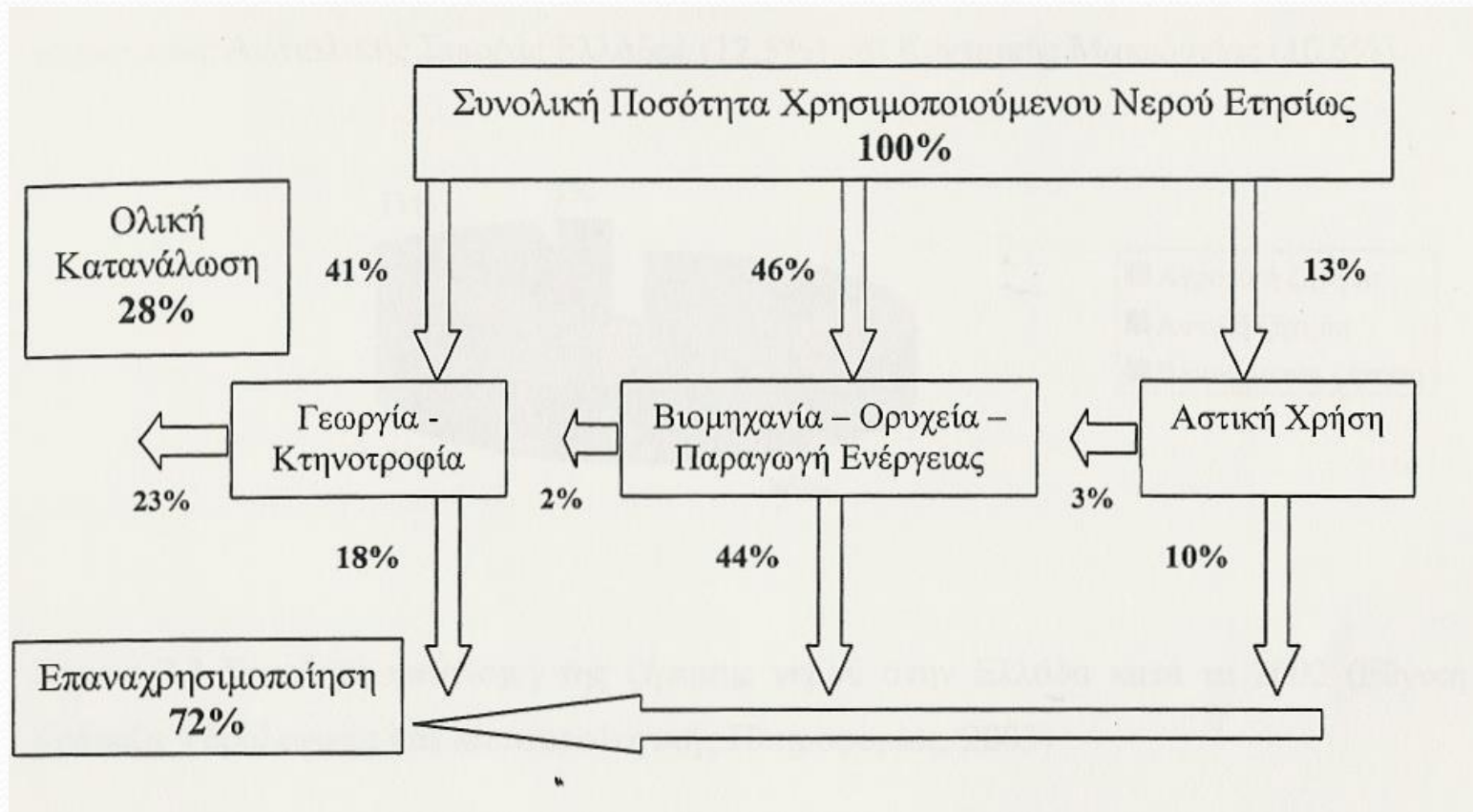
Χρονική Κατανομή Κατακρημνίσεων



Ανομοιόμορφη χρονική κατανομή κατακρημνίσεων

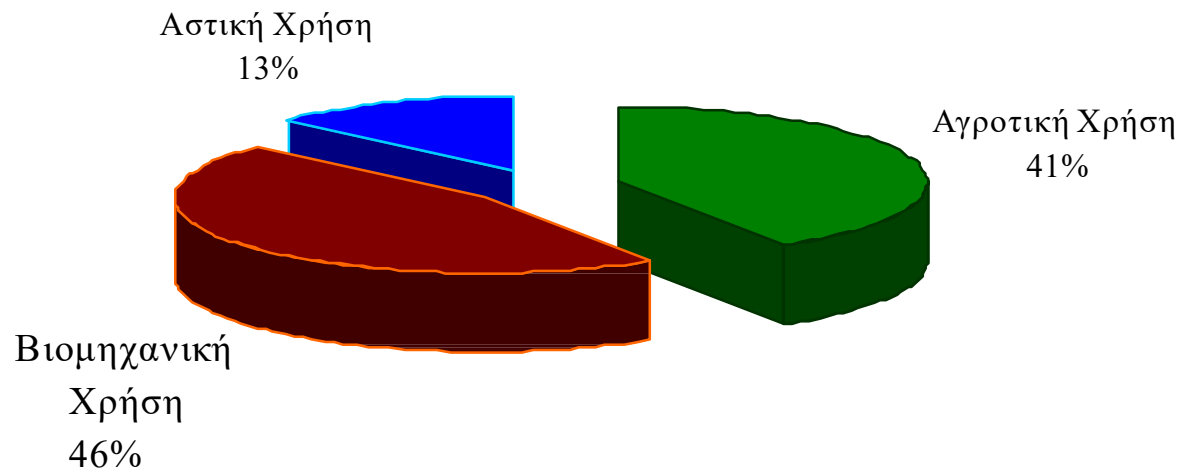
Υδρολογικός Κύκλος

Κατανομή Νερού σε Διάφορες Δραστηριότητες στις ΗΠΑ



Υδρολογικός Κύκλος

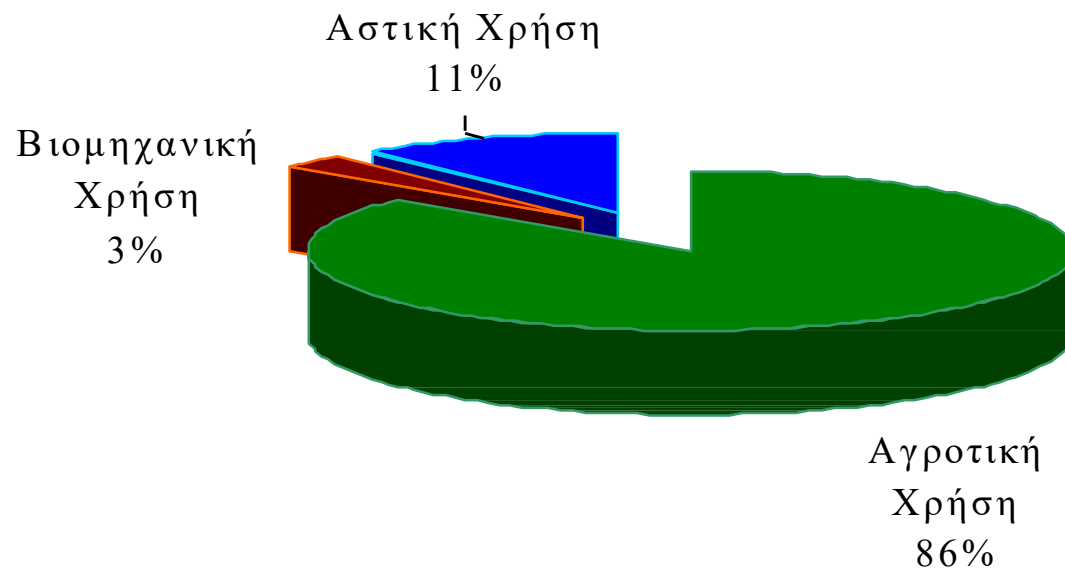
Κατανομή Νερού σε Διάφορες Δραστηριότητες



ΗΠΑ

Υδρολογικός Κύκλος

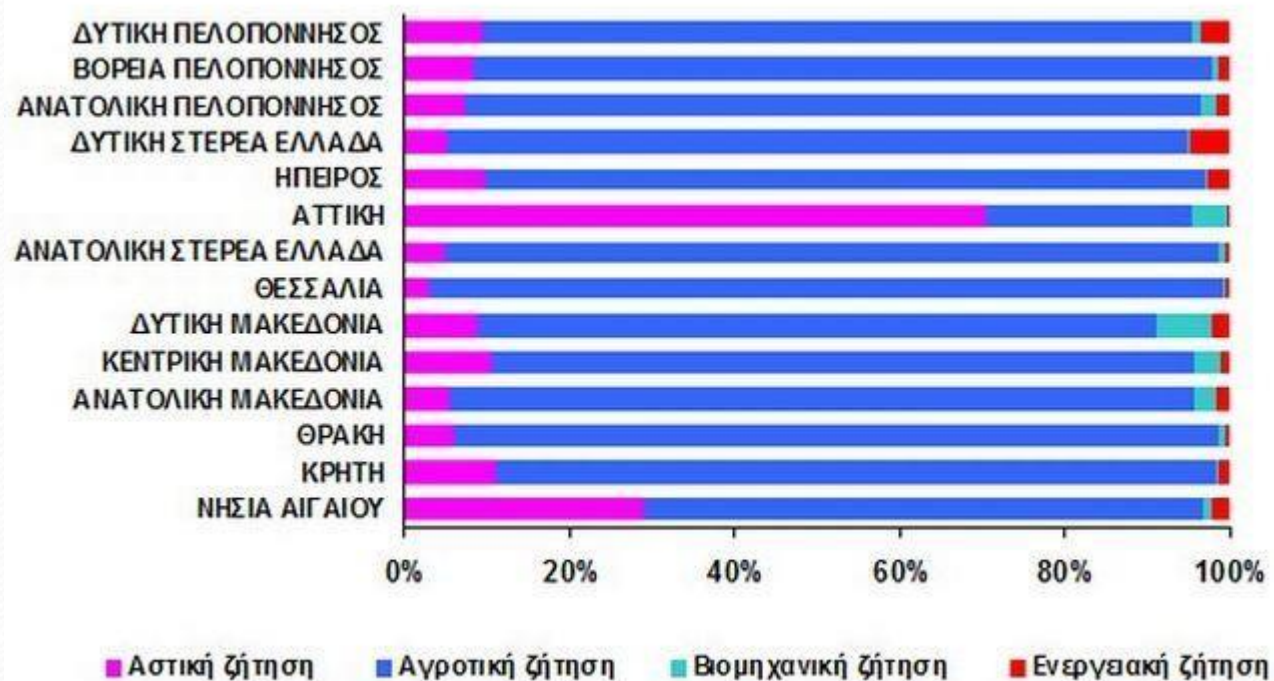
Ζήτηση Νερού σε Διάφορες Δραστηριότητες



Ελλάδα

Υδρολογικός Κύκλος

Ζήτηση Νερού σε Διάφορες Δραστηριότητες (ανά περιφέρεια)



Πηγές Νερού

- Ποτάμια
- Λίμνες – Ταμιευτήρες
- Υπόγειοι Υδροφορείς

Επιλογή Πηγής

- Επάρκεια νερού
- Εγγύτητα στον καταναλωτή
- Ποιότητα νερού

Κατηγορίες Ρύπων

- Παθογόνοι Μικροοργανισμοί
- Οργανικές Ενώσεις
- Θρεπτικά
- Άλατα
- Βαρέα Μέταλλα
- Συνθετικές Οργανικές Ενώσεις

Παθογόνοι Μικροοργανισμοί

- Παρουσία σε ανθρώπινες και ζωικές εκκρίσεις
 - Υπεύθυνοι για μολυσματικές ασθένειες
 - Βακτήρια → χολέρα, βακτηριακή δυσεντερία, τυφοειδή πυρετό
 - Ιοί → ηπατίτιδα, πολυμυελίτιδα
 - Πρωτόζωα → αμοιβική δυσεντερία, λαμβλίαση, κρυπτοσποριδίωση
-
- Υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα και κακό αποχετευτικό δίκτυο συμβάλλουν στη γρήγορη μεταφορά επιδημιών
 - Μικροοργανισμοί δείκτες για έλεγχο νερού (ολικά κολοβακτηρίδια)

Χαρακτηριστικά Μικροοργανισμών Δεικτών

- Παρόντες όταν και ο παθογόνος είναι παρόν, απόντες σε καθαρό νερό
- Παρουσία στα περιττώματα σε μεγάλες συγκεντρώσεις
- Αντίδραση στο φυσικό περιβάλλον και στις διεργασίες επεξεργασίας με τρόπο ανάλογο του παθογόνου
- Εύκολη ανίχνευση

Οργανικές Ενώσεις

Πηγές: αστικά απόβλητα, μεταποίηση τροφίμων, κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις

Οργανικό Υλικό + O_2 $\longrightarrow$ CO_2 + H_2O + Νέα Κύτταρα + Λοιπά Προϊόντα (NO_3 , PO_4 ...)

Οργανικό Υλικό $\longrightarrow$ CO_2 + CH_4 + Νέα Κύτταρα + Λοιπά Προϊόντα (H_2S , NH_3 ...)

DO = 8-15 mg/l (εξάρτηση από θερμοκρασία, αλατότητα)

DO_{min} = 5 mg/l (επιβίωση ψαριών)

DO = 0 mg/l (οσμές, ύπαρξη βακτηρίων)

Οργανικές Ενώσεις

BOD, βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο:

ποσό O_2 που απαιτείται από μικροοργανισμούς για αερόβια αποδόμηση οργανικών ενώσεων ($mg\ O_2/l$)

Οργανικές Ενώσεις

COD, χημικά απαιτούμενο οξυγόνο:

ποσό O_2 που απαιτείται για τη χημική οξείδωση οργανικών ενώσεων ($mg\ O_2/l$)

(μικρότερος χρόνος μέτρησης αλλά συνυπολογίζει και μη βιοδιασπάσιμο οργανικό υλικό όπως κυταρίνες, φαινόλες με αποτέλεσμα $COD \geq BOD$)

ThOD, θεωρητικά απαιτούμενο οξυγόνο:

ποσό O_2 που απαιτείται για την πλήρη οξείδωση οργανικών ενώσεων βάση της στοιχειομετρικής αντίδρασης ($mg\ O_2/l$)

Προσδιορισμός BOD₅

BOD₅: ποσό O₂ που καταναλώνεται από μικροοργανισμούς τις πρώτες 5 ημέρες της βιοαποδόμησης (25-95% BOD_u)

Τρόπος Μέτρησης

Σε **πωματισμένη σκουρόχρωμη** φιάλη μέτρηση του DO στην αρχή (t=0 ημέρες) και τέλος του πειράματος (t=5 ημέρες) (θ = 20 °C)

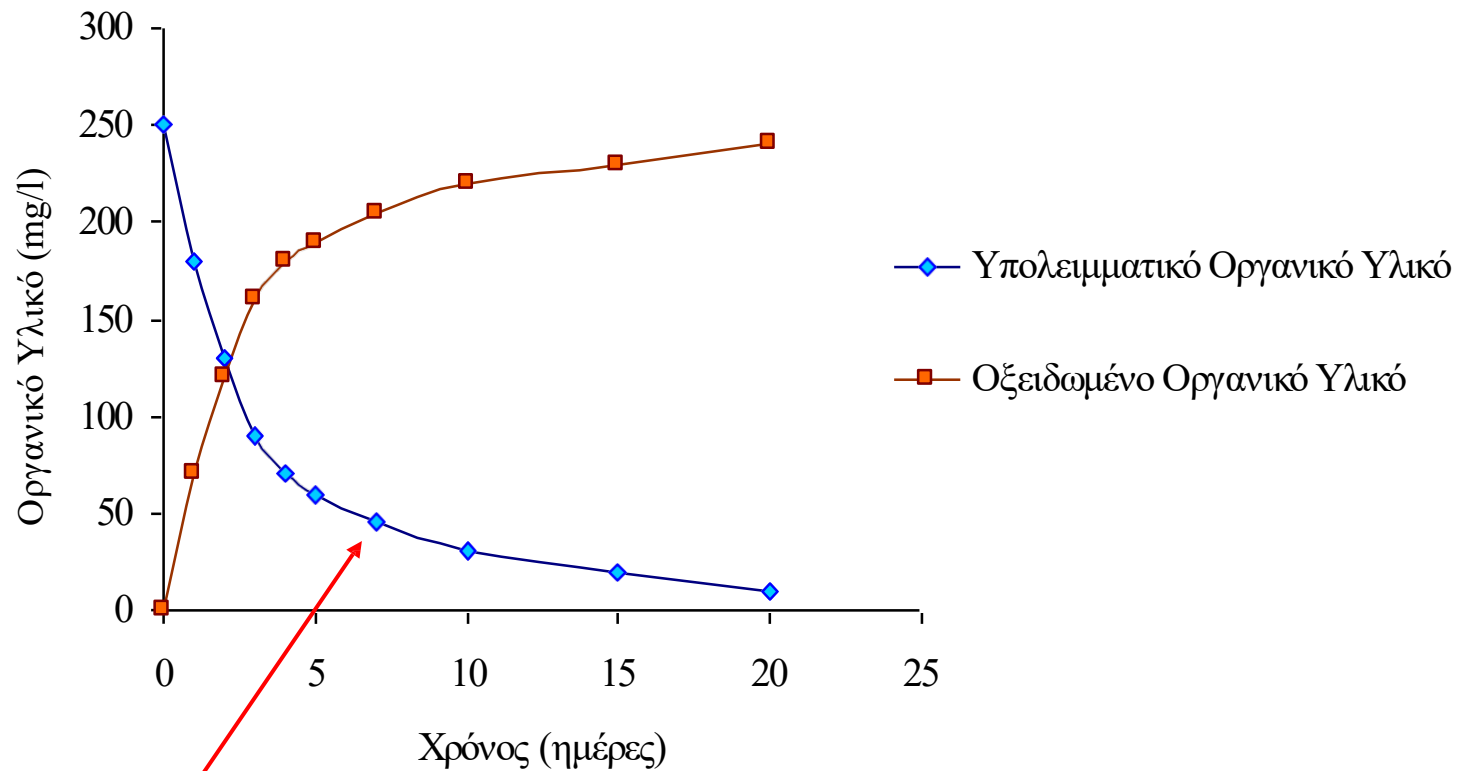
$$\text{BOD}_5 = \text{DO}_{(t=0)} - \text{DO}_{(t=5)}$$

$$\text{DO}_{(t=5)} > 2 \text{ mg/l}$$

$$\text{DO}_{(t=0)} - \text{DO}_{(t=5)} \geq 2 \text{ mg/l}$$

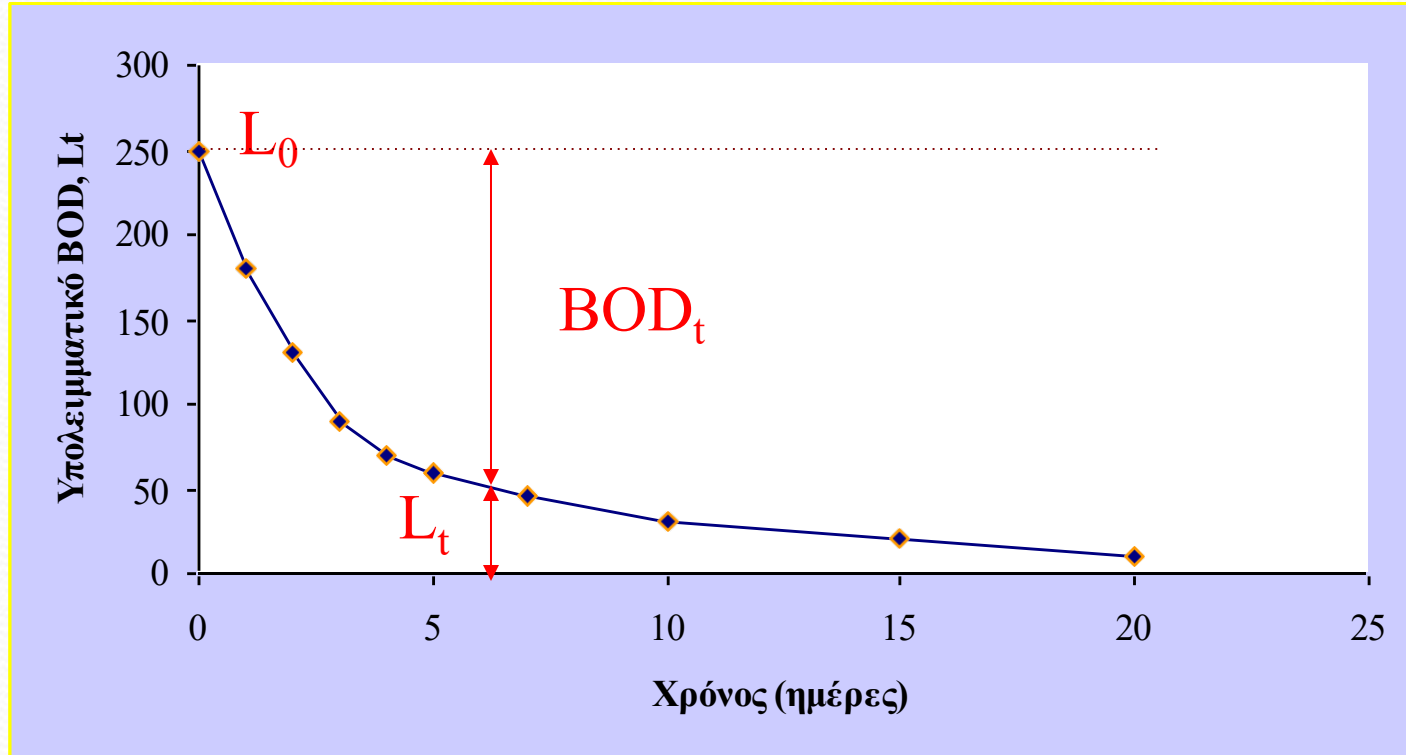
Απαίτηση Αραίωσης Δείγματος

Προσδιορισμός BOD₅



Υπολειμματικό BOD

BOD



$$\frac{dL_t}{dt} = -kL_t \quad \Rightarrow \quad L_t = L_0 e^{-kt}$$

Προσδιορισμός BOD₅

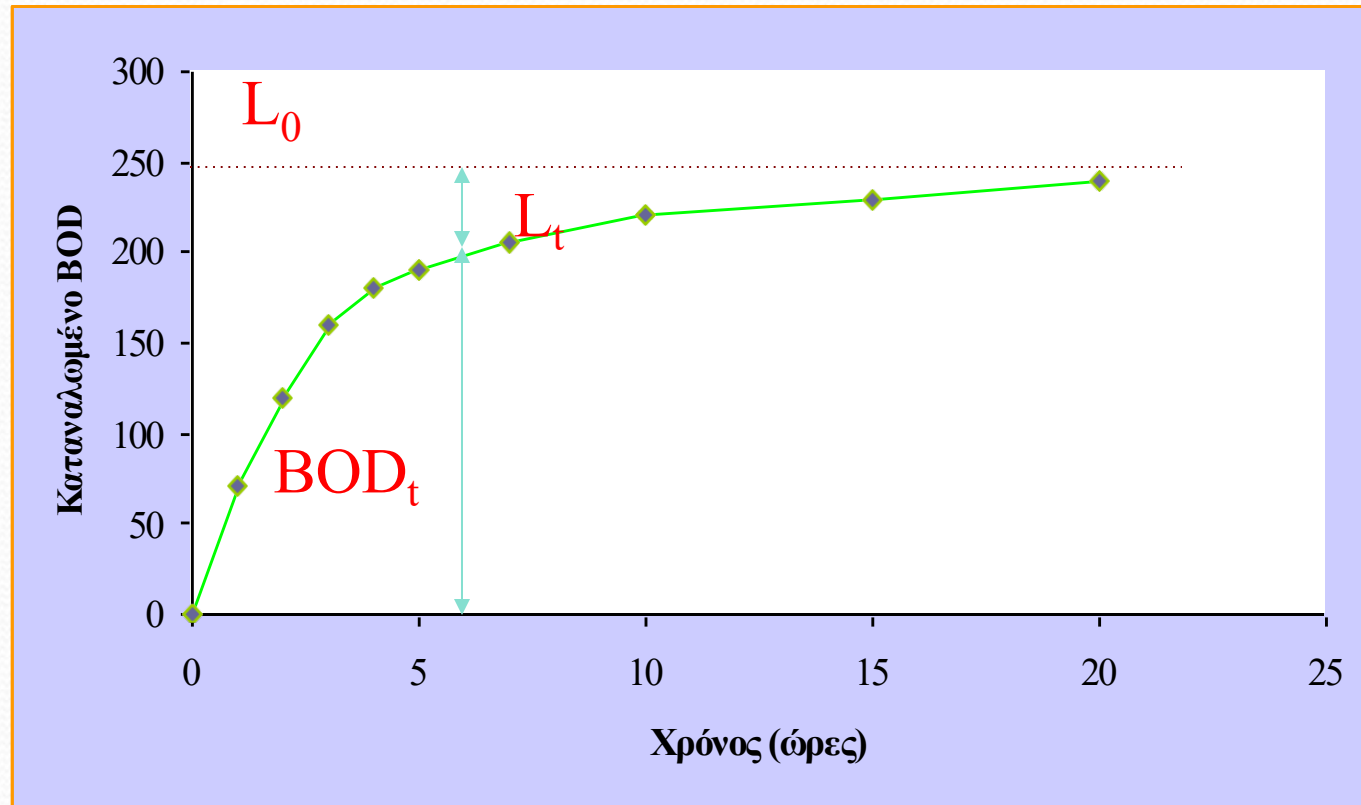
$$L_t = L_0 e^{-kt}$$

k = σταθερά αντίδρασης BOD, υποδεικνύει την ταχύτητα βιοαποδόμησης των αποβλήτων (t^{-1})

L_0 = ολική απαίτηση O_2 για οξείδωση του συνόλου του οργανικού υλικού (mg/l) (BOD_u)

L_t = απαίτηση O_2 για οξείδωση οργανικού υλικού που παραμένει στη φιάλη μετά από χρόνο t (BOD που παραμένει στη φιάλη)

Προσδιορισμός BOD_5



Προσδιορισμός BOD₅

$$\begin{array}{l} L_0 = \text{BOD}_t + L_t \\ L_t = L_0 e^{-kt} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \\ \end{array} \right. \text{BOD}_t = L_0(1 - e^{-kt})$$

Παράδειγμα 3.1

Σταθερά αντίδρασης BOD₅, k

Εξάρτηση k από:

- Φύση αποβλήτων (εύκολα βιοδιασπάσιμα => υψηλό k)
- Ικανότητα μικροοργανισμών να αποδομούν απόβλητα
- Θερμοκρασία

$$k_T = k_{20} \theta^{(T-20)}$$

Όπου : $\theta = 1,047$

Παράδειγμα

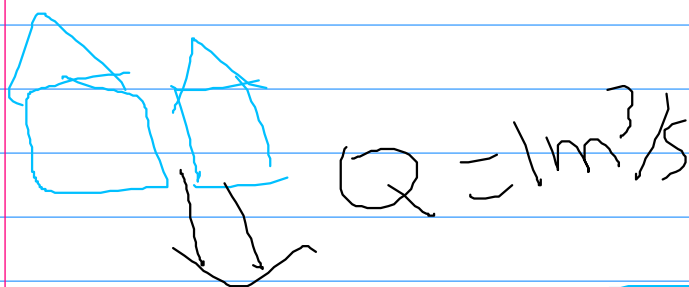
1. Απόβλητα που ρίχνονται σε έναν ποταμό έχουν θερμοκρασία 10°C . Τι μέρος της μέγιστης απαίτησης σε οξυγόνο θα καταναλωθεί σε διάστημα 4 ημερών, αν η σταθερά αντίδρασης για το BOD στους 20°C ισούται με 0.115 d^{-1} .

$$T = 10^{\circ}\text{C}$$

$$k_{10} = 0.115 \cdot 1.047^{(10-20)} = 0.07$$

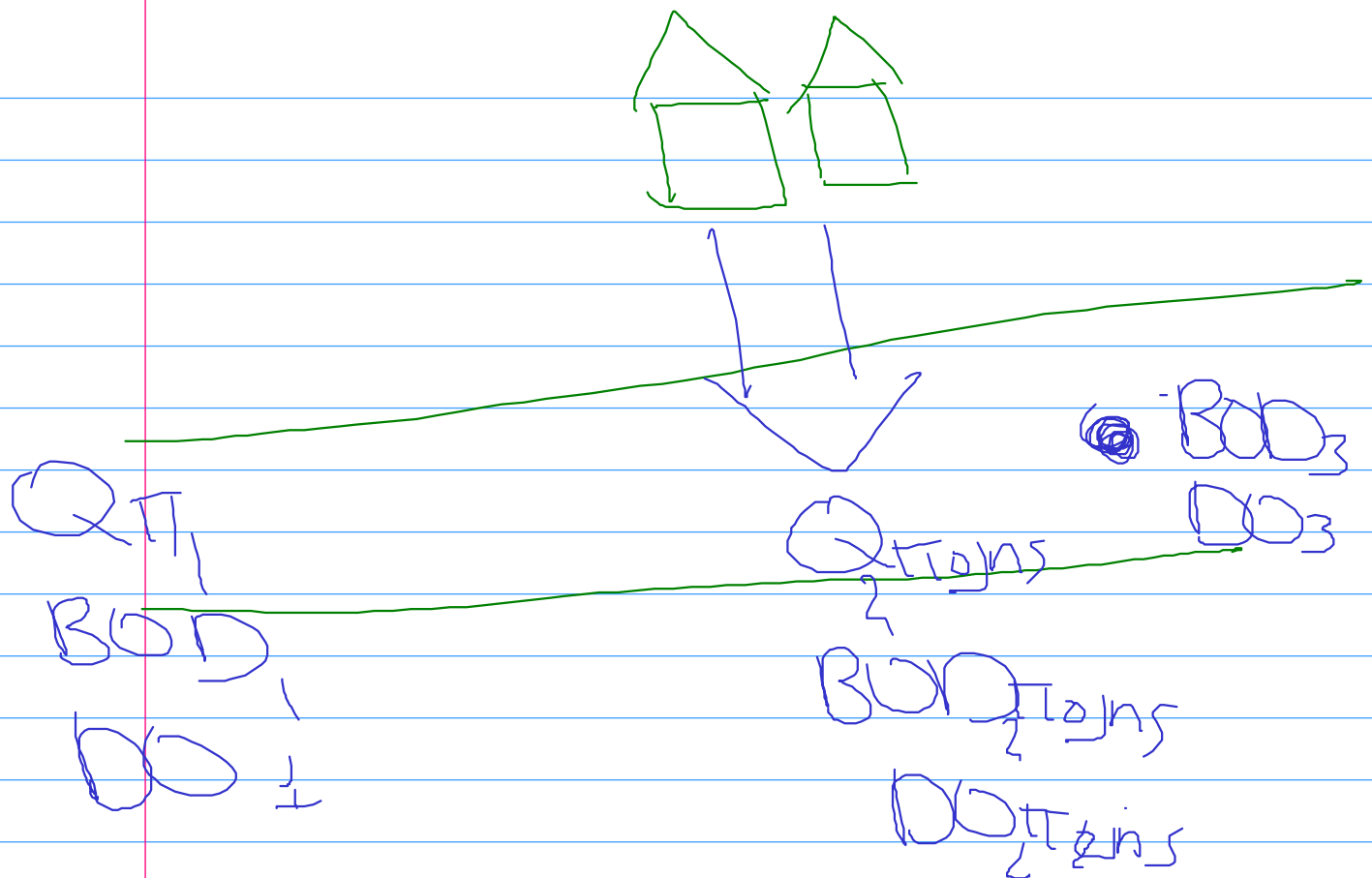
2. Μια πόλη 200.000 ανθρώπων απορρίπτει λύματα παροχής $1\text{ m}^3/\text{sec}$ με συγκέντρωση BOD ίση με 28.0 mg/L και DO 1.8 mg/L σε ένα ποτάμι με παροχή $7.1\text{ m}^3/\text{s}$ και ταχύτητα ροής 0.37 m/s . Ακριβώς πριν το σημείο απόρριψης, ο ποταμός έχει BOD ίσο με 3.6 mg/L και DO ίσο με 7.6 mg/L . Η τιμή κορεσμού του DO είναι 8.5 mg/L . Ο συντελεστής αποξυγόνωσης k_d είναι $0.61/\text{ημέρα}$ και ο συντελεστής φυσικού επαναερισμού k_r είναι $0.76/\text{ημέρα}$. Υποθέστε πλήρη και στιγμιαία ανάμιξη των λυμάτων με τα νερά του ποταμού.

(α) Βρείτε το αρχικό έλλειμμα οξυγόνου και την ολική τιμή BOD ακριβώς κατάντη του σημείου απόρριψης, (β) Βρείτε το χρόνο και την απόσταση μέχρι επίτευξης ελάχιστου DO, (γ) Βρείτε το ελάχιστο DO.



$$Q = 7.1\text{ m}^3/\text{s}$$

$$BOD = 3.6 \quad DO = 7.6$$



$$\Sigma_{in} = \Sigma_{out}$$

BOD

$$Q_{in} C_{in} = Q_{out} C_{out}$$

$$Q_1 \cdot BOD_1 + Q_2 \cdot BOD_2 = Q_3 \cdot BOD_3$$

$$\frac{7 \text{ l m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{3,6 \text{ mg}}{\text{L}} + \frac{1 \text{ m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{28 \text{ mg}}{\text{L}} = \frac{8,1 \text{ m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{?}{\text{L}}$$

$$BOD_3 = 25,56 \frac{mg}{L} + 28 \frac{mg}{L}$$

8,1

$$BOD_3 = 6,61 \frac{mg}{L}$$

$$Q_{in} C_{in} = Q_{out} C_{out}$$

$$Q_1 D_1 + Q_2 D_2 = Q_3 D_3$$

$$7,1 \cdot 7,6 + 1 \cdot 1,8 = (7,1 + 1) D_3$$

$$\Rightarrow D_3 = 6,88 \frac{mg}{L}$$

Θρεπτικά (C, N, P, S, Ca, K)

Υψηλή συγκέντρωση θρεπτικών



Υπερανάπτυξη αλγών

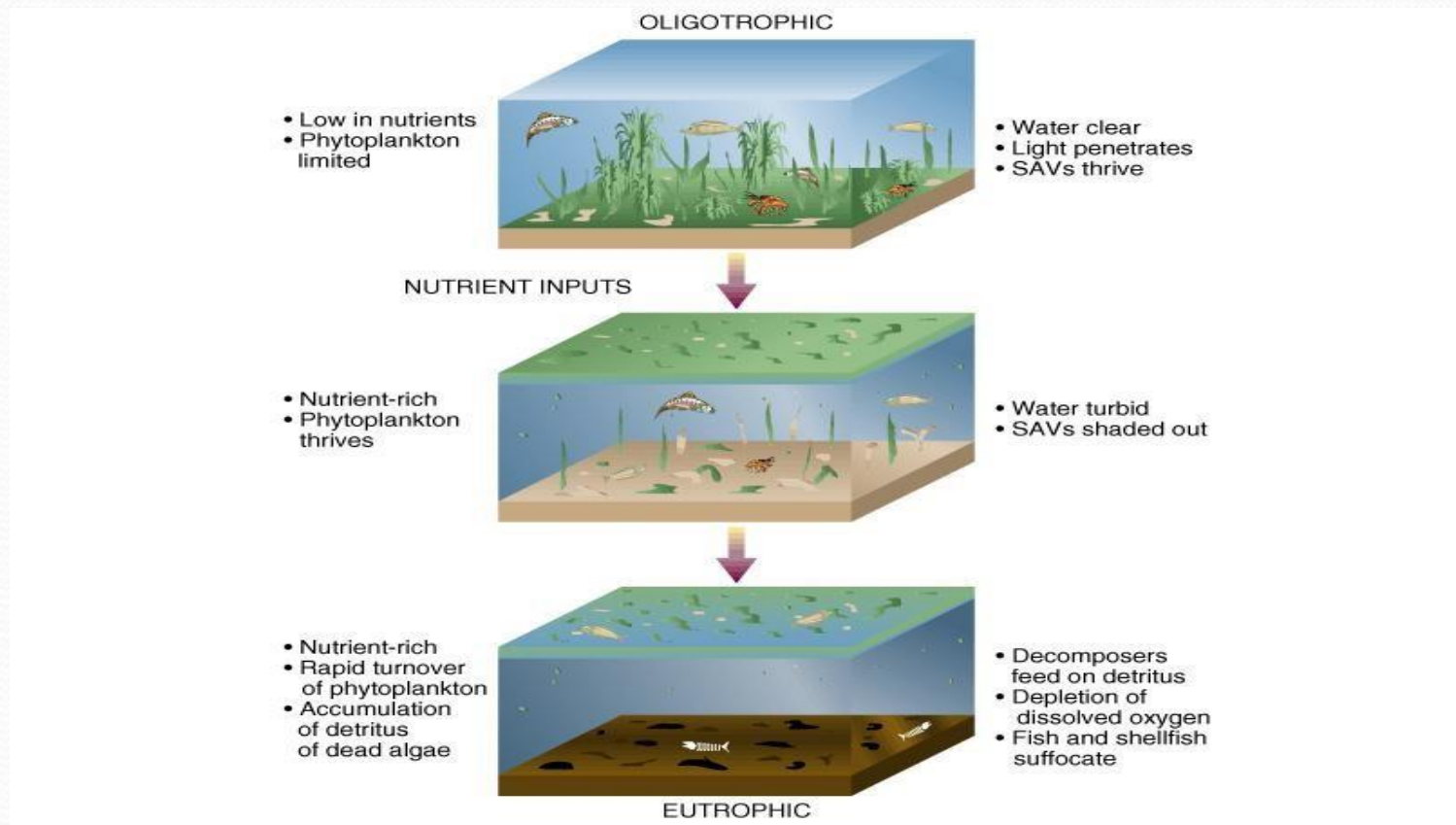


Μείωση DO κατά την αποσύνθεση αλγών



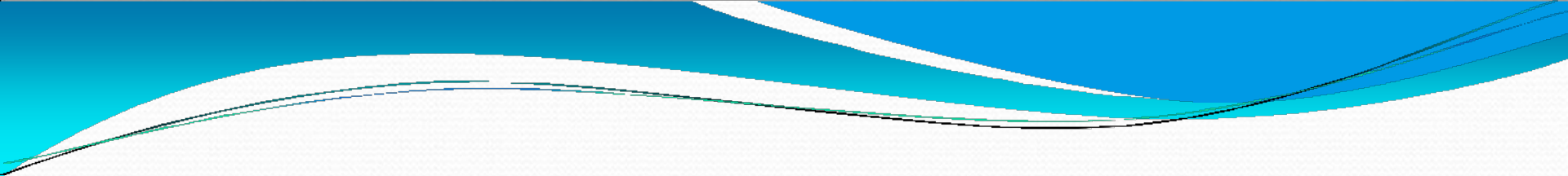
Χρωματισμός νερού, οσμές, ανεπάρκεια DO για άλλους οργανισμούς
(ευτροφισμός)

Μετατροπή Ολιγοτροφικού Υδάτινου Σώματος σε Ευτροφικό



Φυτοπλαγκτόν: φωτοσυνθετικοί μικροοργανισμοί που αιωρούνται στο υδάτινο σώμα

SAV: Submerged Aquatic Vegetation



Ευτροφισμός: φυσική διεργασία που επιταχύνεται από ανθρώπινες δραστηριότητες

Σημαντικότερα θρεπτικά : C, N, P

Περιοριστικός παράγοντας: στοιχείο που είναι λιγότερο διαθέσιμο σε σχέση με τις ανάγκες οργανισμού



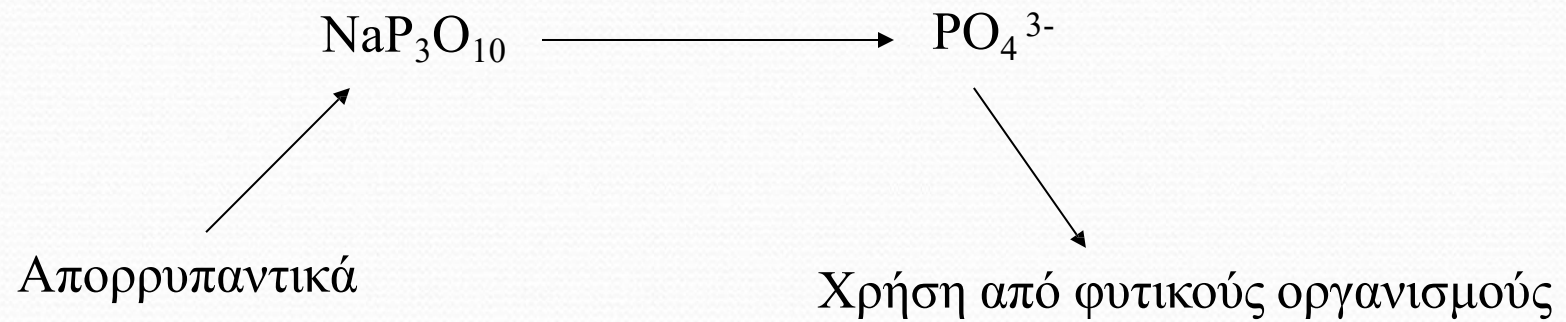
Έλεγχος υπερανάπτυξης αλγών => περιορισμός θρεπτικού που αποτελεί τον περιοριστικό παράγοντα

$$N/P = 10$$

$N/P > 10 \Rightarrow$ περιοριστικός παράγοντας P

$N/P < 10 \Rightarrow$ περιοριστικός παράγοντας N

P (απορρυπαντικά, λιπάσματα...)



Άλατα

Πηγές: διάβρωση εδαφών, αστικές-βιομηχανικές απορροές

Προσδιορισμός Αλατότητας: Ολικά Διαλυμένα Στερεά (Total Dissolved Solids, TDS)

$\text{TDS} < 1500 \text{ mg/l}$ (επιφανειακά νερά)

$\text{TDS} < 5000 \text{ mg/l}$ (υφάλμυρα νερά)

$\text{TDS} = 30000 - 34000 \text{ mg/l}$ (θαλασσινό νερό)

Άλατα

Εντατική Άρδευση => υφαλμύρωση εδαφών

υφαλμύρωση νερού κατάντη

Η περίπτωση του Rio Grande.....

Σημείο	Παροχή ($10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$)	TDS (mg/l)
Otowi Bridge	1,33	221
Caballo Dam	0,96	515
El Paso	0,65	787
Fort Quitman	0,25	1691

Βαρέα Μέταλλα

Βαρέα Μέταλλα: Στοιχεία με ειδικό βάρος $\geq 5 \text{ g/cm}^3$ (Cd, Hg, Cu, Pb, Cr, Ni....)

Πηγές Βαρέων Μετάλλων: βιομηχανικές δραστηριότητες, ανθρώπινες εκκρίσεις, χρήση απορρυπαντικών, εμπορικές δραστηριότητες

Hg → διαταραχές στο νευρικό σύστημα (περίπτωση Νεύτωνα....)

Pb → διαταραχές στον εγκέφαλο (περίπτωση Ρώμης....)

Μη βιοδιασπάσιμες ουσίες

Βαρέα Μέταλλα

Διαφοροποίηση τοξικότητας ανάλογα με:

Είδος Μετάλλου (Cd, Pb, AsFe, Mg, Al)

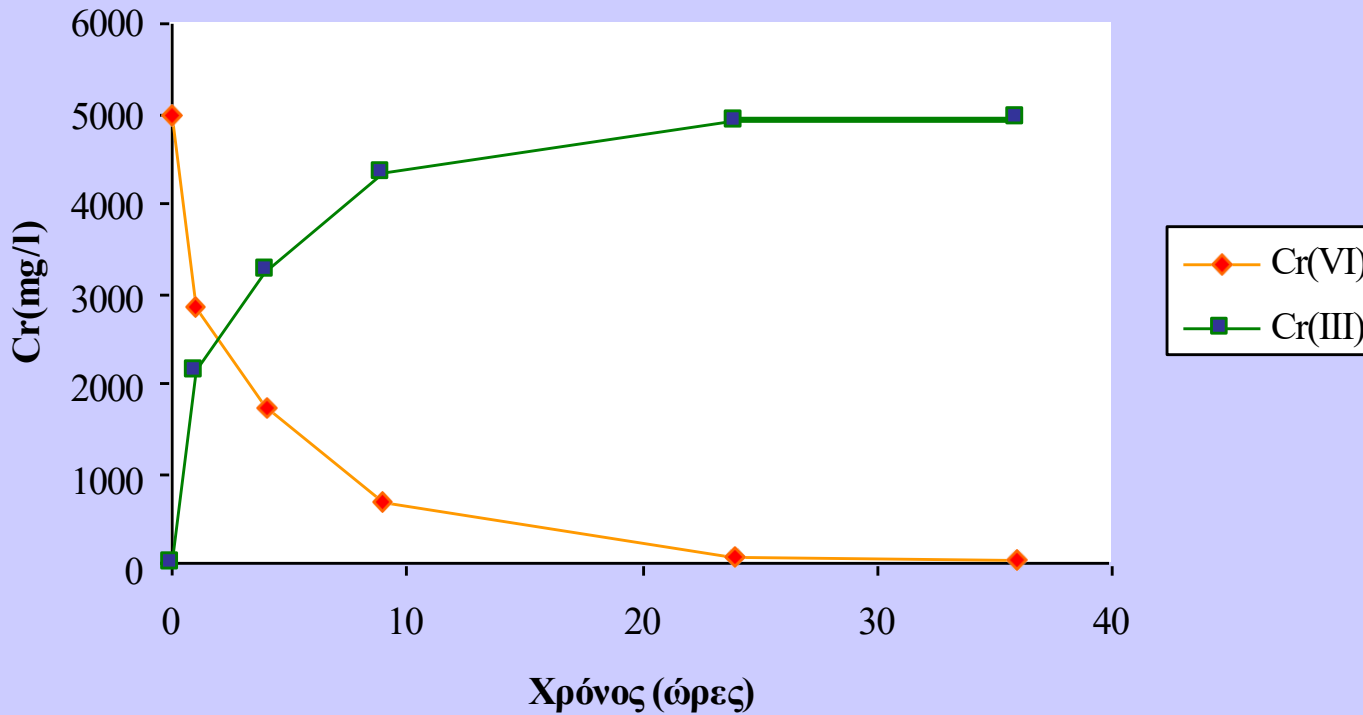
Χημική Μορφή που είναι διαθέσιμα ((Cr(III) – Cr(VI), υγρός Hg – αέριος Hg)

K _i (mg/l)			
As(III)	As(V)	Hg(II)	CH ₃ Hg
6,1	81	120	1,2

K_i = συγκέντρωση ουσίας που προκαλεί 50% αναχαίτιση στην ταχύτητα αναπνοής μικροοργανισμών

Βαρέα Μέταλλα

Δυνατότητα αλλαγής χημικού είδους με μικροβιακή δράση



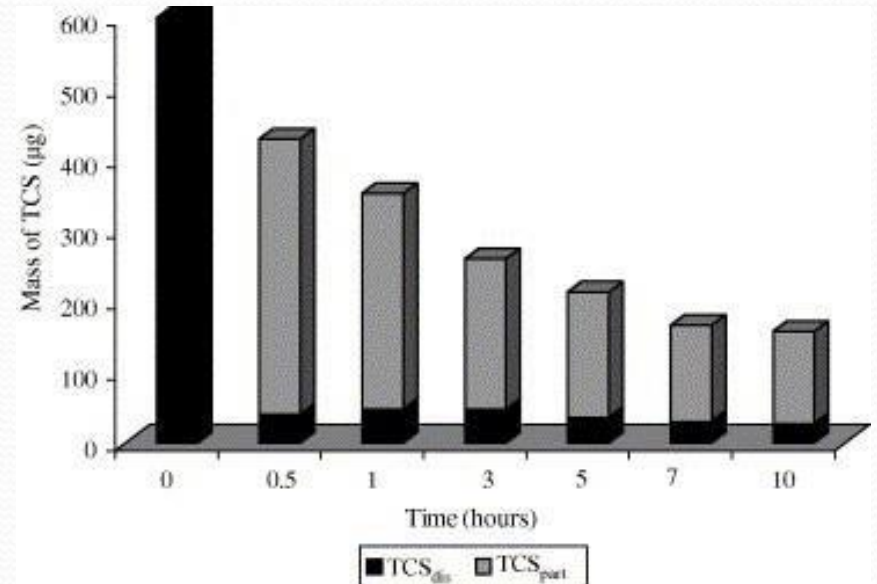
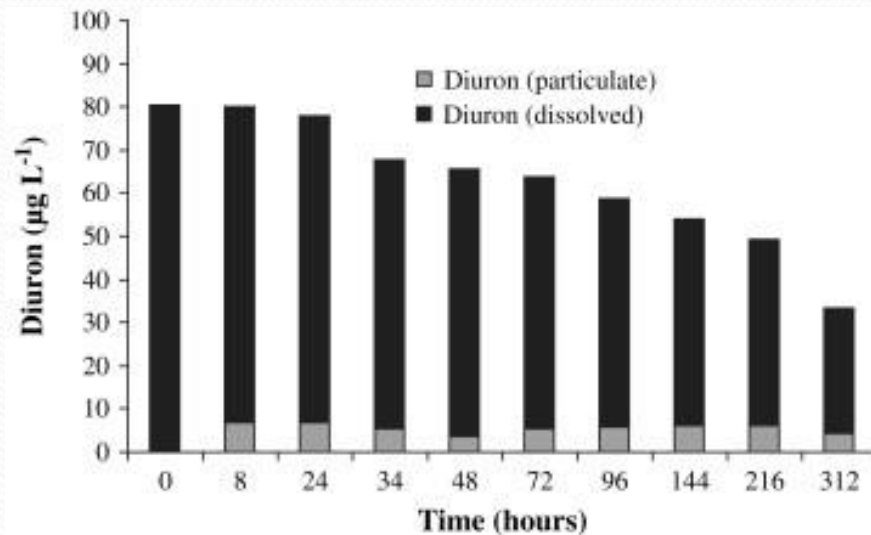
Cr(VI) :
καρκινογόνο,
μεταλλαξιογόνο

Cr(III) : χαμηλή
τοξικότητα

Συνθετικές Οργανικές Ενώσεις

Φυτοφάρμακα, διαλύτες, χρώματα, φαρμακευτικές ενώσεις,

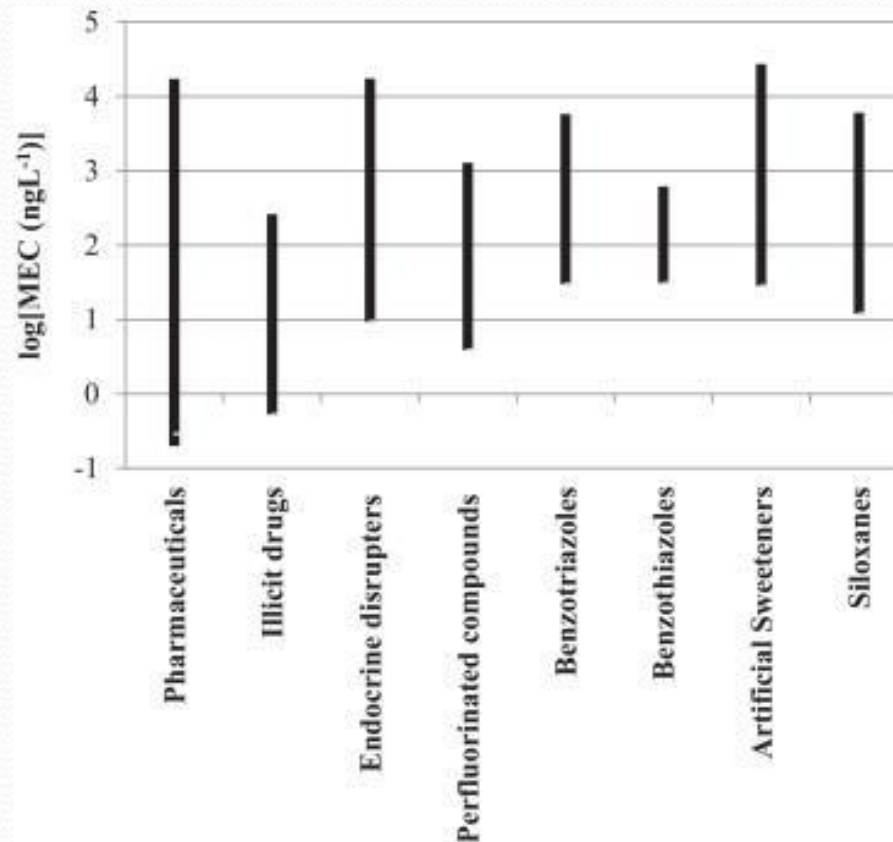
Μηδενική ή Αργή βιοαποδόμηση



Stasinakis et al. (2009) Water Research, 43, 1471-1479

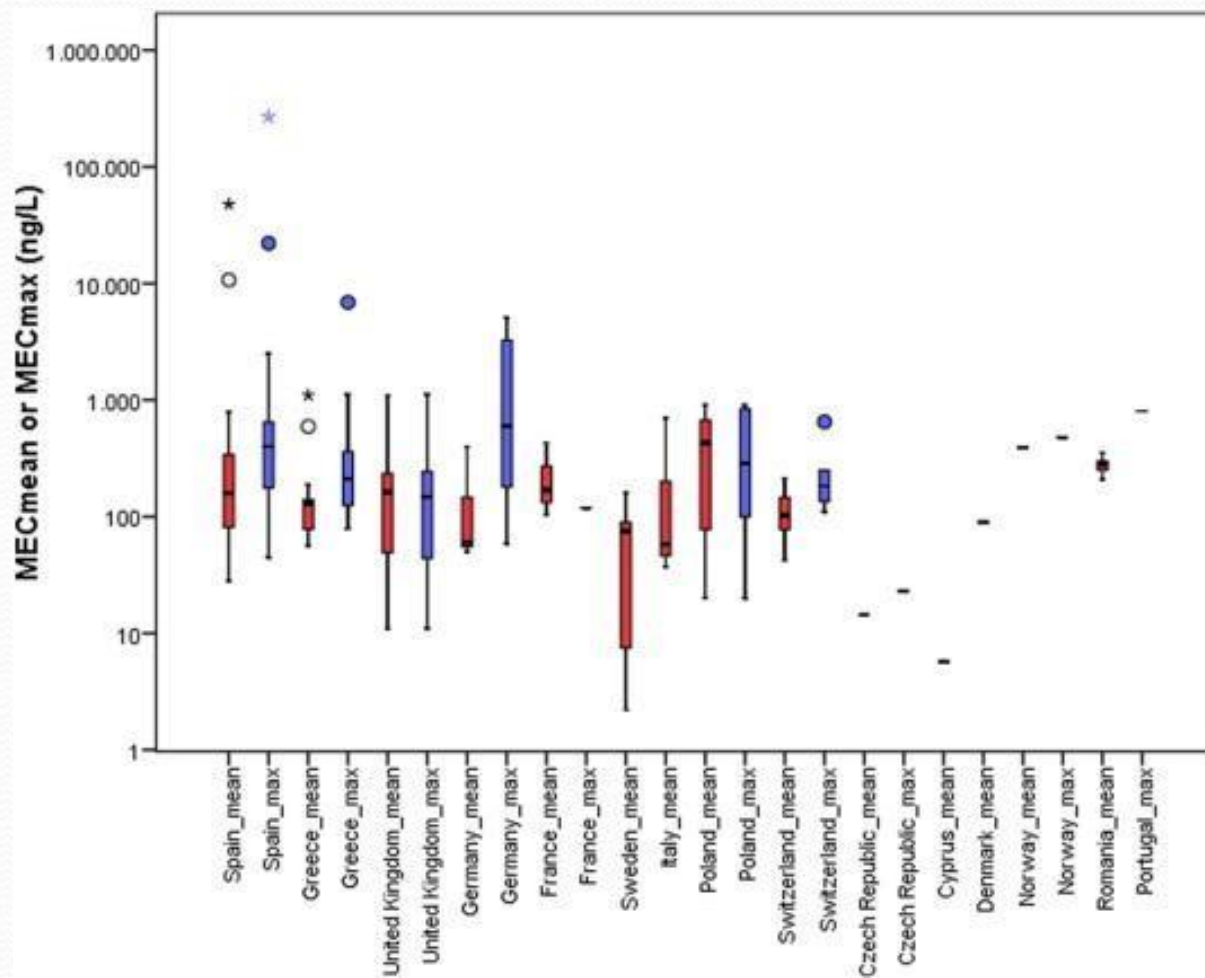
Stasinakis et al. (2007) Chemosphere, 68, 375-381

Συνθετικές Οργανικές Ενώσεις στα Λύματα (Ελλάδα)



Thomaidi et al. (2015) Journal of Hazardous Materials, 283, 740-747

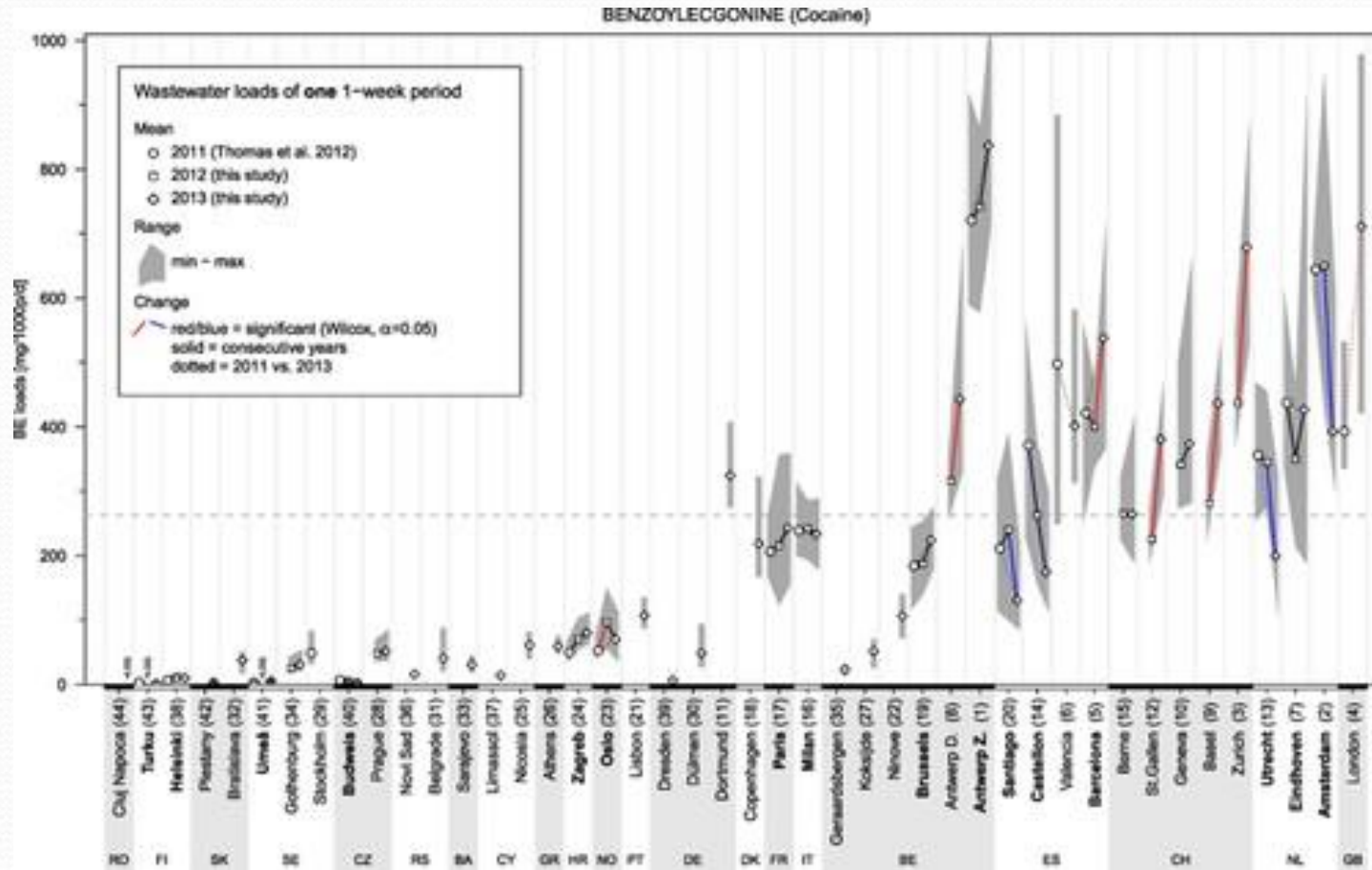
Triclosan στα Λύματα (ΕΕ)



Thomaidi et al. (2017) Science of the Total Environment , 603-604, 487-494

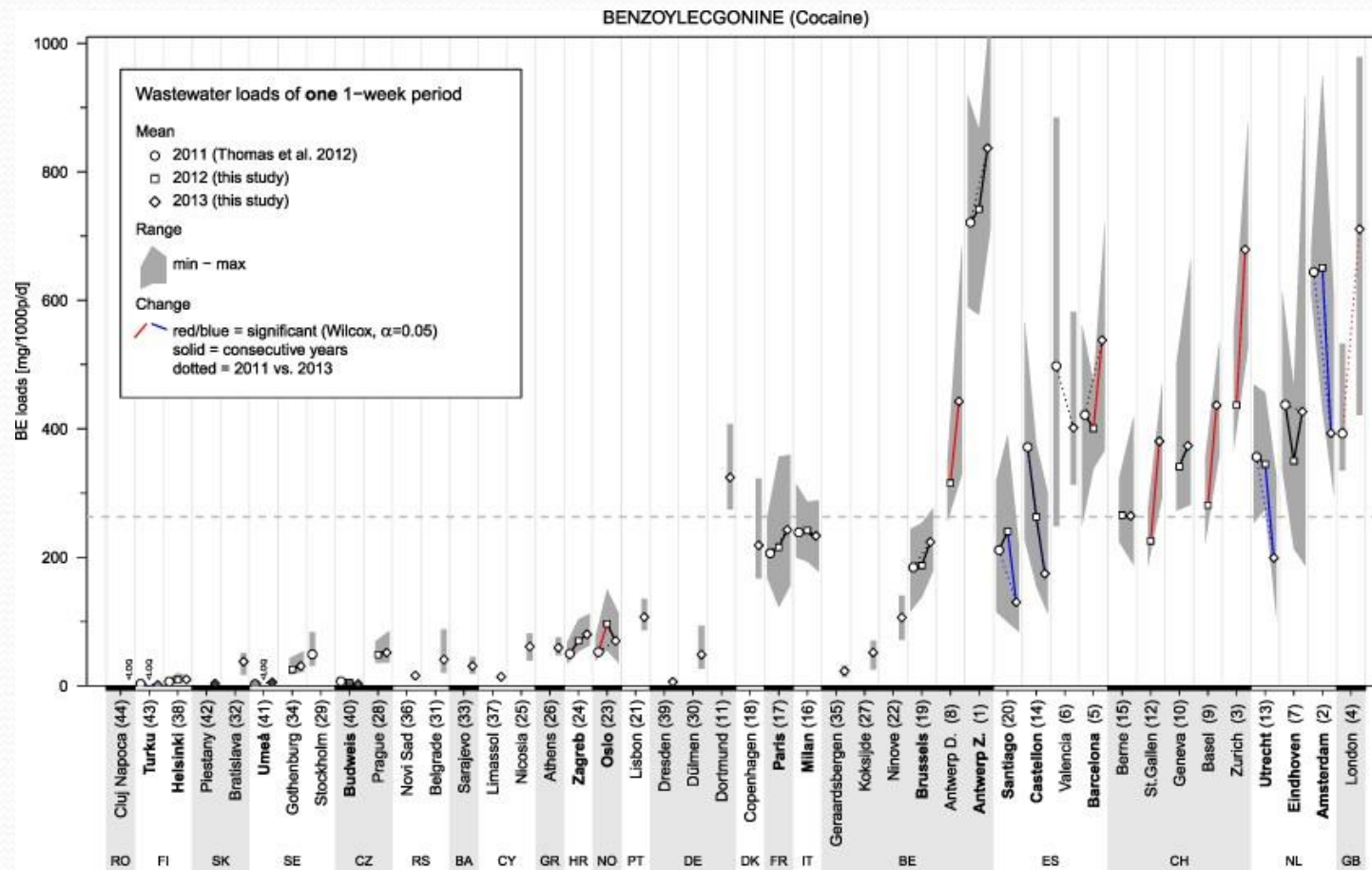
Συνθετικές Οργανικές Ενώσεις

Ναρκωτικά (Ευρώπη)



Συνθετικές Οργανικές Ενώσεις

Ναρκωτικά (Ευρώπη)



Συνθετικές Οργανικές Ενώσεις

Φυτοφάρμακα

Συνθετικές Οργανικές Ενώσεις για θανάτωση εντόμων, ζιζανίων, μυκήτων

Οργανοχλωριωμένα (DDT, Aldrin, Dieldrin, Endosulfan...)

Μεγάλος χρόνος διάσπασης, συσσώρευση σε λιπώδεις ιστούς

Συσσώρευση σε οργανισμούς ανώτερων βαθμίδων τροφικής αλυσίδας

Οργανοφωσφορικά (Parathion, Malathion, Diazinon)

Γρηγορότερη διάσπαση, υψηλότερη οξεία τοξικότητα

Καρβαμιδικά (προερχόμενα από καρβαμιδικό οξύ)

Μικρός χρόνος παραμονής, υψηλή οξεία τοξικότητα

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό Επίδραση στο DO

$DO < 4-5$ $\longrightarrow$ μείωση των μορφών ζωής που μπορούν να επιβιώσουν

$DO \sim 0$ $\longrightarrow$ εξαφάνιση περισσότερων ειδών, εμφάνιση οσμών, αφρών

Μηχανισμοί που επιδρούν στη συγκέντρωση DO

- Αποδόμηση οργανικών ενώσεων από μικροοργανισμούς (αποξυγόνωση)
- Επαναερισμός στη διεπιφάνεια ποταμού – ατμόσφαιρας (αναπλήρωση DO)

Παραδοχές

- Συνεχής διάθεση αποβλήτων στη συγκεκριμένη θέση
- Πλήρης μίξη νερού - αποβλήτων

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Αποδόμηση Οργανικών Ενώσεων

$$\text{Ταχύτητα Αποξυγόνωσης} = k_d \times L_t$$

Όπου:

k_d = σταθερά ταχύτητας αποξυγόνωσης (ημέρες⁻¹)

L_t = υπολειμματική συγκέντρωση BOD t ημέρες μετά την εισροή λυμάτων στον ποταμό (mg/l)

L_0 = BOD μίγματος αποβλήτων – νερού στο σημείο διάθεσης των αποβλήτων

$k_d = k$ (σταθερά μεταβολής BOD)

$$L_t = L_0 e^{-k_d \times t}$$

Παράδειγμα 3.3

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Επαναερισμός

$$\text{Ταχύτητα Επαναερισμού} = k_r \times D$$

Όπου:

k_r = σταθερά επαναερισμού (ημέρες⁻¹)

D = έλλειμμα οξυγόνου = $(DO_{\text{κορεσμού}} - DO)$ (mg/l)

$DO_{\text{κορεσμού}}$ = συγκέντρωση κορεσμού του DO στη δεδομένη θερμοκρασία (mg/l)

DO = συγκέντρωση DO στη δεδομένη θέση του ποταμού (mg/l)

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Επαναερισμός

$DO_{\text{κορεσμού}}$ εξαρτάται:

- Θερμοκρασία (αύξηση $\theta \Rightarrow$ μείωση $DO_{\text{κορεσμού}}$)
- Ατμοσφαιρική πίεση (αύξηση $P \Rightarrow$ αύξηση $DO_{\text{κορεσμού}}$)
- Αλατότητα (αύξηση αλατότητας $\Rightarrow$ μείωση $DO_{\text{κορεσμού}}$)

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Επαναερισμός

Διαλυτότητα Οξυγόνου στο Νερό (πίεση 1 atm)

Θερμοκρασία (°C)	DO (mg/l)	DO (mg/l)
	[Cl]=0 mg/l	[Cl] = 5000 mg/l
0	14,62	13,73
5	12,77	12,02
10	11,29	10,66
15	10,08	9,54
20	9,1	8,62
25	8,26	7,85
30	7,56	7,19

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Επαναερισμός

k_r εξαρτάται:

- μέση ταχύτητα ροής ποταμού, u (m/s)
- μέσο βάθος ποταμού, H (m)

$$k_r = \frac{(3,9 \times u^{1/2})}{H^{3/2}}$$

στους 20 °C

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Επαναερισμός

	k_r (day ⁻¹)
Λίμνες	0,23-0,35
Ποτάμια με χαμηλή ταχύτητα υγρού	0,35-0,46
Ποτάμια με κανονική ταχύτητα υγρού	0,46-0,69
Ποτάμια με υψηλή ταχύτητα υγρού	0,69-1,15
Καταρράχτες	>1,15

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Επαναερισμός

k_r εξαρτάται:

➤ θερμοκρασία

$$k_{rT} = k_{r20} \theta^{(T-20)}$$

Όπου : $\theta = 1,024$

Παράδειγμα 3.4

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Phelps

Ταχύτητα Αύξησης Ελλείμματος O_2 = Ταχύτητα Αποξυγόνωσης - Ταχύτητα Επαναερισμού

$$\frac{dD}{dt} = (k_d \times L_0 e^{-k_d \times t}) - (k_r \times D) \quad \Rightarrow$$

$$D = \frac{(k_d \times L_0) \times (e^{-k_d \times t} - e^{-k_r \times t})}{(k_r - k_d)} + D_0 e^{-k_r \times t}$$

Όπου:

L_0 = η αρχική συγκέντρωση του οργανικού φορτίου (στο σημείο ρίψης των λυμάτων)

D_0 = το αρχικό έλλειμμα DO (στο σημείο ρίψης των λυμάτων)

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Phelps

$$D = \frac{(k_d \times L_0) \times (e^{-k_d \times t} - e^{-k_r \times t})}{(k_r - k_d)} + D_0 e^{-k_r \times t}$$

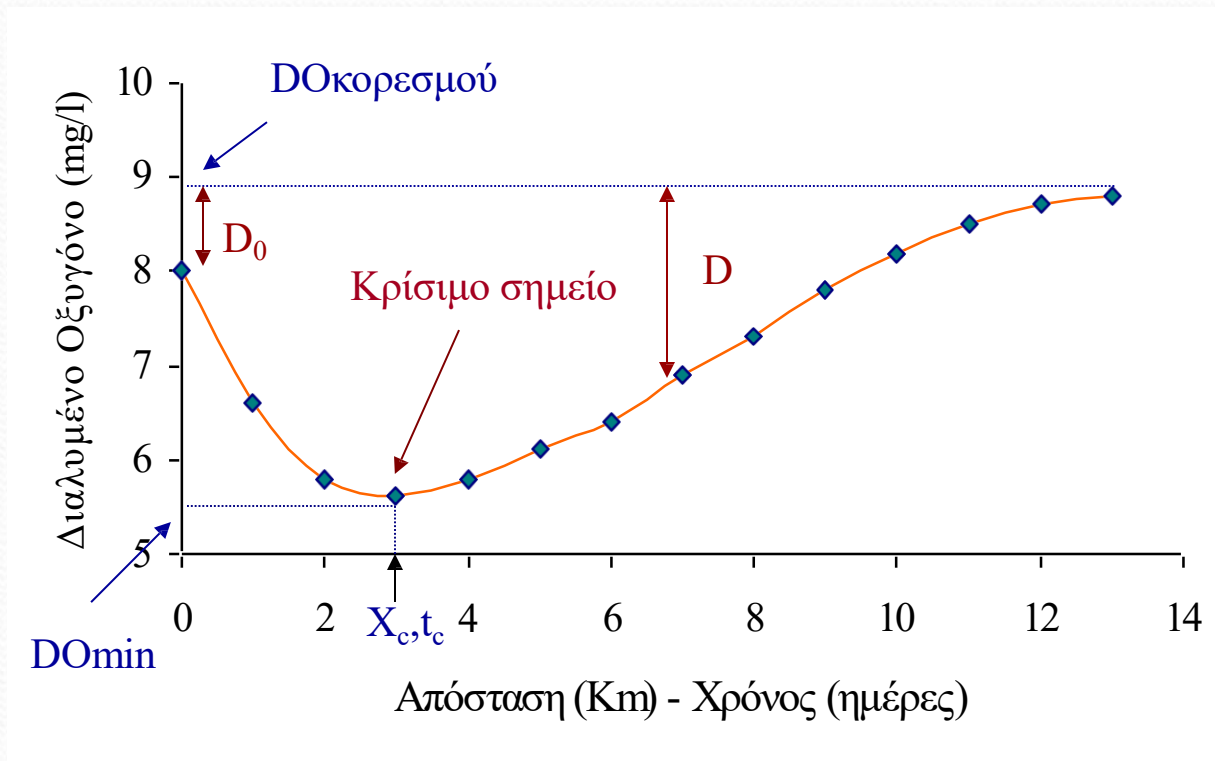
$$D = DO_{\text{κορεσμού}} - DO$$

$$DO = DO_{\text{κορεσμού}} - \left[\frac{(k_d \times L_0) \times (e^{-k_d \times t} - e^{-k_r \times t})}{(k_r - k_d)} + D_0 e^{-k_r \times t} \right]$$

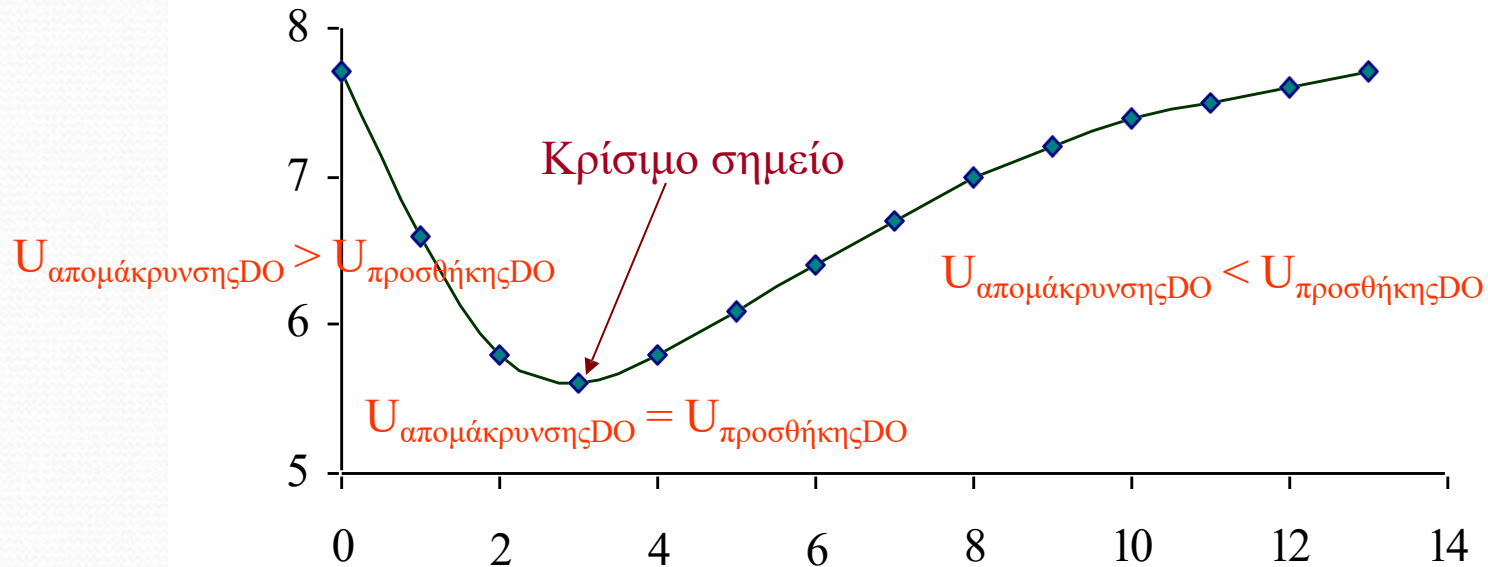
Εξίσωση Streeter-Phelps

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Phelps

$$DO = DO_{\text{κορεσμού}} - \left[\frac{(k_d \times L_0) \times (e^{-k_d \times t} - e^{-k_r \times t})}{(k_r - k_d)} + D_0 e^{-k_r \times t} \right] \quad (1)$$



Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Phelps



Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Phelps

$$t_c = \frac{1}{k_r - k_d} \ln \left\{ \frac{k_r}{k_d} \left[1 - \frac{D_0(k_r - k_d)}{k_d \times L_0} \right] \right\} \quad (2)$$

Όπου:

t_c = κρίσιμος χρόνος (απαιτούμενος χρόνος ώστε $DO = DO_{\min}$)

Από (1), (2)

$$DO_{\min} = DO_{\text{κορεσμού}} - \left[\frac{(k_d \times L_0) \times (e^{-k_d \times t_c} - e^{-k_r \times t_c})}{(k_r - k_d)} + D_0 e^{-k_r \times t_c} \right]$$

Όπου:

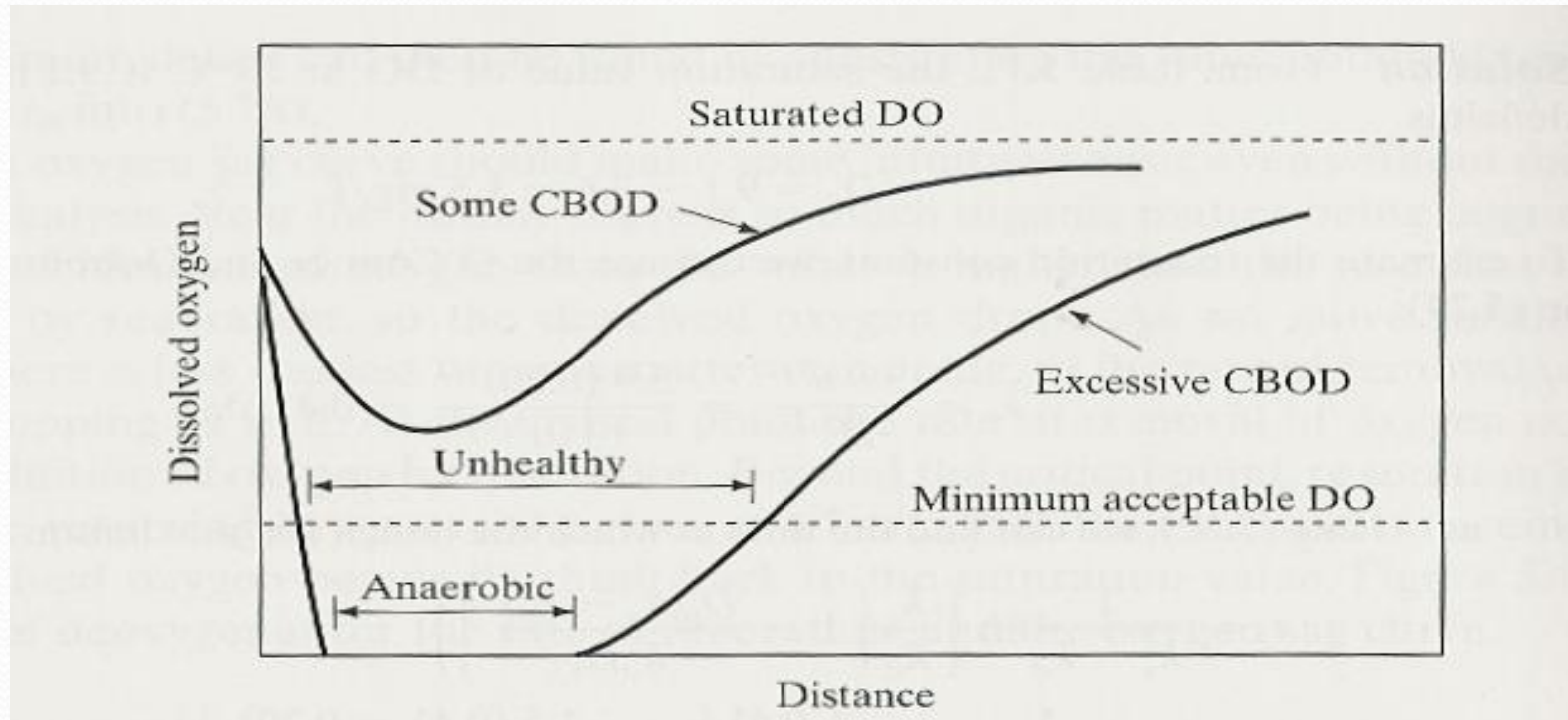
$DO_{\min}$ = η συγκέντρωση του DO στο κρίσιμο σημείο

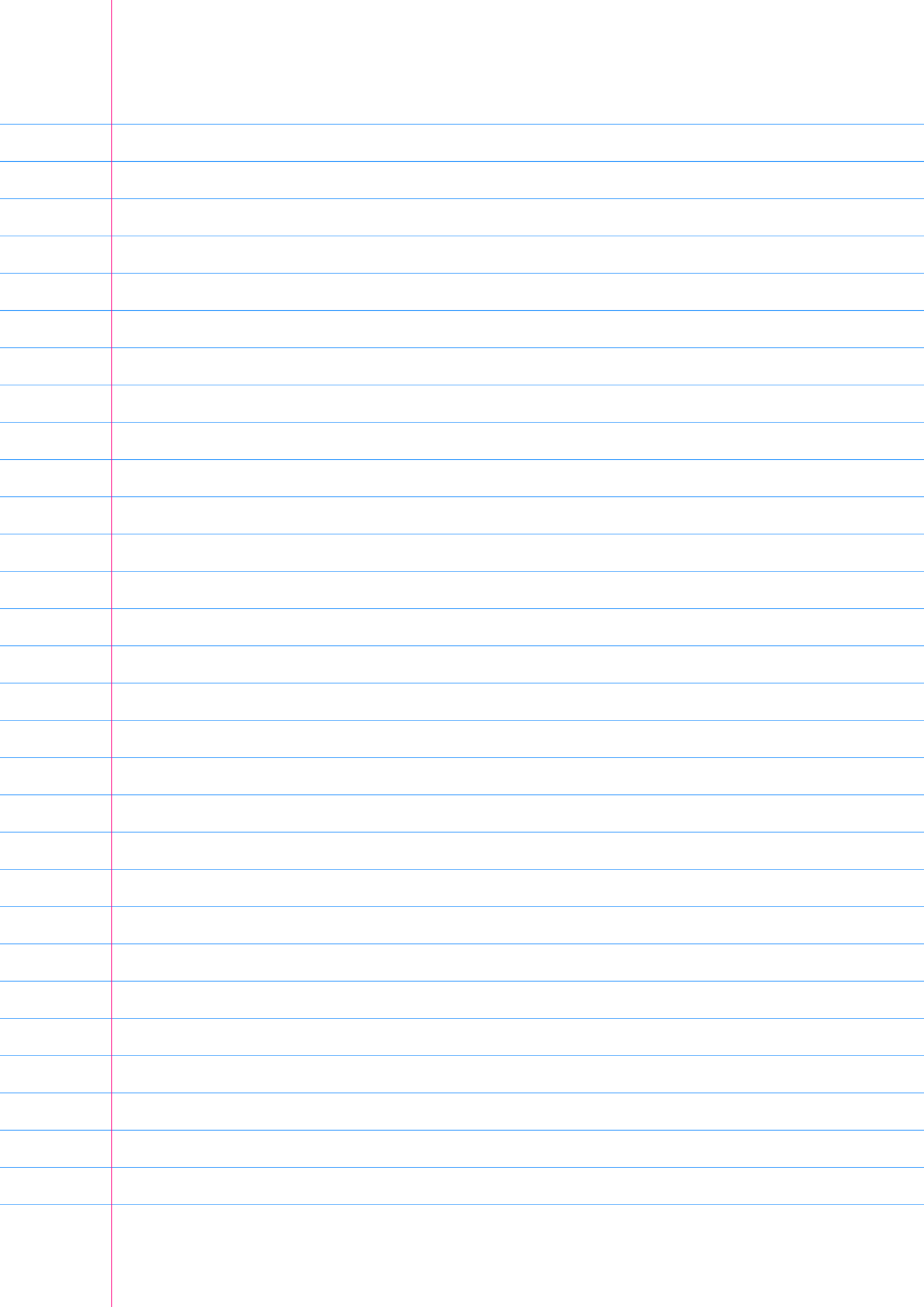
2. Μια πόλη 200.000 ανθρώπων απορρίπτει λύματα παροχής $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ με συγκέντρωση BOD ίση με $28,0 \text{ mg/L}$ και DO $1,8 \text{ mg/L}$ σε ένα ποτάμι με παροχή $7.1 \text{ m}^3/\text{s}$ και ταχύτητα ροής $0,37 \text{ m/s}$. Ακριβώς πριν το σημείο απόρριψης, ο ποταμός έχει BOD ίσο με $3,6 \text{ mg/L}$ και DO ίσο με $7,6 \text{ mg/L}$. Η τιμή κορεσμού του DO είναι $8,5 \text{ mg/L}$. Ο συντελεστής αποξυγόνωσης k_d είναι $0,61/\text{ημέρα}$ και ο συντελεστής φυσικού επαναερισμού k_r είναι $0,76/\text{ημέρα}$. Υποθέστε πλήρη και στιγμιαία ανάμιξη των λυμάτων με τα νερά του ποταμού.

(α) Βρείτε το αρχικό έλλειμμα οξυγόνου και την ολική τιμή BOD ακριβώς κατάντη του σημείου απόρριψης, (β) Βρείτε το χρόνο και την απόσταση μέχρι επίτευξης ελάχιστου DO. (γ) Βρείτε το

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Phelps

Επίδραση αρχικού BOD στη μεταβολή DO





Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Philips

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την καμπύλη DO

➤ Θερμοκρασία

Αύξηση θ $\Rightarrow$ Αύξηση μικροβιακής δραστηριότητας $\Rightarrow$ Αύξηση ταχύτητας αποξυγόνωσης

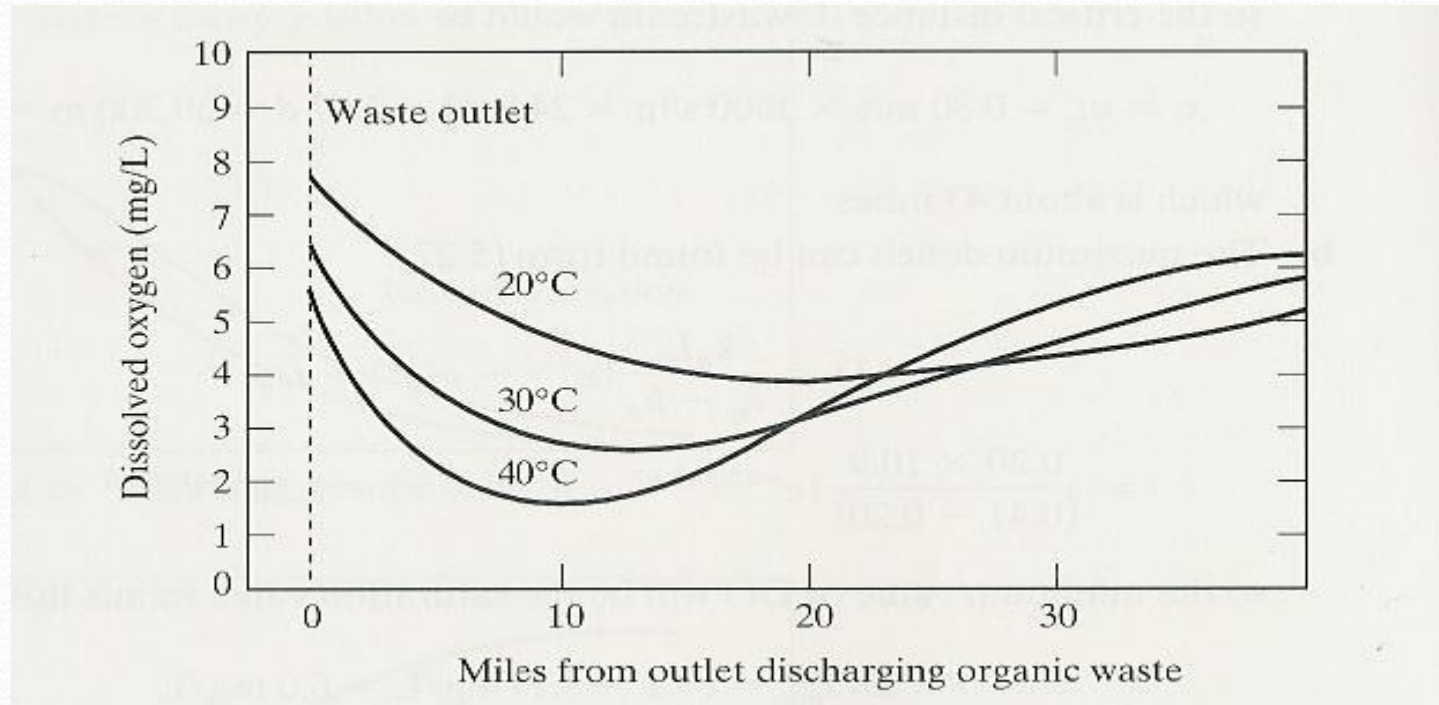
Αύξηση θ $\Rightarrow$ Μείωση $DO_{\text{κορεσμού}}$ $\Rightarrow$ Μείωση ταχύτητας επαναερισμού

Άρα κρίσιμο σημείο πιο κοντά και DO_{min} χαμηλότερη

Διάθεση Αυμάτων σε Ποτάμι - Εξίσωση Streeter-Phelps

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την καμπύλη DO

➤ Θερμοκρασία



* Διαφοροποίηση καλοκαιριού - χειμώνα

**Κατασκευή ατμοηλεκτρικού σταθμού κοντά σε ποτάμι

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Philips

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την καμπύλη DO

➤ Ωρα ημέρας

Ημέρα => Αύξηση DO λόγω φωτοσύνθεσης

Νύχτα => Μείωση DO λόγω αναπνοής

Σε περιπτώσεις υπερανάπτυξης αλγών => πολύ χαμηλή $DO_{\min}$ κατά τη διάρκεια της νύχτας

Νομοθετικό Πλαίσιο

- Οδηγία 76/464/ΕΟΚ => ποιότητα επιφανειακών υδάτων
- Οδηγία 80/68/ΕΟΚ => ποιότητα υπόγειων υδάτων
- Οδηγία 98/83/ΕΚ => ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης
- Οδηγία 2000/60/ΕΚ => Θέσπιση Πλαισίου Κοινοτικής Δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων
- Οδηγία 2008/105/ΕΕ => όρια επιφανειακών υδάτων (Environmental Quality Standards, EQS / ουσίες προτεραιότητας)

Νομοθετικό Πλαίσιο

Οδηγία 76/464/ΕΟΚ

- Χαρακτηρίζει κάποιες ουσίες ως τοξικές στο περιβάλλον (Κατάλογος Ι, Κατάλογος ΙΙ)
- Θεσπίζει όρια εκπομπής για τις βιομηχανίες
- Ορίζει ποιοτικούς στόχους ανά κατηγορία αποδέκτη

Νομοθετικό Πλαίσιο

Κατάλογος Ι της Οδηγίας 76/464/ΕΟΚ

Ουσία	Επιφανειακά Ύδατα (μg/l)	Ύδατα Εκβολών (μg/l)	Θαλάσσια Ύδατα (μg/l)
Κάδμιο	5	5	2,5
Υδράργυρος	1	0,5	0,3
Εξαχλωροκυκλοεξάνιο	0,1	0,02	0,02
Τετραχλωράνθρακας	12	12	12
DDT	25	25	25
Πενταχλωροφαινόλη	2	2	2
Αλδρίνη	0,01	0,01	0,005
Χλωροφόρμιο	12	12	12
Τριχλωροβενζόλιο	10	10	10

Νομοθετικό Πλαίσιο

Οδηγία 2008/105/ΕΚ

Ουσία	Εσωτερικά	Λοιπά	Εσωτερικά	Λοιπά
	Επιφ. Ύδατα	Επιφ. Ύδατα	Επιφ. Ύδατα	Επιφ. Ύδατα
	Ετήσια Μέση Συγκέντρωση		Μέγιστη Ετήσια Συγκέντρωση	
	(μg/l)	(μg/l)	(μg/l)	(μg/l)
1. Alachlor	0.3	0.3	0.7	0.7
2. Ανθρακένιο	0.1	0.1	0.4	0.4
3. Ατραζίνη	0.6	0.6	2	2
.....				
.....				
.....				
33. Τριφθοραλίνη	0.03	0.03	Δεν εφαρμόζεται	

Νομοθετικό Πλαίσιο

Οδηγία 98/83/ΕΕ - Νερό ανθρώπινης κατανάλωσης

- Νερό που προορίζεται για πόση, μαγείρεμα (δίκτυο διανομής, βυτίο, φιάλη)
- Νερό που χρησιμοποιείται σε επιχειρήσεις παρασκευής τροφίμων για παρασκευή, συντήρηση, επεξεργασία ή εμπορία προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση
- Ορίζονται τιμές σε μια σειρά ουσιών
- Θεσπίζονται προγράμματα ελέγχου για το νερό
- Καθορίζονται οι χρησιμοποιούμενες αναλυτικές μέθοδοι

Νομοθετικό Πλαίσιο

Οδηγία 98/83/ΕΕ

Μικροβιολογικές παράμετροι

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή (αριθμός/100 ml)
<i>Escherichia coli</i> (E. coli)	0
Εντερόκοκκοι	0

Για το νερό που πωλείται σε φιάλες ή δοχεία, ισχύουν τα ακόλουθα:

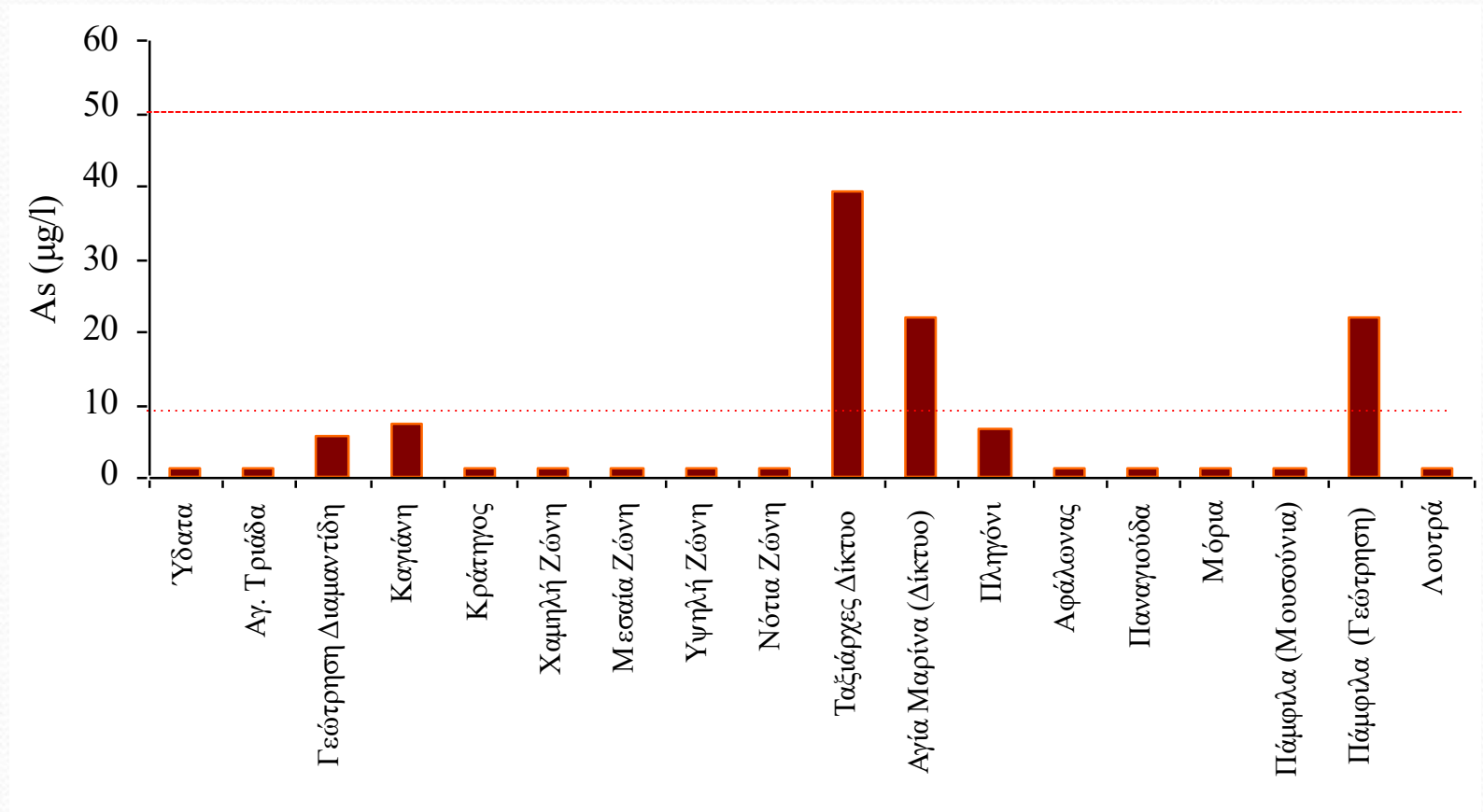
Παράμετρος	Παραμετρική τιμή
<i>Escherichia coli</i> (E. coli)	0/250 ml
Εντερόκοκκοι	0/250 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0/250 ml
Αριθμός αποικιών σε 22 °C	100/ml
Αριθμός αποικιών 37 °C	20/ml

Οδηγία 98/83/ΕΕ

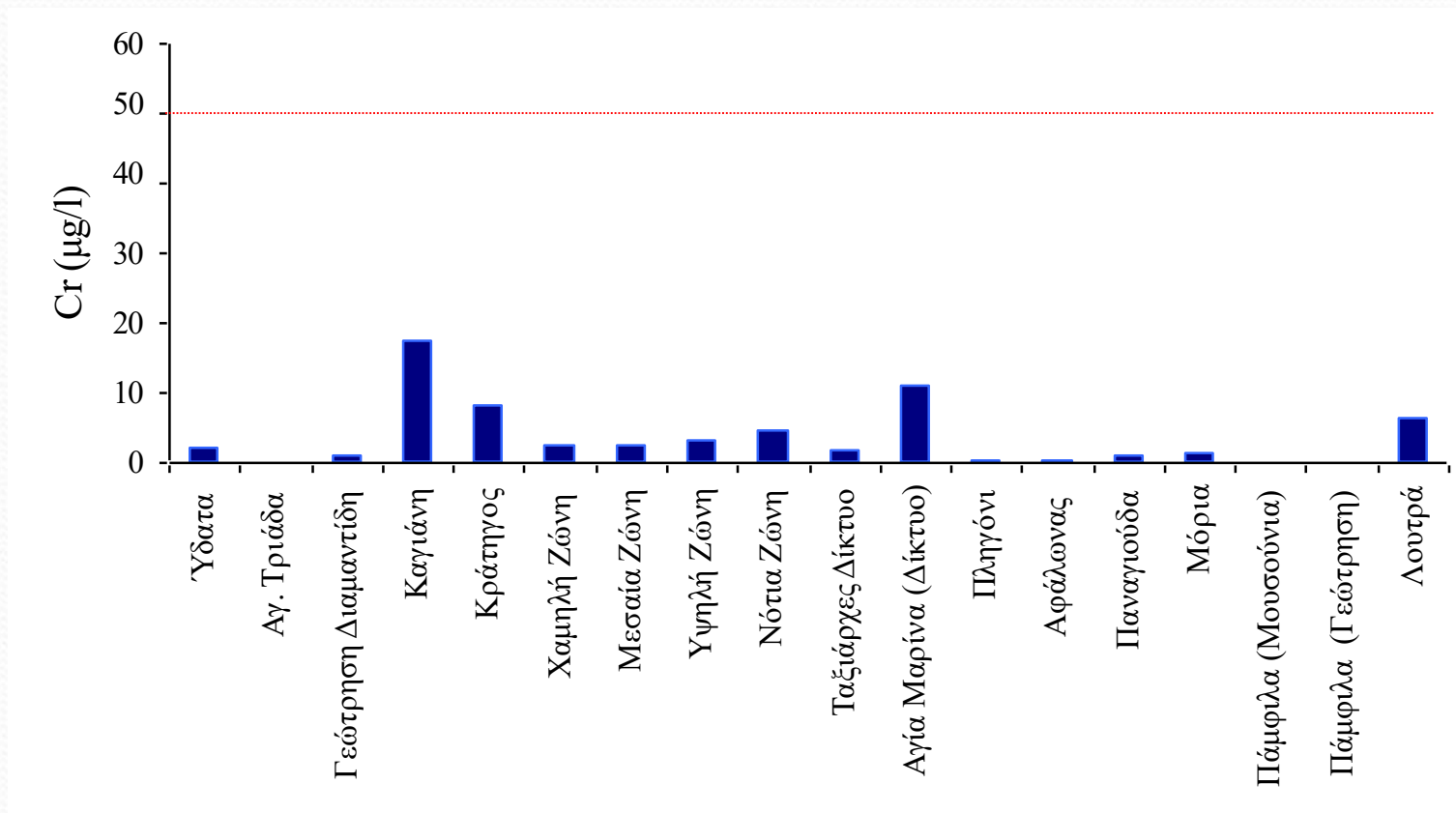
Χημικές παράμετροι

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα	Σημειώσεις
Ασβηστιμίδιο	0,10	μg/l	Σημείωση 1
Αντιμόνιο	5,0	μg/l	
Αρσενικό	10	μg/l	
Βενζόλιο	1,0	μg/l	
Βενζο-α-πυρένιο	0,010	μg/l	
Βόριο	1,0	mg/l	
Βρωμικά άλατα	10	μg/l	Σημείωση 2
Κάδμιο	5,0	μg/l	
Χρόμιο	50	μg/l	Σημείωση 3
Χαλκός	2,0	mg/l	Σημείωση 3
Κεσνισόχα άλατα	50	μg/l	
1,2-διχλωροαιθάνιο	3,0	μg/l	
Επιχλωροφαινόλη	0,10	μg/l	Σημείωση 1
Φθορισόχα άλατα	1,5	mg/l	
Μάλυβδος	10	μg/l	Σημειώσεις 3 και 4
Υδράργυρος	1,0	μg/l	
Νικέλιο	20	μg/l	Σημείωση 3
Νιτροά άλατα	50	mg/l	Σημείωση 5
Νιτρώδη άλατα	0,50	mg/l	Σημείωση 5
Παρασιτοκτόνα	0,10	μg/l	Σημειώσεις 6 και 7
Σύνολο παρασιτοκτόνων	0,50	μg/l	Σημειώσεις 6 και 8
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	0,10	μg/l	Άθροισμα συγκεντρώσεων συγκεκριμένων ενώσεων-σημείωση 9
Σελήνιο	10	μg/l	
Τετραχλωροαιθάνιο και Τριχλωροαιθάνιο	10	μg/l	Άθροισμα συγκεντρώσεων συγκεκριμένων παρθεμένων

Προσδιορισμός As σε πόσιμα νερά Μυτιλήνης



Προσδιορισμός Cr σε πόσιμα νερά Μυτιλήνης



Προσδιορισμός Pb σε πόσιμα νερά Μυτιλήνης

